

ISSN 2079-6161



ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ  
И ЭКОЛОГИЯ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

2

2016



# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

2

2016

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ

*Қазақстан Республикасының  
энергетика Министрлігі*

*Министерство энергетики  
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық  
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

**№ 2**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2016

*ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР* А.Т. Мендигарин

*РЕДКОЛЛЕГИЯ* П.Ж. Кожаметов (*зам. главного редактора*)  
Н.И. Ивкина (*зам. главного редактора*)  
О.С. Галаева (*ответственный секретарь*)

Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан)  
А.Х. Ахмеджанов (Алматы, Казахстан)  
А.М. Бажиева (Алматы, Казахстан)  
М.Ж. Бурлибаев (Алматы, Казахстан)  
А.А. Волчек (Брест, Беларусь)  
А.В. Галаева (Алматы, Казахстан)  
В.Ю. Георгиевский (Санкт-Петербург, Россия)  
С.А. Долгих (Алматы, Казахстан)  
Ж.Д. Достай (Алматы, Казахстан)  
А.Р. Медеу (Алматы, Казахстан)  
С.К. Монахов (Астрахань, Россия)  
Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан)  
Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан)  
К. Опп (Марбург, ФРГ)  
В.Г. Сальников (Алматы, Казахстан)  
С.Г. Сафаров (Баку, Азербайджан)  
А.В. Чередниченко (Алматы, Казахстан)

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

**№ 2 (81)**

©

Журнал издается с 1995 года.  
Регистрационное свидетельство  
№ 1538 от 14 марта 1995 г.

---

*Адрес редакции:* 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 405  
*Телефон:* (7272) 55-84-06  
*E-mail:* [caspian\\_almaty@mail.ru](mailto:caspian_almaty@mail.ru)  
<http://www.kazhydromet.kz>

---

Подписано в печать

Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Отпечатано в типографии  
ТОО «Карагандинское учебно-производственное предприятие»  
ОО «Казахское общество слепых»  
г. Караганда, ул. Методическая, 19

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>П.Ж. Кожаметов, Э.П. Кожаметова</b> Экстремальные метеорологические явления в Казахстане в условиях глобального потепления климата .....	7
<b>А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов</b> Расчет интенсивности рассеянного излучения на основе численной модели его переноса в атмосфере для оптического диапазона спектра	20
<b>С.С. Байшоланов, Е.Н. Муканов, Е.Н. Чернов, А.Р. Жакиева</b> Агроклиматические особенности вегетационного периода в Акмолинской области .....	27
<b>С. Кязимова</b> Воздействие современных климатических изменений на водные ресурсы Азербайджана .....	37
<b>Е.Н. Вилесов</b> Изменение размеров горного оледенения Казахстана за вторую половину 20 – начало 21 в. ....	43
<b>Ж.Д. Достай, М.Х. Сарсенбаев, А.Ж. Достаев</b> Формирование химического состава атмосферных осадков на северном склоне Иле Алатау .....	66
<b>Е.М. Жұмабаев</b> Елек өзені алабының көктемгі су тасу кезеңінің сипаттамалары ..	72
<b>Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова</b> Особенности селевых процессов 23 июля 2015 г. в бассейне р. Каргалинка .....	79
<b>М.М. Молдахметов, Л.К. Махмудова, Г.М. Камбарбеков</b> Торғай және Ырғыз өзендері ағындысының кеңістіктік-уақыттық таралу заңдылығының ерекшеліктері .....	86
<b>М.Г. Алмамедли</b> Морфометрический анализ склонов бассейна р. Лянкяранчай (Азербайджан) .....	95
<b>В.Н. Минеев, Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова</b> Некоторые инженерные уроки селя 2015 г. на р. Каргалинка .....	102
<b>Б.Э. Бекмухамедов, Л.А. Балакай, И.В. Каипов</b> Мониторинг нефтяных загрязнений на акватории Каспийского моря методами дистанционного зондирования .....	114

<b>С.Н. Досбергенов</b>	
Содержание элементов питания на рекультивированных участках территории амбаров месторождения Караарна .....	125
<b>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Н.А. Турсынбаев</b>	
Формирование и функционирование экосистемы р. Талас при ее комплексном обустройстве .....	134
<b>О.А. Шарипова, А.В. Шарипова</b>	
Зависимость накопления микроэлементов в донных отложениях оз. Балхаш от содержания органического вещества в них .....	152
<b>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К. Жанымхан</b>	
Особенности формирования гидрогеохимического режима р. Каратал	160
<b>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, П.Е. Есенгельдиева, С.З. Жигитова</b>	
Прикладная модель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в гидроагроландшафтных системах .....	170
<b>Ж.Т. Мукаев, Ж.О. Озгелдинова</b>	
Экологические факторы устойчивости ландшафтов бассейна озера Алаколь к рекреационным нагрузкам .....	185
<b>ХРОНИКА</b>	
В.И. Ли (к 70-летию со дня рождения) .....	192

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>P.Z. Kozhakhmetov, L.P. Kozhakhmetova</b> Extreme meteorological phenomena in the Kazakhstan in conditions of global climate warming . . . . .	7
<b>A.Kh. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov</b> Calculation of the intensity of scattered radiation based on of numerical models of its transfer into the atmosphere for the optical specter range	20
<b>S.S. Baisholanov, Y.N. Mukanov, D.A. Chernov, A.R. Zhakieva</b> Agroclimatic features of the vegetation period in Akmolinsk region . . .	27
<b>Kyazimova Sevinj</b> Impact of modern climate change on water resources of Azerbaijan . . .	37
<b>E.N. Vilesov</b> Resizing mountain glaciers of Kazakhstan during the second half of 20 – beginning of 21 century. . . . .	43
<b>Zh.D. Dostay, M.H. Sarsenbayev, A.Zh. Dosayeva</b> Formation of the chemical composition of the atmospheric precipitation on the northern slopes of the Ile Alatau. . . . .	66
<b>Y.M. Zhumabayev</b> Characteristics of spring flood for rivers of Yelek basin. . . . .	72
<b>B.S Stepanov, R.K. Yafyazova</b> Debris-flow processes features in the Kargalinka River basin 23 July 2015	79
<b>M.M. Moldakhmetov, L.K. Makhmudova, G.M. Kambarbekov</b> Features of the space-time distribution of Turgai and Irgiz rivers' runoff . .	86
<b>M.G. Almammadli</b> Morphometric analysis of slopes in the Lankaranchay River basin. . . .	95
<b>V.N. Mineev, B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova</b> Some lessons of engineering of 2015 debris flow on the Kargalinka River . . . . .	102
<b>B.E. Bektukhamedov, L.A. Balakay, I.V. Kaipov</b> Remote sensing monitoring of oil spills on the water surface of the Caspian Sea. . . . .	114
<b>S.N. Dosbergenov</b> The content of nutrition elements on the recultivation area of the Karaarna oil deposits territory . . . . .	125

<b>ZH.S Mustafayev, A.T. Kozykeeva, N.A. Tursynbaev</b>	
Formation and functioning of the Talas River ecosystem with its complex arrangement .....	134
<b>O.A. Sharipova, A.V. Sharipova</b>	
Ecological study of change in limnic ecosystems of the Amudarya River lower reaches. ....	152
<b>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykeeva, K. Zhaniymhan</b>	
Features of Karatal River hydrochemical regime formation .....	160
<b>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykeeva, P.E. Esengeldieva, S.ZH. Zhigitova</b>	
Applied model of crop productivity formation in hydroagrilandscape systems .....	170
<b>Zh.T. Mukaev, Zh.O. Ovgeldinova</b>	
Ecological factors of landscapes sustainability in Alakol Lake's basin to recreational load .....	185
<b>CHRONICLE</b>	
<b>V.I. Lee</b> (to 70-anniversary) .....	192

УДК 551. 583 (574)

Канд. техн. наук П.Ж. Кожухметов<sup>1</sup>  
Канд. геогр. наук Э.П. Кожухметова<sup>2</sup>**ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В  
КАЗАХСТАНЕ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ  
КЛИМАТА**

**Ключевые слова:** сильный, дождь, снег, ветер, туман, метель, град, пыльная буря, засуха, число случаев, частота, интенсивность

*Показано, что в условиях глобального потепления климата существенно изменились частота и интенсивность экстремальных метеорологических явлений (ЭМЯ) в Казахстане. Выявлено, что за период 2003...2015 гг. по сравнению с периодом 1990...2002 гг. среднее годовое число случаев с сильным дождем возросло почти в 2,5 раза, с сильным снегом также возросло в 2,7 раза. Числа случаев с сильным ветром и градом также увеличились, но немного – на 20 и 30 % соответственно. Напротив, в последние годы резко уменьшились следующие ЭМЯ: сильная метель (в 1,8 раза), сильный туман (в 2,7 раза) и сильная пыльная буря (в 3,4 раза). Наибольшая повторяемость ЭМЯ приходится на Алматинскую область. Сильная засуха наиболее часто отмечается в Западно-Казахстанской области. Указывается, что эти изменения необходимо учесть в различных климатозависимых секторах экономики (сельское хозяйство, ЖКХ, строительство, транспорт, здравоохранение и т.д.).*

Изменение климата стало мировой угрозой, затрагивающей каждого жителя планеты. Все государства уже испытывают на себе последствия климатических изменений, которые проявляются в значительных изменениях температуры воздуха за последние годы. Хотя остается немало не до конца исследованных «белых пятен», но факт потепления климата не подлежит сомнению, и многие из наблюдаемых с 1950-х годов изменений не имели прецедентов на протяжении от десятков до тысяч лет. Произошло потепление атмосферы и океана, сократились запасы снега и льда, поднялся уровень океана, возросла концентрация парниковых газов [5, 10].

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

<sup>2</sup> Институт географии, г. Алматы, Казахстан



Повышение приземной температуры отмечается почти во всем мире. В этом отличие современного потепления климата от теплых периодов в прошлом. Например, в период средневекового максимума (с 950 до 1250 г.) на протяжении многих десятилетий в некоторых регионах было так же тепло, как в конце 20-го века, но эти региональные потепления не были настолько согласованными, как при потеплении с конца 20-го века (высокая степень достоверности) [5].

По прогнозам специалистов изменение климата приведёт к увеличению количества и интенсивности опасных и экстремальных гидрометеорологических явлений, обуславливающих чрезвычайные ситуации и стихийные бедствия [10]. Стихийные бедствия, вызванные метеорологическими явлениями, встречаются в любых уголках мира [5]. Зачастую они наносят значительный ущерб, вызывая жертвы и разрушения. Удары стихии серьезно сказываются на устойчивом развитии стран.

Интенсивное потепление последних десятилетий в умеренных и высоких широтах привело к таким положительным последствиям, как сокращение отопительного сезона и увеличение продолжительности вегетационного периода. Вместе с тем в условиях потепления отмечается увеличение количества экстремально жарких дней, дней с интенсивными осадками и с сильными ветрами при уменьшении экстремально холодных дней. Именно климатические экстремумы создают предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций.

Казахстан в значительной степени подвержен стихийным бедствиям, связанным с климатическими и погодными условиями, поскольку, республика занимает огромную территорию с различными климатическими зонами – от очень жарких и сухих пустынных зон на юге до очень холодных зимой степных и лесных зон на севере республики. Восточные и юго-восточные территории Казахстана гористы и здесь имеют место практически все виды стихийных бедствий, такие как землетрясения, оползни, селевые потоки, лавины, наводнения, ураганные ветры, град, ливневые осадки, заморозки и засухи [2, 9]. Кроме того, существуют еще несколько других связанных с погодными условиями явлений, которые каждый год приводят к жертвам среди населения и наносят экономический ущерб: периоды аномально высоких и аномально низких температур воздуха, неблагоприятные условия дорожного движения, гололед на дорогах, загрязненность воздуха, распространение насекомых-вредителей и болезней и т.д.

В Казахстане экстремальные метеорологические явления наблюдаются постоянно [2, 4, 6], но особое внимание им начинают уделять только тогда, когда они могут перерасти в природные угрозы, представляющие опасность для людей, жилья, объектов инфраструктуры, сельского и лесного хозяйства или иных объектов экономической деятельности. Если угроза реализовалась и привела к уничтожению имущества и гибели людей, это означает, что угроза превратилась в стихийное бедствие.

В перспективе, в условиях ожидаемого дальнейшего потепления регионального климата, возможно увеличение повторяемости и интенсивности атмосферной и почвенной засухи, губительно действующих на урожайность зерновых культур [9].

Высокие температуры воздуха повышают риск получения теплового удара, ожога, утоплений. В первую очередь, могут пострадать дети, пожилые люди, а также представители социально незащищенных слоев населения, не имеющих возможности смягчить воздействие высоких температур (купить кондиционеры, употреблять достаточное количество питьевой воды, своевременно получить квалифицированную медицинскую помощь, выехать из города и т.д.).

Сильные снегопады и метели, сопровождаемые штормовыми и даже ураганскими ветрами, сильные продолжительные морозы, гололедно-изморозевые явления, поздние весенние заморозки – это те экстремальные метеорологические явления, которые характерны для территории Казахстана в холодный период [2]. В теплый период отмечаются сильные ливни, сопровождаемые грозами, градом и шквалистым усилением ветра. В летний период также отмечаются случаи чрезвычайной пожарной опасности. Кроме того, в Казахстане характерны сильные засухи, приводящие к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Аномально низкие температуры воздуха представляют существенную угрозу для нормальной жизнедеятельности населения и приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций, связанных с авариями на теплоэнергетических системах инженерных сетей.

Аномально высокие температуры воздуха во всех регионах Казахстана приводят к росту числа госпитализаций с сердечнососудистыми заболеваниями, а также смертных и несчастных случаев, к росту числа дорожно-транспортных происшествий.

В табл. 1 приведены десять аномально теплых лет для Казахстана с соответствующими аномалиями. Как видно из данных табл. 1, за период

1936...2015 гг. из десяти самых теплых лет девять приходятся на последние 20 лет. Абсолютный максимум температуры наблюдался в 2013 году, когда аномалия составила 1,94 °С, тем самым превысив рекорд 1983 года с аномалией 1,86 °С, который три десятилетия оставался самым теплым годом на территории Казахстана за всю историю инструментальных наблюдений. 2015 год оказался также одним из самых жарких, заняв третье место в ранге.

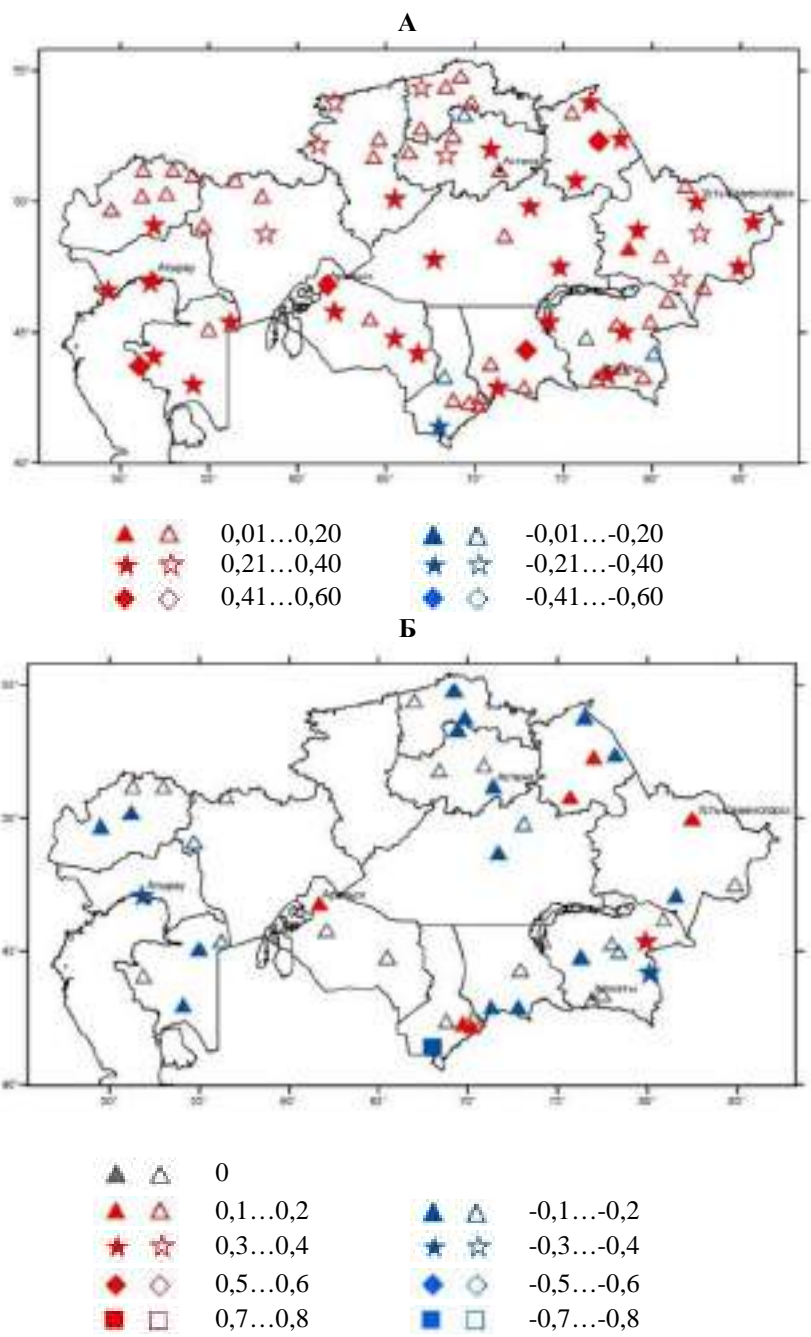
Таблица 1

Десять самых теплых лет и соответствующие аномалии среднегодовой температуры воздуха, осредненные по территории Казахстана [2, 3]

Год	Аномалия, °С **	Ранг *
<b>2013</b>	<b>1,94</b>	<b>1</b>
1983	1,86	2
<b>2015</b>	<b>1,66</b>	<b>3</b>
2002	1,61	4
2004	1,55	5
2007	1,47	6
1995	1,43	7
2008	1,31	8
1997	1,27	9
2005	1,19	10

*Примечание:* \* – период для расчета рангов 1936...2015 гг. \*\* – аномалии рассчитаны относительно периода 1961...1990 гг.

Изменение климата проявляется также в изменении повторяемости и интенсивности экстремальных погодных и климатических условий. Ниже приведена информация о некоторых индексах экстремальности, в характере которых произошли изменения на территории Казахстана [4]. По данным большинства метеостанций Казахстана прослеживается тенденция увеличения значений годовых максимумов температуры приземного воздуха (максимум из суточных максимумов за весь календарный год, рис. 1А). Максимумы температуры повышаются на 0,01...0,40 °С каждые 10 лет, местами увеличение составляет до 0,60 °С/10 лет. Однако статистически значимые тенденции характерны, в основном, для территории Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Кызылординской областей. Одновременно происходит увеличение значений годовых минимумов температуры воздуха (минимум из суточных минимумов), причем часто более значительными темпами, чем годовых максимумов. Это в свою очередь приводит к значимой тенденции уменьшения годовой амплитуды температуры воздуха – на 0,1...0,2 °С/10 лет, что свидетельствует об уменьшении континентальности климата Казахстана (рис. 1Б).



*Рис. 1. Пространственное распределение коэффициента линейного тренда суточных максимальных значений температуры воздуха и годовой амплитуды температурой воздуха ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) за период 1941...2012 гг. Обозначения градаций затухеваны в случаях статистической значимости тренда [9].*

На территории западных и южных областей Казахстана наблюдается статистически значимая тенденция увеличения количества суток с температурой воздуха выше 35 °С – от 1 до 5 суток каждые 10 лет.

В табл. 2 приведена повторяемость сильных и средних засух, приносящих значительный урон сельскому хозяйству Казахстана [6]. В основных зерносеющих областях Казахстана сильные засухи, приводящие к снижению средней областной урожайности зерновых культур на 50 % и более, имеют большую повторяемость в Западно-Казахстанской, Актюбинской, Карагандинской и Костанайской областях. В первых трех областях сильная засуха вероятно 1 раз в 4...6 лет, а в Костанайской области – 1 раз в 8 лет.

Таблица 2

Повторяемость засух в период 1966...2010 гг. (%)

Область	Повторяемость засух, %		Засуха вероятна 1 раз в ... лет	
	все категории	сильная	все категории	сильная
Западно-Казахстанская	38	24	3	4
Актюбинская	31	20	3	5
Карагандинская	36	16	3	6
Павлодарская	40	9	3	11
Костанайская	27	13	4	8
Акмолинская	33	4	3	23
Восточно-Казахстанская	27	7	4	15
Северо-Казахстанская	22	2	5	45

Следует отметить, что РГП «Казгидромет» в течение продолжительного времени ежегодно выпускает сведения о стихийных гидрометеорологических явлениях (СГЯ), наблюдавшихся на территории Казахстана [2]. Для каждого явления определен критерий по его интенсивности и продолжительности. В табл. 3 показан перечень стихийных (экстремальных) метеорологических явлений и их критерии.

Сбор, обработка и анализ данных из [2] по экстремальным метеорологическим явлениям, приведенным в табл. 3 за период 1990...2015 гг. показали следующие результаты:

За рассматриваемый период (26 лет) в Казахстане всего было отмечено 3840 случаев с ЭМЯ, т.е. в среднем 148 случаев в год. Максимальное число случаев с ЭМЯ (268) было отмечено в 1999 г., с большой повторяемостью сильных осадков, сильных метелей со штормовым ветром и выпадением града (рис. 2). Минимальное число случаев (72) с ЭМЯ отмечалось в 1995 г.

В целом, (рис. 2) видно, что наблюдается тенденция увеличения общего числа случаев с ЭМЯ.

Таблица 3

Экстремальные метеорологические явления и их характеристики [2]

Явление
<b><u>Сильный дождь</u></b> (мокрый снег, дождь со снегом) с количеством осадков $\geq 30$ мм за 12 ч и менее в селевых и лавиноопасных районах; дождь и дождь со снегом с количеством осадков $\geq 50$ мм за 12 ч и менее на остальной территории
<b><u>Сильный снег</u></b> (снегопад) с количеством выпавших осадков $\geq 20$ мм за 12 ч и менее
<b><u>Сильная метель</u></b> (низовая, общая) продолжительностью 12 ч и более при скорости ветра $\geq 15$ м/с
<b><u>Сильный ветер</u></b> (в том числе шквалы и смерчи) при максимальной скорости ветра 30 м/с и более
<b><u>Град</u></b> с диаметром градин $\geq 20$ мм или интенсивный град меньшего размера, причинивший значительный ущерб
<b><u>Сильная пыльная (песчаная) буря</u></b> продолжительностью 12 ч и более при средней скорости ветра $\geq 15$ м/с
<b><u>Сильный туман</u></b> при видимости 100 м и менее в течение 6 ч и более
<b><u>Сильный гололед</u></b> с диаметром $\geq 20$ мм
<b><u>Снежное отложение</u></b> с диаметром $\geq 35$ мм

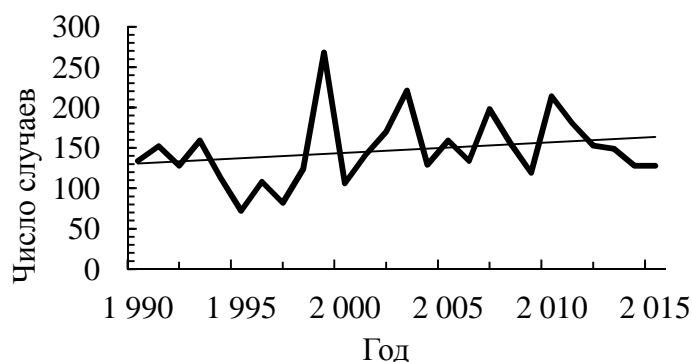


Рис. 2. Динамика общего количества суток с ЭМЯ в Казахстане.

В Казахстане наиболее часто повторяются следующие ЭМЯ: сильный ветер, сильный дождь, сильная метель, сильный снег и сильный туман (рис. 3) Суммарная повторяемость этих явлений составляет 94,3 %.

Разделив рассматриваемый период на 2 части (по 13 лет) были получены интересные результаты (табл. 4). Так, за период 2003...2015 гг. по сравнению с периодом 1990...2002 гг. среднее годовое число случаев с сильным дождем (49,3) возросло почти в 2,5 раза, с сильным снегом (24,9) также возросло в 2,7 раза. Числа случаев с сильным ветром и градом также увеличились, но немного – на 20

и 30 % соответственно. Напротив, в последние годы уменьшились следующие ЭМЯ: сильная метель (в 1,8 раза), сильный туман (в 2,7 раза) и сильная пыльная буря (в 3,4 раза).

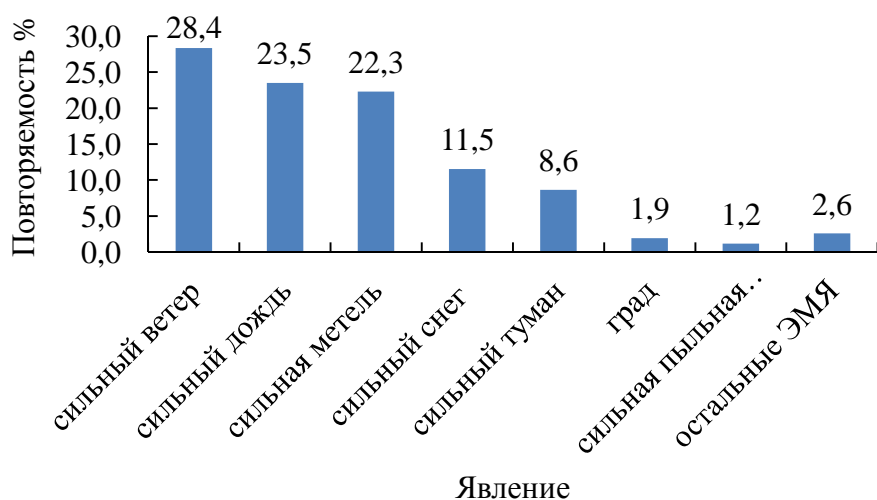


Рис. 3. Средняя доля ЭМЯ в Казахстане за период 1990...2015 гг.

Таблица 4  
Среднее годовое число случаев с ЭМЯ в Казахстане за различные периоды

ЭМЯ	Число случаев с ЭМЯ за период	
	1990...2002 гг.	2003...2015 гг.
Сильный дождь	20,1	49,3
Сильный ветер	38	45,8
Сильный снег	9,1	24,9
Сильная метель	42,4	23,5
Град	2,5	3,2
Сильный туман	18,6	6,8
Сильная пыльная буря	2,7	0,8

Рассматривая наиболее часто повторяющиеся в Казахстане ЭМЯ (сильные дождь, ветер, снег и метель) можно отметить, что Алматинская область характеризуется наибольшей повторяемостью ЭМЯ в республике. За исключением сильной метели почти каждый второй случай с сильным дождем, сильным снегом и сильным ветром в Казахстане приходится на эту область. Причем, в этой области в период 2003...2015 гг., по сравнению с предыдущим периодом (1990...2002 гг.), среднее годовое число случаев с сильным дождем увеличилось в 3,9 раза, с сильным снегом – в 3,3 раза, с сильным ветром – в 1,6 раза.

По повторяемости сильных осадков выделяется также Южно-Казахстанская область. Каждый седьмой случай с сильным дождем и каждый

четвертый случай с сильным снегом в республике приходится на эту область. По сравнению с предыдущим периодом (1990...2002) в период 2002...2015 гг. число случаев с сильными дождями и сильным снегом, также как в Алматинской области, увеличилось на 1,7 и 2,7 раза соответственно.

К наиболее часто повторяющимся в Восточно-Казахстанской области ЭМЯ относятся такие явления, как сильные осадки (дождь, снег), сильный ветер и сильная метель. В этой области в последние годы повторяемость сильных осадков увеличивается, однако повторяемости сильных метелей и сильного ветра – уменьшаются.

В Жамбылской области отмечается увеличение числа случаев с сильными осадками и сильным ветром в 1,3 и 1,5 раза соответственно.

Результаты анализа показали, что в южных и юго-восточных регионах, где имеются высокогорные территории четко прослеживается увеличение числа случаев с сильными дождями и сильным снегом (сеногопадом). Кроме того, в Жамбылской и Алматинской областях участились случаи со штормовыми ветрами.

Второй очаг по частоте ЭМЯ можно наблюдать в северной и центральной части Казахстана. Так, более половины случаев сильных метелей приходится на Акмолинскую, Северо-Казахстанскую, Костанайскую и Карагандинскую области. Кроме того, в Акмолинской, Северо-Казахстанской и Костанайской областях участились случаи с сильным ветром и сильными осадками.

В Актюбинской области к наиболее частым ЭМЯ относятся сильные метели.

К наиболее благоприятным регионам в отношении проявления ЭМЯ относятся: Западно-Казахстанская, Атырауская, Мангистауская, Кызылординская и Павлодарская области, хотя в каждой области отмечаются в среднем за год 1...3 случая с ЭМЯ (табл. 5).

Таблица 5

Повторяемость экстремальных метеоявлений по областям Казахстана, %

Область	Экстремальные метеоявления			
	Сильный дождь	Сильный ветер	Сильная метель	Сильный снег
Кызылординская	0,1	1,2	1,5	0,3
Южно-Казахстанская	14,5 ( <b>1,7</b> )	2,7 (0,4)	1,0	28,1 ( <b>2,3</b> )
Жамбылская	6,0 ( <b>1,5</b> )	10,2 ( <b>1,5</b> )	1,3	3,7 ( <b>1,3</b> )
Алматинская	59,2 ( <b>3,9</b> )	43,6 ( <b>1,6</b> )	0,5	43,8 ( <b>3,3</b> )
Восточно-Казахстанская	4,8 ( <b>3,7</b> )	14,5 (0,7)	15,3 (0,8)	11,6 ( <b>7,6</b> )
Карагандинская	1,8	4,4 (0,8)	12,3 (0,4)	1,7



Область	Экстремальные метеоявления			
	Сильный дождь	Сильный ветер	Сильная метель	Сильный снег
Павлодарская	1,8	1,2	4,3 (0,1)	0,9
Акмолинская	2,7 (0,7)	9,7 ( <b>1,6</b> )	19,4 (0,5)	2,6 ( <b>4,0</b> )
Северо-Казахстанская	2,8 ( <b>4,0</b> )	5,0 ( <b>3,4</b> )	6,1 (0,5)	0,0
Костанайская	2,9 ( <b>5,3</b> )	3,6 ( <b>2,7</b> )	18,4 (0,8)	4,3 ( <b>3,5</b> )
Актюбинская	0,8	0,8	14,8 (0,8)	1,7
Атырауская	0,7	0,4	3,1 ( <b>1,3</b> )	0,3
Западно-Казахстанская	1,3	1,2	1,5	1,1
Мангистауская	0,6	1,6	0,3	0,0

*Примечание:* В скобках дана кратность изменения числа случаев с ЭМЯ за 2 периода (2003...2015 гг. относительно 1990...2002 гг.).

Весьма вероятно, что 2016 г. в Казахстане войдет в ряд лет с частыми случаями ЭМЯ. Только в г. Алматы с апреля по июль 2016 г. было 10 случаев с ливневым дождем, сопровождавшимся порывистым ветром, иногда, градом, которые затрудняли движение транспорта и людей, ломали деревья, подтопляли дома. Так, например, вечером 18 июля 2016 года г. Алматы погрузился во мрак летнего шторма – пошел сильный ливень, разразилась гроза, подул шквалистый ветер, местами выпал крупный град. Подобные явления хотя и не редкость в предгорьях Илейского Алатау, но эта стихия была особенной. На фото (рис. 4) видно, что г. Алматы накрыло мощное грозовое облако, своего рода мезоциклон с характерным вращающимся восходящим воздушным потоком. Такие мезоциклоны, хотя по масштабу небольшие (диаметр до 50 км) могут вызвать ливневые осадки с градом и штормовым ветром.



*Рис. 4. Мощное грозовое облако над г. Алматы. 18 июля 2016 г. Фото из [8].*

Следует отметить, что в последние годы это не единичный случай в районе г. Алматы. Так, напомним, что 17 мая 2011 года в результате похожей экстремальной погоды (ливень со штормовым ветром и градом) были повалены и повреждены десятки тысяч деревьев в Мало-Алматинском ущелье.

Резкие изменения погоды обычно бывают связаны с обострением атмосферного фронта за счет столкновения теплых воздушных масс, поступающих с юга и юго-запада и холодных воздушных масс средних широт [1]. Учащение таких синоптических условий в последние годы, указывает на необходимость дополнительных исследований циркуляционных процессов, возникающих над Казахстаном.

В заключение отметим, что участвовавшие в последние годы ЭМЯ в Казахстане стали причиной многих чрезвычайных ситуаций: потеря урожая, увеличение нагрузки на организм человека, возникновение паводков, селей, оползней, лесных пожаров, разрушению строительных объектов, закрытию дорог, наполнению и прорыву моренных озер и т.д. Поэтому, эти изменения необходимо учесть при планировании работ в различных климатозависимых секторах экономики (сельское хозяйство, ЖКХ, строительство, транспорт, здравоохранение и т.д.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В.А., Джорджио В.А., Козик Е.М., Петросянц М.А., Пшеничный А.Я., Романов Н.Н., Чернышева О.Н. Синоптические процессы Средней Азии – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957. – 478 с.
2. Ежегодники по стихийным гидрометеорологическим явлениям, наблюдавшимся на территории Казахстана // Издания с 1990 по 2015 гг. РГП «Казгидромет», г. Алматы.
3. Ежегодный бюллетень изменения и состояния климата Казахстана за 2015 год // Астана: РГП «Казгидромет», 2016. – 50 с. (в печати).
4. Кожахметова Э.П. Влияние глобального потепления климата на повторяемость опасных атмосферных явлений в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 42-49.
5. МГЭИК, 2013 г.: Резюме для политиков. Содержится в публикации Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. [Стокер, Т.Ф., Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С. К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П. М. Мидглей (редакторы)]. Кембридж Университи Пресс,

- Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.
6. Оценочный доклад об изменениях климата на территории Казахстана / под ред. С.А. Долгих. – Астана: РГП «Казгидромет», 2013. – 55 с.
  7. Сводное ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территориях государств-участников СНГ за 2015 год. Ежегодное издание Межгосударственного совета по гидрометеорологии государств-участников СНГ. – М.: Росгидромет, 2016. – 50 с.
  8. Суперячейка накрыла Алматы [Электрон. ресурс]. – 2016. – URL: <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/20057-superyacheyka-nakryla-almata/> (Дата обращения: 20.07.2016)
  9. III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2013. – 274 с.
  10. Управление рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата. Резюме для политиков. Специальный доклад МГЭИК, 2012. – 20 с.

Поступила 1.08.2016

Техн. ғылымд. канд. П.Ж. Қожахметов  
Геогр. ғылымд. канд. Э.П. Қожахметова

### **КЛИМАТТЫҢ ҒАЛАМДЫҚ ЖЫЛЫНУ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЭКСТРЕМАЛДЫҚ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР**

**Түйін сөздер:** қатты, жаңбыр, қар, жел, тұман, бұршақ, шаңды боран, құрғақшылық, жағдай саны

*Мақалада ғаламдық жылыну жағдайында Қазақстандағы экстремальдық метеорологиялық құбылыстардың (ЭМҚ) жиілігі мен қарқындылығының қатты өзгергендері көрсетілген. 1990...2002 жж кезеңімен 2003...2015 жж кезеңін салыстыра келе соңғы кезеңде қатты жаңбырдың орташа жылдық саны 2,5 есе, қатты қар жауу 2,7 есе көбейгені анықталған. Қатты жел және бұршақ сандары да аздап көбейген – 20 және 30 %-ға сәйкес. Керісінше, соңғы жылдары келесі ЭМҚ азайған: қатты қар бұрқасыны (1,8 есе), қатты тұман (2,7 есе) және қатты шаң бораны (3,4 есе). ЭМҚ ең жоғары қайталануы Алматы облысында байқалған. Қатты қуаңшылық Батыс Қазақстан облысында жиі байқалынады. Осы өзгерістерді әртүрлі климаттәуелді экономика салаларында (ауыл шаруашылығы, ТКШ, құрылыс, көлік, денсаулық сақтау және т.б.) есепке алу қажеттігі көрсетілген.*

Kozhakhmetov P.Z., Kozhakhmetova L.P.

**EXTREME METEOROLOGICAL PHENOMENA IN THE  
KAZAKHSTAN IN CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE WARMING**

**Keywords:** heavy rain, snow, wind, fog, storm, hail, dust storm, drought, incidence, frequency, intensity

*The article shows that frequency and intensity of extreme weather phenomena (EWP) in Kazakhstan significantly changed in the conditions of global warming. Over the period 2003...2015 compared with the period 1990...2002 the average annual number of cases with heavy rain has increased by almost 2,5 times, with heavy snow also increased 2,7 times. Numbers of cases with strong winds and hail have also increased, but slightly – by 20 and 30 %, respectively. On the other hand, sharply declined a strong storm (1,8 times), heavy fog (2,7 times) and heavy dust storm (3,4 times) in recent years. The highest frequency of EWP occurs in the Almaty region. Extreme drought severe drought most frequently occurs in the West Kazakhstan region. These changes need to be considered in various climate-sensitive sectors of the economy (agriculture, utilities, construction, transport, public health, etc.).*

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук А.Х. Ахмеджанов<sup>1</sup>  
Канд. техн. наук Т.К. Караданов<sup>1</sup>

### РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ЕГО ПЕРЕНОСА В АТМОСФЕРЕ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА СПЕКТРА

**Ключевые слова:** аэрозоль, оптическая толщина, спутниковое зондирование

*Выполнена численная реализация задачи переноса коротковолнового излучения в атмосфере при условии однократного рассеяния по данным космического зондирования. Получены расчетные значения интенсивности нисходящего и восходящего рассеянного излучения в атмосфере.*

В настоящее время интенсивно развиваются методы и создаются алгоритмы для решения уравнения переноса излучения в приложении к задачам атмосферной оптики. На основе матричных функций Грина разработаны физические основы теории переноса излучения [10]. Исследованы непрерывных свойств решения краевой задачи для уравнения переноса с обобщенными условиями сопряжения на границе раздела сред [11]. Разделение решения уравнения переноса излучения на анизотропную и регулярную части обосновано в [9]. Матрично-операторный подход для метода решения векторного уравнения переноса излучения для стратифицированной среды на основе выделения анизотропной части предлагается в [8]. Вышеуказанные исследования открывают возможности моделирования спутниковых измерений параметров атмосферы и земной поверхности.

На основе математического моделирования получены количественные оценки рассеяния света крупными частицами в расчетах интегральных потоков солнечного излучения в атмосфере [5]. Полученные результаты позволяют построить улучшенную аппроксимацию плоского альbedo для использования в задачах дистанционного зондирования [2]. Выполнено моделирование переноса солнечного излучения в различных атмосферных условиях, предложены различные методы расчета атмосферных функций пропускания и потоков излучения [4].

<sup>1</sup> АО «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы, Казахстан

Разработан новый метод определения микрофизических параметров аэрозоля из спектральных измерений оптической толщины и яркости солнечного ореола [8]. На основе экспедиционных исследований показано, что высокие значения аэрозольной оптической толщины (АОТ) наблюдаются во всем диапазоне спектра (0,3...2,14 мкм) и обусловлены совокупным влиянием выносов аэрозоля (пылевого, антропогенного, дымового) из соседних районов континента. Результаты измерений АОТ над океанами, сравнения со спутниковыми данными и модельными расчетами, роль морской аэрозольной сети Maritime Aerosol Network (MAN), как составляющей сети AERONET представлены в работах [1]. Показано, что в многолетней изменчивости аэрозольной оптической толщины для различных географических регионов не проявляется значимой зависимости от циклов солнечной активности [6].

Спектральные области, в которых сосредоточена коротковолновая и длинноволновая солнечная радиация, практически не перекрываются, следовательно, перенос коротковолновой и длинноволновой радиации можно рассматривать отдельно. При таком подходе уравнение переноса излучения в атмосфере можно упростить. Для длинноволновой радиации пренебрежимо мало рассеяние, тогда как в коротковолновой области мало собственное излучение земли, облаков и атмосферы. В видимой области спектра, где существенно значение рассеяния излучения можно пренебречь поглощением.

Рассмотрим численную реализацию задачи переноса коротковолнового излучения в атмосфере при условии однократного рассеяния по данным космического зондирования.

Представим релеевскую  $\tau_{\lambda\rho}$  и аэрозольную  $\tau_{\lambda a}$  составляющие оптических толщин в следующем виде:

$$\tau_{\lambda\rho} = \int_0^z \rho \delta_{\lambda\rho} dz, \quad \tau_{\lambda a} = \int_0^z \rho_a \delta_{\lambda a} dz, \quad (1)$$

где  $\delta_{\lambda\rho}$  и  $\delta_{\lambda a}$  – релеевский и аэрозольный коэффициенты рассеяния,  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho_a$  – плотность аэрозоля.

Если для всей атмосферной толщии общую оптическую толщину обозначить  $\tau_{\lambda o}$ , то суммарную оптическую толщину атмосферы для уровня  $z$ , состоящую из релеевского и аэрозольного оптических толщин можно записать в следующем виде:

$$\tau_{\lambda}(z) = \tau_{\lambda\rho} + \tau_{\lambda a}. \quad (2)$$

Оптическая толщина слоя атмосферы за счет рэлеевского рассеяния рассчитывается по формуле [7]:

$$\tau_{\lambda\rho} = 0,02152 \frac{1,0455996 - 342,2906\lambda^{-2} - 0,9023085\lambda^2}{1 + 0,0022705988\lambda^{-2} - 85,965863\lambda^2} \frac{\Delta P}{P_s},$$

где  $\lambda$  – длина волны;  $\Delta P$  – толщина слоя атмосферы;  $P_s$  – приземное давление. Среднее значение аэрозольной оптической толщины для данной территории можно найти на геопортале спутниковых данных.

При вышеуказанных предположениях уравнение переноса коротковолнового излучения при условии однократного рассеяния излучения будет иметь следующий вид:

$$\frac{dJ_{\lambda}^{\uparrow}}{d\tau_{\lambda}} = -\frac{J_{\lambda}^{\uparrow}}{\cos\theta} + \frac{\chi_{\lambda}}{\cos\theta} S_{\lambda 0} e^{-(\tau_{\lambda 0} - \tau_{\lambda}(z))\sec\theta_0}, \quad (3)$$

где  $J_{\lambda}^{\uparrow}$  – значение восходящего излучения длиной волны  $\lambda$ ,

$\chi_{\lambda} = \chi_{\rho\lambda} \frac{d\tau_{\lambda\rho}}{d\tau_{\lambda}} + \chi_{\lambda a} \frac{d\tau_{\lambda a}}{d\tau_{\lambda}}$  – средняя индикатриса, учитывающая рэлеев-

ское и аэрозольное рассеяния,  $\chi_{\rho\lambda}$  и  $\chi_{\lambda a}$  – значения индикатрисы рассеяния при рэлеевском и аэрозольном рассеянии.  $S_{\lambda 0}$  – интенсивность потока солнечного излучения, приходящего на верхнюю поверхность атмосферы,  $\theta$  – угол отраженного излучения (угол зондирования),  $\theta_0$  – угол прямого солнечного излучения (высота Солнца).

Введение средней индикатрисы рассеяния излучения может быть оправдано тем, что в нижних слоях атмосферы рассеяния определяется в основном аэрозольной составляющей (до 3 км), а на больших высотах (выше 3 км) рэлеевской. Известно, что изменение индикатрисы с высотой не очень сильно влияет на поток рассеяния радиации. Поэтому реальную индикатрису можно заменить осредненным по высоте значением  $\bar{X}_{\lambda}$ .

Обыкновенное неоднородное дифференциальное уравнение (3) будет иметь следующее решение:

$$J_{\lambda}^{\uparrow}(z) = J_{\lambda}^{\uparrow}|_{z=0} e^{-\tau_{\lambda}(z)\sec\theta} + \frac{S_{\lambda 0}\chi_{\lambda}}{\cos\theta} e^{-\tau_{\lambda}(z)\sec\theta} \int_0^{\tau_{\lambda}} e^{-(\tau_{\lambda 0} - t)\sec\theta_0 - t\sec\theta} dt. \quad (4)$$

$$J_{\lambda}^{\uparrow}|_{z=0} = \frac{q_{\lambda}}{\pi} [S_{\lambda 0} \cos\theta_0 e^{-\tau_{\lambda 0}\sec\theta_0} + D_{\lambda}(0)], \quad (5)$$

$$D_{\lambda}(0) = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} J_{\lambda}^{\downarrow} \cos \theta' \sin \theta' d\theta'. \quad (6)$$

где  $D_{\lambda}(0)$  – нисходящий спектральный поток рассеянной радиации на уровне земной поверхности,  $\varphi$  – азимут.

Определим значение  $J_{\lambda}^{\downarrow}$  из уравнения

$$\frac{dJ_{\lambda}^{\downarrow}}{d\tau_{\lambda}} = \frac{J_{\lambda}^{\downarrow}}{\cos \theta} - \frac{\chi_{\lambda}}{\cos \theta} S_{\lambda 0} e^{-(\tau_{\lambda 0} - \tau_{\lambda}) \sec \theta_0}, \quad (7)$$

при граничном условии

$$J_{\lambda}^{\downarrow}(z) = \begin{cases} 0 & \text{при } \theta \neq \theta_0, \varphi \neq \varphi_0 \\ S_{\lambda 0} & \text{при } \theta = \theta_0, \varphi = \varphi_0 \end{cases}. \quad (8)$$

Решение задачи (7-8) имеет вид

$$J_{\lambda}^{\downarrow} = \frac{S_{\lambda 0} \chi_{\lambda} \sec \theta}{\sec \theta_0 - \sec \theta} [e^{-(\tau_{\lambda 0} - \tau_{\lambda}) \sec \theta} - e^{-(\tau_{\lambda 0} - \tau_{\lambda}) \sec \theta_0}]. \quad (9)$$

Таким образом, будем иметь полное решение задачи по данным спутниковой информации в видимой части спектра при условии однократного отражения в атмосфере. Выражение для величины  $J_{\lambda}^{\uparrow}$  переписывается в следующем виде, где  $q_{\lambda}$  – альbedo участка земной поверхности:

$$J_{\lambda}^{\uparrow} = \frac{q_{\lambda}}{\pi} [S_{\lambda 0} \cos \theta_0 e^{-\tau_{\lambda 0} \sec \theta_0} + D_{\lambda}^{\downarrow}(0)] e^{-\tau_{\lambda} \sec \theta} + \frac{S_{\lambda 0} \chi_{\lambda} \sec \theta}{\sec \theta + \sec \theta_0} [e^{-(\tau_{\lambda 0} - \tau_{\lambda}) \sec \theta} - e^{-\tau_{\lambda 0} \sec \theta_0 - \tau_{\lambda} \sec \theta}].$$

Выборка данных значений альbedo земной поверхности производилась с помощью основного программного пакета MOD09 (коэффициент отражения излучения от земной поверхности) для уровня земной поверхности по 7 каналам: 1B MODIS канал 1 (620...670 нм), 2 (841...876 нм), 3 (459...479 нм), 4 (545...565 нм), 5 (1230...1250 нм), 6 (1628...1652 нм), и 7 (2105...2155 нм). Значения альbedo  $q_{\lambda}$  меняется от 0,08 до 0,36 при различных значениях угла визирования и азимута.

Космический снимок сканера MODIS (спутник TERRA) за 7 июля 2015 г. (рис. 1). Распределение интенсивности уходящего излучения (радианс,  $\text{вт}/\text{м}^2 \cdot \text{мкм} \cdot \text{ср}$ ) в районе оз. Балхаш ( $44^{\circ}56' \dots 47^{\circ}42'$  с.ш.,  $73^{\circ}31' \dots 78^{\circ}54'$  в.д.) по 1 каналу с диапазоном 0,62...0,67 мкм (рис. 2). Значения интенсивности уходящего излучения на выделенном участке южного побережья оз. Балхаш ( $46^{\circ}0' \dots 46^{\circ}34'$  с.ш.,  $76^{\circ}34' \dots 76^{\circ}54'$  в.д.) представ-



лены на рис. 3. Здесь значения интенсивности уходящего излучения изменяются от 70 до 85  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{мкм}\cdot\text{ср}$ .

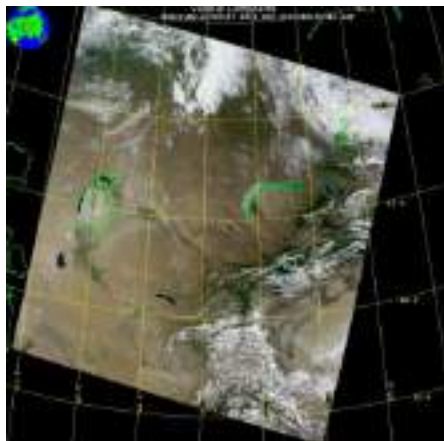


Рис. 1. Космический снимок сканера MODIS (спутник TERRA) за 7 июля 2015 года.



Рис. 2. Распределение интенсивности уходящего излучения (радианс) в районе оз. Балхаш.

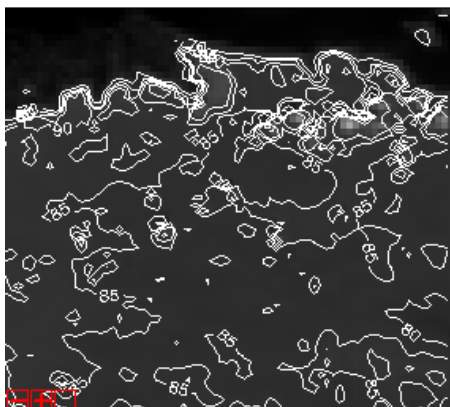


Рис. 3. Значения интенсивности уходящего излучения ( $\text{Вт}/\text{м}^2\text{мкм}\cdot\text{ср}$ ) на выделенном участке южного побережья оз. Балхаш.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин С.В., Энгель М.В., Майор А.Ю. и др. Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне материк-океан (Приморье и Японское море). Часть 2. Анализ пространственной и временной изменчивости характеристик аэрозоля по спутниковым данным и лидарным измерениям // *Оптика атмосферы и океана*. – 2010. – Т. 23. – № 9. – С. 811-819.
2. Басс Л.П., Гермогенова Т.А., Николаева О.В. и др. Численное моделирование краевых эффектов в оптике аэрозоля и облаков // *Оптика атмосферы и океана*. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 201-206.
3. Веретенников В.В. Совместное определение микроструктуры и показателя преломления аэрозоля по данным солнечной фотометрии // *Оптика атмосферы и океана*. – 2007. – Т. 20. – № 3. – С. 214-221.
4. Журавлева Т.Б. Моделирование переноса солнечного излучения в различных атмосферных условиях. Часть I: Детерминированная атмосфера; Часть 2: Стохастическая облачность // *Оптика атмосферы и океана*. – 2008. – Т. 21. – № 2. – С. 99-114; №3. – С. 189-202.
5. Рублев А.Н., Горчакова И.А., Удалова Т.А.. Влияние крупных частиц на оценки оптических и радиационных характеристик пылевого аэрозоля // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*. – 2011. – Т. 47. – № 2. С. 1-11.
6. Сакерин С.М., Горбаренко Е.В., Кабанов Д.М. Особенности многолетней изменчивости аэрозольной оптической толщины атмосферы и оценки влияния различных факторов // *Оптика атмосферы и океана*. – 2008. – Т. 21. – № 7. – С. 625-631.
7. Bodhaine B.A., Wood N.B., Dutton E.G., Slusser J.R. On Rayleigh Optical Depth Calculations // *J. Atmos. Oceanic Technol.* – 1999. – Vol. 16. – P. 1854-1861.
8. Budak V.P., Klyuykov D.A., Korkin S.V. Complete matrix solution of radiative transfer equation for PILE of horizontally homogeneous slabs // *J.Q.S.R.T.* 2010. doi: 10.1016/j.jqsrt.2010.08.028 (in press).
9. Budak V.P., Korkin S.V. On the solution of a vectorial radiative transfer equation in an arbitrary three-dimensional turbid medium with anisotropic scattering // *J.Q.S.R.T.* 2008. – V. 109. – P. 220-234.
10. Budak V.P., Veklenko B.A. Boson peak, flickering noise, backscattering processes and radiative transfer in random media // *J.Q.S.R.T.* 2011, doi: 10.1016/j.jqsrt.2010.10.007.

11. Prokhorov I.V. On the Structure of the Continuity Set of the Solution to a Boundary-Value Problem for the Radiation Transfer Equation. Math. Notes. 2009. V. 86. № 1-2. P. 234-248.

Поступила 22.06.20165

Техн. ғылымд. докторы. А.Х. Ахмеджанов  
Техн. ғылымд. канд. Т.К. Караданов

**ОПТИКАЛЫҚ СПЕКТР ДИАПАЗОНЫ ҮШІН  
АТМОСФЕРАДА ОНЫҢ АУДАРУ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕР  
НЕГІЗІНДЕ ШАШЫРАНДЫ СӘУЛЕЛЕР  
ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫН ЕСЕПТЕУ**

*Түйін сөздер:* аэрозоль, оптикалық қалыңдығы, спутниктік зондтау

*Ғарышты зондтау мәліметі бойынша тырлек шашырау жағдайда атмосферада қысқа толқынды сәуле тасымалдауынаң сандық есептері жүзеге асырылды. Атмосферада жоғары және төмен бағытталған шашыраңды сәулелердің қарқындылық мәндерінің есептері алынды.*

Akhmedzhanov A.Kh., Karadanov T.K.

**CALCULATION OF THE INTENSITY OF SCATTERED RADIATION  
BASED ON OF NUMERICAL MODELS OF ITS TRANSFER INTO THE  
ATMOSPHERE FOR THE OPTICAL SPECTER RANGE**

**Keywords:** aerosol optical thickness, satellite remote sensing

*This article shows the numerical implementation of the short-wave radiation transfer problem in the atmosphere in condition of single scattering according to the space probe. The value of the intensity of downstream and upstream of the scattered radiation in the atmosphere was calculated.*

УДК: 633:551.586

Канд. геогр. наук

С.С. Байшоланов<sup>1</sup>Е.Н. Муканов<sup>2</sup>Д.А. Чернов<sup>1</sup>А.Р. Жакиева<sup>1</sup>**АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА В АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ключевые слова:** агроклиматическое зонирование, запасы воды в почве, засуха, суховей, зерновые культуры

*Проведено агроклиматическое зонирование, оценена увлажненность почвы, определены повторяемость засух, количество суховейных дней и продолжительность периода без заморозков, а также рассчитаны климатические сроки сева и уборки ранних яровых зерновых культур по Акмолинской области.*

**Агроклиматическое зонирование.** Агроклиматическое зонирование предусматривает деление территории по определенной системе на различные зоны, достаточно однородные внутри своих границ по тепло- и влагообеспеченности, имеющие существенное значение для географического распределения и специализации сельского хозяйства.

В рамках НИР «Агроклиматические ресурсы Республики Казахстан в условиях изменения климата», выполняемой в Филиале ТОО «Институт географии» МОН РК, в 2015 году была проведена оценка агроклиматических ресурсов и построены серии агроклиматических карт по 6 областям Казахстана, в том числе по Акмолинской области.

На основе полученных результатов было проведено агроклиматическое зонирование территории областей. Анализ распределения по территории Акмолинской области среднегодовых (1981...2014 гг.) значений коэффициента увлажнения (К) и сумм активных температур воздуха выше 10 °С позволил выделить на территории области 4 агроклиматические зоны (табл. 1).

На рис. 1 представлена карта агроклиматического зонирования территории Акмолинской области. По площади, половину территории области занимает зона II – слабовлажная умеренно теплая.

<sup>1</sup> Филиал «Института географии», г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Казгидромет, г. Астана, Казахстан

Таблица 1

## Агроклиматические зоны на территории Акмолинской области

Зона	К	$\sum T_{10}, ^\circ\text{C}$
Умеренно влажная умеренно теплая (I)	1,0...1,2	2000...2200
Слабовлажная умеренно теплая (II)	0,8...1,0	2200...2500
Слабо засушливая умеренно теплая (III-а)	0,6...0,8	2400...2500
Умеренно засушливая теплая (IV-а)	0,4...0,6	2500...2700

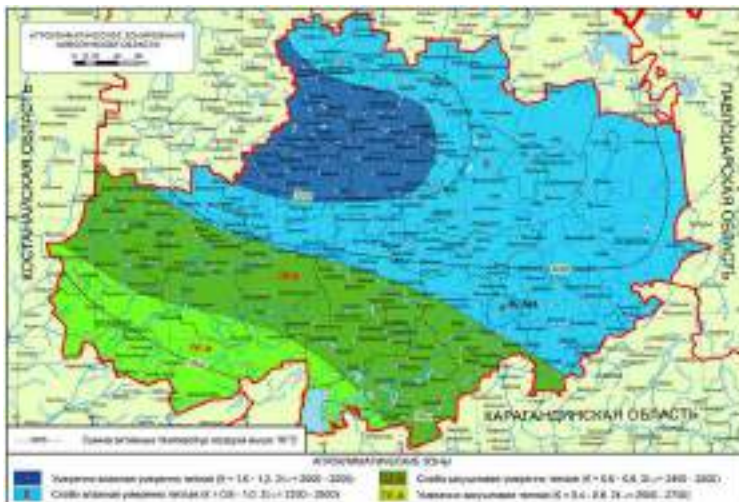


Рис. 1. Агроклиматическое зонирование территории Акмолинской области.

Зона I – «Умеренно влажная умеренно теплая» занимает территорию Кокшетауской возвышенности, характеризуется коэффициентом увлажнения  $K = 1,0...1,2$  и суммой температур выше  $10^\circ\text{C}$  в пределах  $2000...2200^\circ\text{C}$ .

Зона II – «Слабовлажная умеренно теплая» окаймляя Кокшетаускую возвышенность занимает центральную и северную части области, характеризуется  $K = 0,8...1,0$  и суммой температур выше  $10^\circ\text{C}$  в пределах  $2200...2500^\circ\text{C}$ .

Зона III-а – «Слабо засушливая умеренно теплая» расположена в полосе ниже центральной линии области. Зона характеризуется значением  $K = 0,6...0,8$  и суммой температур выше  $10^\circ\text{C}$  в пределах  $2400...2500^\circ\text{C}$ .

Зона IV-а – «Умеренно засушливая теплая» занимает юго-западную часть окраину области, характеризуется значением  $K = 0,4...0,6$  и суммой температур выше  $10^\circ\text{C}$  в пределах  $2500...2700^\circ\text{C}$ .

**Запасы продуктивной влаги в почве.** В Акмолинской области запасы продуктивной влаги в почве (ЗПВ) измеряются на 8 метеорологических станциях (М) и 3 агрометеорологических постах

(АМП). При этом ЗПВ определяются на сельскохозяйственных полях, у которых известны агрогидрологические константы почвы. Для оценки условий почвенного увлажнения были использованы данные ЗПВ для 20 см и 100 см слоев почвы за период с 2003 по 2014 год.

В области распространены в основном обыкновенные и южные черноземы, темно-каштановые почвы. По механическому составу являются тяжелосуглинистыми и среднесуглинистыми. ЗПВ на этих почвах колеблются в 20 см слое почвы от 37 до 60 мм, а в 100 см слое почвы – от 158 до 224 мм.

Для оценки влагообеспеченности зерновых культур по влажности почвы были определены ЗПВ в процентах от наименьшей полевой влагоемкости (НПВ). Для оценки использовались общепринятые критерии: более 100 % – избыточное увлажнение; 80...100 % – оптимальное увлажнение; 50...80 % – удовлетворительное увлажнение; менее 50 % – недостаточное увлажнение [4].

Как показали расчеты, в период вегетации зерновых культур (май – июль) хорошие условия увлажнения создаются в районе возвышенности Кокшетау. Например, в среднемноголетнем режиме оптимальное увлажнение почвы создается в районе М Зеренда с мая по июль, а в августе – удовлетворительное увлажнение. Также в районах АМП Катарколь и М Балкашино удовлетворительное увлажнение почвы сохраняется в течение всей вегетации, т.е. май – август.

В среднемноголетнем режиме не удовлетворительное увлажнение почвы в течение мая – августа имеет место в районе М Жаксы. На М Шортанды и М Егиндыколь только в начале мая бывает удовлетворительное увлажнение почвы, а далее ЗПВ не хватает.

На остальной территории центральной и южной частей области в первой половине вегетации устанавливается удовлетворительное увлажнение почвы, а во второй половине – не удовлетворительное.

Таким образом, в зерносеющих районах Акмолинской области увлажненность почвы под зерновыми культурами характеризуется в основном как удовлетворительная.

**Засуха.** Для оценки вероятности установления засухи, по данным метеостанций были рассчитаны ГТК за период май – август с 1981 по 2014 годы. Во внимание брались только умеренные и сильные засухи, согласно критериям: сильная засуха – ГТК < 0,40; умеренная засуха – ГТК = 0,40...0,60 [2]. Сильная засуха снижает урожайность зерновых культур на 50 % и более, умеренная засуха – на 20...50 %.

По 34-летнему ряду данных ГТК были определены повторяемости сильной и умеренной засух. На основе повторяемости вычислялась вероятность их установления. Повторяемость и вероятность установления засухи по агроклиматическим зонам области представлены в табл. 2.

Таблица 2

Повторяемость и вероятность установления засухи по агроклиматическим зонам Акмолинской области

Зона	Повторяемость, %		Вероятность, 1 раз в ... лет	
	засуха	сильная засуха	засуха	сильная засуха
I	< 20	2	5...8	50
II	20...40	2...10	3...5	10...50
III-а	40...70	10...30	2...3	4...10
IV-а	70...80	30...35	1...2	3...4

В зоне **I** засуха имеет повторяемость < 20 %, т.е. засуха вероятна 1 раз в 5...8 лет, а сильная засуха имеет повторяемость всего 2 %, т.е. она вероятна 1 раз в 50 лет.

В зоне **II** засуха имеет повторяемость 20...40 %, и она возможна 1 раз в 3...5 лет, а сильная засуха имеет повторяемость 2...10 %, т.е. вероятна 1 раз в 10...50 лет.

В зоне **III-а** засуха имеет повторяемость 40...70 %, т.е. засуха вероятна 1 раз в 2...3 года, а сильная засуха вероятна 1 раз в 4...10 лет.

В зоне **IV-а** засуха имеет повторяемость 70...80 % и вероятна каждые 1...2 года, а сильная засуха вероятна 1 раз в 3...4 года.

На рис. 2 представлено пространственное распределение повторяемости засухи по территории Акмолинской области. С севера на юг области повторяемость засухи растет. Наименьшая повторяемость засухи (< 20 %) свойственна району Кокшетауской возвышенности. Территория севернее, восточнее и южнее Кокшетауской возвышенности характеризуется повторяемостью засухи от 20 % до 40 %. Далее на юге области, южнее линии Атбасар – Аршалы полосой идет повторяемость засухи 40...60 %. В юго-западной части области, включая Есиль, Кима, Егиндыколь и Коргалжын засуха имеет повторяемость более 60 %.

**Суховой.** Суховой – сложное погодное явление, возникающее при скорости ветра > 5 м/с, высокой температуре воздуха (> 25 °С) и влажности воздуха < 20 %, а при температуре воздуха > 30 °С, скорость ветра берется от 3 м/с и более [3]. Под воздействием суховея растения засыхают и погибают, даже при достаточном запасе влаги в почве, так как корневая система не успевает подавать в наземную часть растений достаточное количество воды.

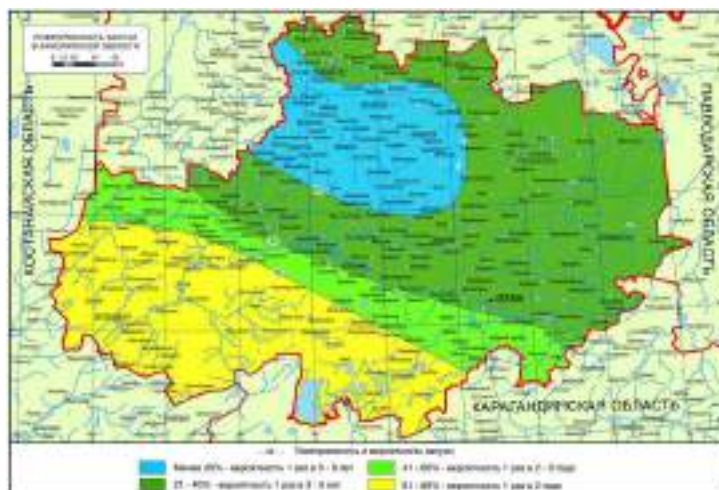


Рис. 2. Пространственное распределение повторяемости засухи по территории Акмолинской области.

Согласно установленным в РГП «Казгидромет» критериям день считается суховейным, если в околополуденное время при скорости ветра < 8 м/с дефицит влажности воздуха превышает 20 мб (слабый), 30 мб (умеренный) и 40 мб (интенсивный). Дефицит влажности воздуха в околополуденное время суток достигает своего максимального значения. Поэтому авторами на основе среднего за декаду максимального дефицита влажности воздуха была определена суховейность декады.

Расчеты показали, что в Акмолинской области суховеи наблюдаются в теплый период года, с мая по сентябрь. Годовое количество суховейных дней колеблется от 36 дней на севере до 85 дней на юге области. Из них суховеи умеренной интенсивности, оказывающее существенное отрицательное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, составляет на севере области 2...3 дня, в центральной полосе – 10...14 дней, на юго-западной окраине – 16...23 дня (Тасты-Талды, Егindyколь, Коргалжын), а на юго-востоке – 5...9 дней (Ерейментау, Астана, Аршалы). Интенсивный суховей, когда дефицит влажности воздуха превышает 40 мб, наблюдается крайне редко, всего 1...2 дня в году.

Распределение годового количества суховейных дней по агроклиматическим зонам области представлено в табл. 3.

В **зоне I** в течение года слабо суховейными бывают 35...40 суток, суховеи умеренной интенсивности наблюдаются всего 2...3 дня.

В **зоне II** суховейными бывают 80...90 суток, из них в 3...10 сутках наблюдаются суховеи умеренной интенсивности.



В **зоне III** суховейными бывают 70...80 суток, из них в 10...20 суток наблюдаются суховеи умеренной интенсивности.

Таблица 3

Годовое количество суховейных дней по агроклиматическим зонам Акмолинской области

Зона	Суховей, сутки		
	слабый	умеренный	интенсивный
I	35...40	2...3	0
II	40...70	3...10	1
III-а	70...80	10...20	1
IV-а	80...90	20...25	2

В **зоне IV** суховейными бывают 80...90 суток, суховеи умеренной интенсивности наблюдаются в 20...25 сутках, а интенсивные суховеи отмечаются 2 суток.

**Заморозки.** Заморозком называется кратковременное понижение температуры воздуха или поверхности почвы (травостоя) до 0 °С и ниже на фоне положительных средних суточных температур воздуха. Для сельскохозяйственных культур особую опасность представляют поздние весенние и ранние осенние заморозки. Устойчивость растений к заморозкам и степень их повреждения зависит от многих факторов: времени наступления, интенсивности и продолжительности заморозка, вида, сорта и фазы развития растений, условий возделывания и т.д.

В Акмолинской области весенние последние заморозки в среднем наблюдаются на юге области в середине апреля, на севере – в районе Кокшетауской возвышенности – 21...23 апреля. В годы с поздней и затяжной весной заморозки прекращаются на юге области в конце апреля, на севере – в середине мая.

В среднем первые осенние заморозки в районе Кокшетауской возвышенности наблюдаются 5...7 октября, а на остальной территории 10...18 октября. В годы с прохладной и ранней осенью первые заморозки наблюдаются в 21...28 сентября.

Продолжительность беззаморозкового периода колеблется от 165 (Балкашино) до 188 (Астана) суток и в целом увеличивается с севера на юг. Из общего фона выделяется район Кокшетауской возвышенности, где беззаморозковый период составляет менее 170 суток.

**Сроки сева зерновых культур.** Сроки сева являются одним из решающих факторов, который в значительной мере определяет величину и качество урожая. При отклонении сроков сева от оптимальных, ритм метеорологических условий перестает соответствовать биологическим

требованиям культуры, что в конечном итоге сказывается на урожайности. Знание сроков посева также необходимо для планирования весенних полевых работ, подготовки посевного материала и техники.

Оптимальные сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур совпадают со временем достижения почвы мягкопластичного состояния. Существует тесная зависимость просыхания верхнего слоя почвы до мягкопластичного состояния от температурных условий апреля [5]. Сев начинается через 4...10 суток после просыхания почвы до мягкопластичного состояния.

По среднемноголетним (1981...2014 гг.) данным метеорологических станций были рассчитаны климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур.

Весенние полевые работы и сев ранних зерновых культур на легких почвах (средне- и легкосуглинистые) в среднем можно начинать на юге области с 8...10 мая, на севере – с 13...19 мая. Сроки начала полевых работ на тяжелых почвах (глинистые и тяжелосуглинистые) наступают на 5...6 суток раньше, т.е. на юге – 3...6 мая, а на севере – 10...12 мая. В эти сроки в области температура воздуха переходит через 10 °С, т.е. пахотный слой почвы бывает достаточно прогретым и благоприятным для прорастания зерна. Стоит отметить, что выпадение осадков может помешать проведению полевых работ и отодвинуть сроки посева. Весенние полевые работы и сев необходимо провести в короткие сроки, желательно в течение 5...6 суток.

Разница климатических сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур в I и IV агроклиматических зонах составляет 10...12 суток (табл. 4). Например, на легких почвах в IV зоне в среднем весенние полевые работы и сев можно начинать в период 5...7 мая, а в I зоне – в период 15...19 мая. На тяжелых почвах в IV зоне – с 25 апреля, в I зоне – с 9 мая.

Таблица 4

Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур по агроклиматическим зонам Акмолинской области

Зона	Сроки сева	
	легкая почва	тяжелая почва
Умеренно влажная умеренно теплая (I)	15...19.05	9...13.05
Слабовлажная умеренно теплая (II)	10...15.05	5...9.05
Слабо засушливая умеренно теплая (III-а)	7...13.05	1...7.05
Умеренно засушливая теплая (IV-а)	5...7.05	25.04...1.05

Во II зоне сроки весенних полевых работ в среднем начинаются на

легких почвах с 10...15 мая, на тяжелых почвах – с 5...9 мая. В III зоне климатические сроки сева на легких почвах приходятся на 7...13 мая, а на тяжелых почвах – на 1...7 мая.

На рис. 3 представлены климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур в Акмолинской области.

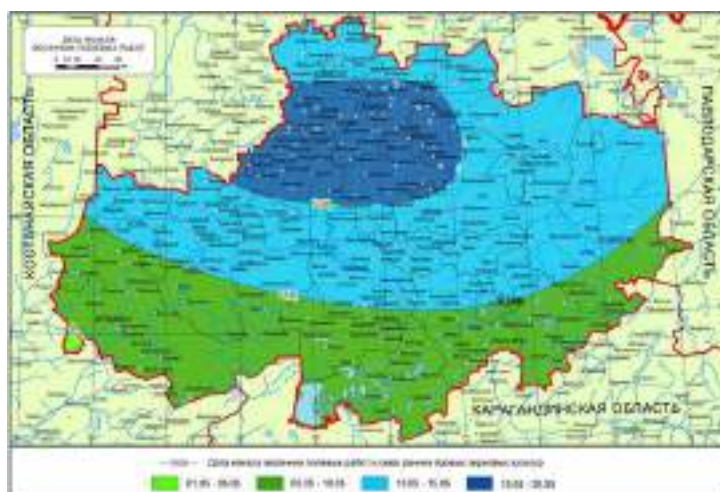


Рис. 3. Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур в Акмолинской области.

**Сроки уборки зерновых культур.** Дата полного созревания зерновых культур является сроком начала уборки урожая. Скорость перехода от восковой спелости к полной спелости находится в тесной зависимости от влажности воздуха. Чем выше дефицит влажности в период высыхания хлебов, тем меньше продолжительность этого периода. В определенных условиях, например при высокой влажности почвы, после восковой спелости растения скашиваются в валки, для дальнейшего просыхания и дозревания.

Для северной половины Казахстана установлено, что для просыхания зерна от скашивания (влажность зерна составляет 35...37 %) до кондиционной влажности зерна (14...15 %) потребуется сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха 40...45 гПа, а для стоящих на корню растений – около 70 гПа [1]. Эти критерии были использованы для определения климатических сроков полной спелости и начала уборки урожая. Расчет проводился от климатических сроков восковой спелости. Расчеты показали, что климатические сроки полного созревания ранних яровых зерновых культур в среднем наступает на юге области 8 августа, на севере – 5 сентября.

Разница климатических сроков начала уборки в I и IV агроклиматических зонах составляет около 20 суток. В IV зоне в среднем уборку

зерновых культур можно начать с 8...12 августа, а в I зоне – с 28 августа – 5 сентября (табл. 5).

Таблица 5  
Климатические сроки начала уборки ранних яровых зерновых культур по агроклиматическим зонам Акмолинской области

Зона	Дата начала уборки урожая
Умеренно влажная умеренно теплая (I)	28.08...05.09
Слабовлажная умеренно теплая (II)	15...25.08
Слабо засушливая умеренно теплая (III-а)	10...15.08
Умеренно засушливая теплая (IV-а)	08...12.08

Во **II зоне** сроки начала уборки урожая в среднем приходится на 15...25 августа, а в **III зоне** – на 10...15 августа. При этом надо отметить, что эти даты сохраняются при посеве зерновых культур в оптимальные климатические сроки и при достаточной влагообеспеченности. Однако в аномально засушливые или влажные годы возможны отклонения в более ранние или поздние сроки.

Таким образом, на территории Акмолинской области выделяются 4 агроклиматические зоны, увлажненность почвы под зерновыми культурами характеризуется в основном как удовлетворительная, повторяемость сильных засух колеблется от 2 до 35 %, в течение года суховейнными бывают 36...85 суток, продолжительность беззаморозкового периода колеблется от 165 до 188 суток. Весенние полевые работы и сев ранних яровых зерновых культур в среднем можно начинать на юге области с 8 мая, на севере – с 19 мая. При этом начала уборки урожая в среднем наступает на юге области 8 августа, на севере – 5 сентября.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий периода уборки зерновых культур. – М.: Гидрометеоздат, 1975. – 31 с.
2. Муканов Е.Н. Байшоланов С.С. Районирование и оценка засушливости вегетационного периода на территории Казахстана // Актуальные проблемы прикладной гидрометеорологии: Матер. междунар. науч. конф. молод. ученых – Одесса, 2012. – С. 100-104.
3. Пасечнюк, Л.Е., Сенников В.А. Агроклиматическая оценка суховеев и продуктивность яровой пшеницы. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 126 с.
4. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 424 с.

5. Серякова Л.П., Петрушенко В.Д. Сборник заданий по курсу агрометеорология. – Л.: ЛГМИ, 1976. – 120 с.

Поступила 27.06.2016

Геогр. ғылымд. канд. С.С. Байшоланов  
Е.Н. Муканов  
Д.А. Чернов  
А.Р. Жакиева

#### **АҚМОЛА ОБЛЫСЫНДА ВЕГЕТАЦИЯЛЫҚ КЕЗЕҢНІҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Түйін сөздер:** агроклиматтық аудандастыру, топырақ су қорлары, құрғақшылық, құрғақшылық, дәнді дақылдар

*Ақмола облысы бойынша агроклиматтық аудандастыру жүргізілген, топырақ ылғалдығы бағаланған, қуаңшылықтың қайталанушылығы, аңызықты күндер саны және үсіксіз кезең ұзақтығы анықталған, сонымен қатар ерте жаздық дәнді дақылдарды себу және жинаудың климаттық мерзімдері есептелген.*

Baisholanov S.S., Mukanov Y.N., Chernov D.A., Zhakieva A.R.

#### **AGROCLIMATIC FEATURES OF THE VEGETATION PERIOD IN AKMOLINSK REGION**

**Keywords:** agroclimatic zoning, water reserves in the soil, drought, dry wind, grain crops

*It was conducted the agroclimatic zoning, estimated soil moisture, determined the frequency of droughts, dry winds number of days and the duration of the frost-free period, and calculated the climatic time of the seeding and harvesting of the early cereals in Akmolinsk region.*

УДК 551.583

Севиндж Кязимова<sup>1</sup>**ВОЗДЕЙСТВИЕ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**Ключевые слова:** региональные изменения климата, температура воздуха, физико-географические условия, период, тенденция, метеорологическая станция, аномальные процессы

*В Азербайджане, как и во всем мире, наблюдается тенденция изменения климата. Увеличение средней температуры воздуха в республике составляет 0,6...1,3 °С. Анализ сезонных изменений температуры воздуха показывает, что после 1975 г. амплитуда колебаний летних температур на большей территории заметно уменьшается, при этом наибольшее повышение температуры наблюдается в зимний период. Можно отметить, что на большинстве станций весенние осадки (соответственно уменьшению температуры) увеличиваются, а осадки за осенний период уменьшаются. За зимний и летний сезоны картина очень разнообразная. В среднем за год имеет место существенное уменьшение осадков для территории республики. Как показал анализ, при современной тенденции к 2025 году общие водные ресурсы республики уменьшатся на 15...18 %.*

В последние годы изменение климата является основным фактором образования аномальных процессов, которые определяют гидрометеорологические условия в различных регионах мира и могут причинять довольно ощутимый ущерб экономике.

В Азербайджане с 1975...1980 гг. наблюдается тенденция регионального изменения климата. За этот период увеличение средней температуры воздуха в республике составляет 0,6...1,3 °С. Анализ сезонных изменений температур показывает, что после 1975 года амплитуда колебаний летних температур, на большей части территорий, заметно уменьшается (рис. 1б), при этом наибольшее повышение температуры наблюдается в зимний период. Последние 5...8 лет месячная норма температуры, кроме мая и октября, возрастает, а в начале августа 2000 года за весь период инструментальных наблюдений на территории республики зафиксирована

<sup>1</sup> Азербайджанский Университет Кооперации, Баку, Азербайджан

рекордно высокая температура воздуха (+46 °С в Нахичевани при абс. макс. +44 °С). В то же время наблюдается уменьшение годового количества осадков, примерно на 12...15 %. Учитывая, что после 1995 г. динамика изменения климата стала еще более значительной, были выполнены анализы трендов температуры воздуха ( $T$ , °С) и осадков ( $r$ , мм), за период с 1961 по 2003 гг. [3].

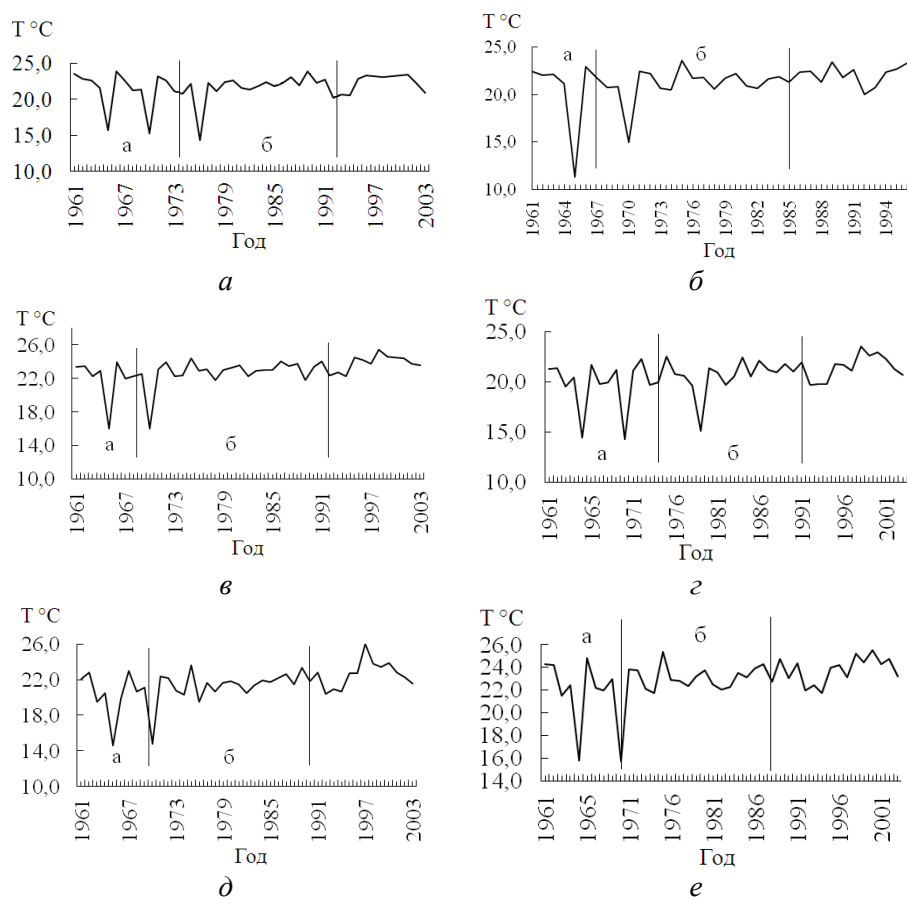


Рис. 1. Многолетний ход температур воздуха на метеостанциях Азербайджана. а – Шемаха; б – Мязязя; в – Хачмас; г – Куба; д – Кабала; е – Закатала.

Анализ данных наблюдений различных метеорологических станций (М), расположенных в различных физико-географических условиях республики, показал, что во всех случаях за период 1995...2003 гг. по сравнению с периодом 1970...1995 гг. температура воздуха увеличивается от +0,3 °С (Гянджа) до 1,7 °С (Келвяз). Среднее увеличение температуры по республике составляет +0,66 °С, а осадки на большинстве станций

уменьшались, и в среднем по республике за указанный период это уменьшение составило 17 мм [2, 4].

В табл. 1 приводится разница сезонной температуры воздуха за периоды 1995...2003 гг. и 1970...1994 гг. Как видно из данных табл. 1, годовые температуры за период 1995...2003 гг., по сравнению с предыдущим периодом (1970...1994 гг.) увеличивались на всех метеостанциях (кроме Шемахи (-0,4 °C) и Шемкир (-0,1°C)).

Таблица 1

Разница сезонных температур за периоды 1995...2003 гг. и 1970...1994 гг. на метеостанциях Азербайджана, °C

Метеостанция	Высота, м	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Шемаха	802	-0,28	-1,17	+0,7	-0,9	-0,4
Ордубад	861	+0,7	-1,9	+1,7	+3,3	+1,0
Астара	-23	+0,8	-0,3	+0,4	+1,4	+0,8
Ленкорань	-13	-0,92	0	+1,9	+0,2	+0,8
Закатала	487	+1,3	-0,1	+1,1	+1,6	+1,0
Кюрдемир	-22	+0,8	-0,8	+0,8	+1,8	+0,6
Кялвез	1567	+3,2	+1,41	+0,6	+1,7	+1,7
Хачмас	27	+0,79	-0,1	+0,7	+1,5	+0,7
Шемкир	165	+0,72	-0,1	-2,6	+1,5	-0,1
Мингечаур	93	+4,4	-0,5	-0,2	+0,6	+1,1
Губа	550	+0,11	-0,52	+1,9	+2,1	+1,2
Нахичевань	885	-2,24	+1,7	+0,7	+1,6	+0,4
Огуз	582	+1,04	-0,8	+0,6	+1,6	+0,6
Гянджа	309	+0,63	-1,4	+1,1	+1,2	+0,3
Имишли	-3	-0,4	-0,4	+1,1	+1,9	+0,5
Бейляган	69	+0,9	-0,4	+0,4	+1,4	+0,6
Кабала	679	+0,4	-0,5	+0,8	+1,7	+0,5
Шеки	637	+1,1	-0,6	+0,6	+1,3	+0,6
Геокчай	94	+0,4	-0,2	+0,9	+1,5	+0,7
Зердаб	-5	+1,0	-0,5	+0,7	+1,9	+0,7
Сальяны	-22	+0,8	0	+0,3	+1,5	+0,6
Билясувар	4	+0	-0,4	+0,8	+1,1	+0,6

Интересно отметить, что на всех метеостанциях температура воздуха за все сезоны, исключая весну, в целом также повышается (табл. 1). Если понижение зимних температур в 1995...2003 гг. (по сравнению с 1970...1994 гг.) наблюдался на пяти станциях из 22, то летних только – на двух станциях (Шамкир, Мингечаур), а осенних всего на одной станции (Шемаха), причем градиент возрастания осенних температур наиболее существенен.

Анализ осадков на метеостанциях за те же периоды не дает возможности сделать какие-то определенные выводы. Однако можно отме-



тить, что на большинстве станций весенние осадки увеличиваются, а осадки за осенний период уменьшаются. За зимний и летний сезоны картина очень разнообразная (табл. 2). В среднем за год имеет место существенное уменьшение осадков для всей территории республики.

Таблица 2

Разница сезонных осадков за периоды 1995...2003 гг. и 1970...1994 гг., мм

Метеостанция	Высота, м	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Шемаха	802	+1,4	-6	-14,4	-52,9	-72,0
Ордубад	861	+55,3	+75,2	+32,8	-12,3	+151,0
Астара	-23	-372	+49,9	-25,0	-274,2	-266,2
Ленкорань	-13	-25,3	+93,8	+30,5	-260	-160,8
Закатала	487	+3,1	+78,9	+41,7	-110,5	+13,2
Кюрдемир	-22	-3,0	+40,9	-18,5	-20,5	-1,1
Кялвез	1567	-6,0	+5,2	2	-42,0	-44,8
Хачмас	27	+4,0	+23,6	+3,2	-20,7	-10,0
Шемкир	165	-12,1	+0,1	+7,6	-44,7	-49,1
Мингечаур	93		+37,3	+3,3	-63,1	-22,7
Губа	550	+6,5	-11,1	+1,5	-56,8	-60,0
Нахичевань	885		-20,5	+3,6	-29,4	-47,9
Огуз	582	-30,2	+3,5	-63,4	-76,2	-212,4
Гянджа	309	-1,6	+27,3	-0,9	-14,8	+10,0
Имишли	-3	+15,3	+43,0	-18,2	-9,9	+30,3
Бейляган	69	+15,9	+25,9	-19,4	-29,3	+31,9
Кабала	679	-1,8	+178,3	-5,0	-86,6	+39,7
Шеки	637	-3,1	+75,2	+45,3	-85,9	+31,5
Геокчай	94	+5,1	+17,6	-22,7	-36,6	-30,5
Зердаб	-5	+5,11	+7,2	-22,2	-19,6	-30,9
Сальяны	-22	+1,5	+25,7	-19,3	-24,6	+21,9
Билясувар	4	+9,5	+34,4	-8,2	-38,2	-2,4
Исмаиллы	549	+76,2	+172,9	+29,7	+39,9	+318,8

Изменение климатических характеристик естественно влияет на водные ресурсы и на режим рек. Среди стран Южного Кавказа Азербайджан имеет наиболее ограниченные водные ресурсы, составляющие всего 15 % от общих водных ресурсов. По водообеспечению республика считается одной из малообеспеченных регионов мира. Общие водные ресурсы республики оцениваются в 28,5...30,5 км<sup>3</sup> в год; в умеренные и засушливые годы эти величины составляют 22,6...28,0 км<sup>3</sup> [1]. При этом из суммарного объема водных ресурсов приток извне составляет 20,5...29,0 км<sup>3</sup>, а на территории республики формируется 9,5...10,0 км<sup>3</sup>.

Водные ресурсы главных трансграничных рек Азербайджана – Куры и Араза на территории соседних государств уменьшаются примерно на

20 % за счет водосборов, что увеличивает дефицит воды в Азербайджане на 4...6 км<sup>3</sup> в год и создает дополнительные проблемы в водоснабжении.

Изменение климатических характеристик влияет и на перераспределение стока рек внутри года, в частности, наблюдается увеличение зимнего стока и уменьшение объема весенне-летнего стока. В целом, на всех реках наблюдается тенденция уменьшения объема годового стока (исключение составляет 2003 г.). При этом доля снегового питания на реках значительно сокращается, а высота снеговой линии поднялась приблизительно на 400...500 м.

При современной тенденции, как показал анализ, к 2025 г. общие водные ресурсы республики уменьшатся на 15...18 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вердиев Р.Г. Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата. – Баку: 2002. – 224 с.
2. Климат Азербайджана / Под ред. А.А. Мадатзаде, Э.М. Шихлинского. – Баку: Из-во Академии Наук Аз. ССР, 1968. – 341 с.
3. Сафаров С., Махмудов Р. Современные климатические изменения и Азербайджан. – Баку: 2011. – С. 175-191.
4. Mahmudov R. Hydrometeorological hazards in Azerbaijan. – Baku: 2014. – P. 34-44.

Поступила 4.07.2016

Севиндж Кязимова

#### ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ӘЗІРБАЙЖАН СУ РЕСУРСТАРЫРА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІ

**Түйін сөздер:** аймақтық климаттың өзгеруі, ауа температурасы, физикалық-географиялық жағдайлар, мерзім, үрдістер, метеорологиялық станция, аномалды процестер

*Әзірбайжанда, сондай-ақ бүкіл әлем бойынша, климаттың өзгеруі тенденциясы байқалуда. Республика бойынша орташа ауа температурасы 0,6...1,3 °C құрайды. Ауа температурасының маусымдық өзгерістер сараптамасы 1975 ж. кейін аймақтың көп байгінде жазғы температураларының тербеліс амплитудасы айтарлықтай төмендегенің көрсетеді. Ал температураның ең көп жоғарылауы қысқы кезеңде байқалады. Станциялардың көбінде көктемгі жауын-шашындар (температура төмендеуіне сәйкес) жоғарылады, ал күзгі жауын-шашындар ағайды. Қыс және жаз*

мезгіліндегі жағдайы әртүрлі болып келеді. Республика аймағы бойынша жауын-шашындардың орташа жылдық алғанда күрт төмендеуі байқалады.

Kyazimova Sevinj

### **IMPACT OF MODERN CLIMATE CHANGE ON WATER RESOURCES OF AZERBAIJAN**

**Keywords:** regional climate change, air temperature, physical and geographical conditions, period, trends, weather stations, abnormal processes

*In Azerbaijan, as well as throughout the world, there is climate change. The increase in average air temperature is 0,6...1,3 °C in the republic. Analysis of seasonal temperature changes shows that after 1975 the amplitude of fluctuations in summer temperatures in much of the country has decreased. The greatest increase in temperature was observed in winter. It may be noted that spring rainfall increase and rainfall for the autumn period are reduced. During the winter and summer seasons, the picture is not the same. In an average year there is a significant decrease in precipitation for the territory of the republic. As analyze showed, total water resources in the country will decrease by 15...18 % to 2025.*

УДК 551.324.86

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов<sup>1</sup>**ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ  
КАЗАХСТАНА ЗА ВТОРУЮ ПОЛОВИНУ 20 – НАЧАЛО 21 в.**

**Ключевые слова:** каталог ледников, динамика оледенения, аккумуляция, абляция, баланс массы, ледниковый сток

*По материалам Каталогов ледников, составленных в 1955...1956 гг., и более поздних определений размеров оледенения во всех горно-ледниковых районах юго-восточного Казахстана характеризуются величины и темпы сокращения количества ледников, их площадей и объемов, а также баланса их массы за 60 лет (1955...2015 гг.).*

**Введение.** Долговременный запас воды в ледниках, таяние которых обеспечивает до 30...40 % летнего стока горных рек, служит важным показателем водных ресурсов в горах. Заметное потепление климата, обусловленное естественными причинами и антропогенным воздействием, вызывает соответствующие изменения в ледниковых системах аридных гор Центральной Азии, в том числе и на юго-востоке Казахстана. Учитывая реальную возможность быстрого изменения размеров современного оледенения, в настоящее время особенно важно проследить временные и пространственные колебания ледников и изучить влияние этих колебаний на изменение водных ресурсов в районах с развитым оледенением. В связи с этим появилась необходимость учета изменения площади и объема ледников, обуславливающего сокращение долговременного влагозапаса в них и приводящего к снижению ледникового стока и естественного саморегулирования речного стока.

Названная проблема решается с помощью мониторинга современного оледенения. При этом такой мониторинг проводится для всех ледниковых систем страны – от Алтая на северо-востоке до Таласского Алатау на юго-западе, насчитывающих сотни и тысячи ледников.

**Материалы и методы.** В 60-70 гг. П.А. Черкасов и автор, работая в рамках всесоюзной Программы по инвентаризации ледников, составили полный Каталог ледников страны, опубликованный в десяти выпусках [6].

---

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Все морфометрические показатели ледников, их площадные и линейные размеры, абсолютные высоты характерных точек получены путем картометрического анализа топоосновы М 1:100 000 с привлечением материалов аэрофотосъемки (АФС) 1955...1956 гг., согласно рекомендациям «Руководства по составлению Каталога ледников» [10]. Площади ледников были определены с точностью 0,1 км<sup>2</sup>, их длины – с точностью 0,1 км, а высоты их концов и высших точек, а также фирновой линии – с точностью 10 м. По этой же методике в конце 70-х гг. и в 1990 г. для Заилийского и Джунгарского Алатау были подготовлены новые Каталоги ледников на основе топокарт М 1:25 000 и «свежих» АФС.

В разные годы начала текущего столетия для изучения состояния оледенения всех ледниковых систем страны, стали использоваться космоснимки со спутника Landsat с разрешением 15 м, бесплатно распространяемые в сети Интернет National Aeronautics and Space Administration (NASA). Космоснимки были векторизованы (оцифрованы) с помощью ГИС-программ ArcGIS и MapInfo, а также Global Mapper. Эта методика подробно изложена в [1, 3]. Для того, чтобы получить единовременный «срез» состояния ледников страны на 2015 г., автор воспользовался расчетами по формулам сложных процентов, учитывающим темпы сокращения площадей и объемов оледенения за предыдущие годы.

**Динамика оледенения.** В результате сравнительного анализа размеров оледенения в «реперные» годы (1955, 1990, 2000, 2006, 2008, 2013) появилась возможность объективно оценить направленность эволюции всех ледниковых систем, изменение запасов льда в них, величину ледникового стока и его роль в питании горных рек за последние 60 лет (1955...2015 гг.).

**Казахстанский Алтай.** Оледенение хребтов Казахстанского Алтая приурочено к бассейнам правых притоков Иртыша (Ертиса) – Кабы, Курчума, Бухтармы, Ульбы и Убы. Эти хребты протянулись с запада на восток между 83...87° в.д. в пределах 49...50° с.ш. Несколько особняком на севере района расположились ледники Катунского (в истоках Белой Берели) и Ивановского хребтов.

В конце 60-х гг. прошлого века нами был составлен первый Каталог ледников Казахстанского Алтая с характеристикой их состояния на начало второй половины столетия (1950...1955 гг.). По данным этого Каталога, на территории рассматриваемых бассейнов насчитывалось 323 ледника с чистой площадью (без конечных морен стадии фернау) 71,4 км<sup>2</sup> и объемом льда 2,41 км<sup>3</sup>.

Для оценки состояния оледенения района в начале 21 в. использовались космические снимки Landsat 2011 г. К этому году произошло уменьшение количества мелких ледников с площадями порядка 0,1 км<sup>2</sup>, особенно заметное на крайних западных участках хребтов, несущих оледенение. Так, в Курчумском хребте полностью растаяли 39 ледников (87 % от их числа в 1955 г.), а в Ивановском хребте (бассейны рек Ульба, Уба и Тургусун) – 33 ледника (92 % (!) от 1955 г.). Всего же по району в целом растаяли 207 ледников (64 % от 1955 г.) общей площадью более 34 км<sup>2</sup>.

Ныне современное оледенение Казахстанского Алтая, по сравнению с другими ледниковыми районами страны, отличается однообразием морфологических типов ледников, с явным преобладанием ледников склонов – каровых и висячих. Многие из них представлены миниатюрными ледяными образованиями с площадью 0,03...0,04 км<sup>2</sup>. Такие леднички М.В. Тронов [11] называл «остаточными оледенелыми скоплениями в каррах», представляющими последнюю степень угасания ледников. Они занимают небольшие участки каров, наиболее благоприятные для их сохранения. Понятно, что эти леднички уже тогда, 60 лет назад, являлись бесспорными кандидатами на их скорое стаивание.

На долю ледников долинного типа приходится 3/4 площади льда. К типичным долинным относятся самые крупные ледники района – Большой и Малый Берельские (№ 122 и № 116 по Каталогу) в истоках реки Белой Берели, имевшие в 1955 г. площадь, соответственно, 9,5 и 6,8 км<sup>2</sup>, а также ледники Большой и Малый Бухтарминские (№ 101 и № 100) в верховьях р. Бухтармы. К 2011 г. первенство по размеру площади перешло к Малому Берельскому леднику (4,932 км<sup>2</sup>) (рис. 1), так как Большой Берельский распался на четыре самостоятельных ледника.

Сводные данные об изменении размеров оледенения в Казахстанском Алтае за 60 лет представлены в табл. 1. Данные табл. 1 показывают, что за этот период численность ледников в Казахстанском Алтае сократилась на 64 %, их площадь на 52 %, а объем льда на 53 %.

Величина среднего годового баланса массы ледников, рассчитанная по изменению их объемов и площадей, оказалась равной -36 г/см<sup>2</sup>, иными словами, алтайские ледники за 60 лет со всей своей площади безвозвратно потеряли слой льда толщиной около 22 метров.

Таким образом, тенденция дегляциации Алтая, проявившаяся еще с середины 19 в., устойчиво сохраняется и в настоящее время, что четко отражается в уменьшении числа, площади и объема ледников. Почти 1/3 еще сохранившихся ледников имеет такие малые размеры, что дальнейшая

их деградация в ближайшие десятилетия приведет к полному их стаиванию, кроме 3-4-х наиболее крупных долинных ледников.



Рис. 1. Долинный ледник Малый Берельский.

Таблица 1

Сокращение числа ледников (К), их площади (F, км<sup>2</sup>) и объема (V, км<sup>3</sup>) в Казахском Алтае за 1955...2015 гг.

1955 г.			2015 г.			1955...2015 гг.		
К	F	V	К	F	V	К	F	V
<b>Бассейн р. Кабы</b>								
82	11,1	0,15	28	3,6	0,04	-54	-7,5	-0,11
<b>Бассейн р. Курчум</b>								
45	2,9	0,03	6	0,4	0,002	-39	-2,5	-0,02
<b>Бассейн р. Сарымсақты</b>								
49	5,4	0,07	8	1,2	0,02	-41	-4,2	-0,05
<b>Верховья Бухтармы</b>								
74	23,3	0,65	44	12,9	0,29	-30	-10,4	-0,36
<b>Бассейн р. Белая Берель</b>								
37	26,4	1,49	27	18,87	0,7627	-10	-7,53	-0,76
<b>Бассейн р. Тургусун</b>								
7	0,4	0,003	1	0,06	0,0005	-6	-0,34	-0,002
<b>Бассейн р. Ульбы</b>								
15	0,8	0,006	1	0,10	0,0009	-14	-0,70	-0,006
<b>Бассейн р. Убы</b>								
14	1,1	0,01	1	0,09	0,0008	-13	-1,01	-0,010
<b>Итого</b>								
323	71,4	2,41	116	37,21	1,12	-207	-34,19	-1,27

При интенсивном отступании ледников происходит формирование свежих конечно-моренных комплексов с серией небольших валов, образование залежей погребенных льдов с последующим их таянием и разрушением, что нередко вызывает возникновение грязекаменных потоков местного значения. Однако они не представляют серьезной угрозы из-за слабых уклонов ледниковых долин, хотя в некоторых случаях они могут распространяться на несколько километров вниз по долинам.

**Хребет Саур (Сауыр)** с горной группой Музтау протягивается в широтном направлении на 140 км. Протяженность хребта, несущего оледенение, – около 30 км, между 85°18' и 85°42' в.д. Высшая точка – гора Музтау, имеет отметку 3816 м и находится в пределах КНР (на китайских картах – 3835 м). На северном макросклоне хребта на территории РК ледники залегают в верховьях истоков р. Кендирлык и р. Улькен-Уласты, пограничной между РК и КНР. Они относятся к бассейну оз. Зайсан и р. Черный Иртыш (Кара Ертыс).

В середине 60-х гг. 20 в. по материалам АФС были составлены карта оледенения в М 1:100 000 и Каталог ледников Саура (в границах Казахстана) с характеристикой их состояния на 1962 г. Тогда на Сауре имелось 18 ледников с «чистой» площадью 14,8 км<sup>2</sup>.

При подготовке этого материала использовались космоснимки Landsat за 15 августа 2013 г. Экспертное дешифрирование этих снимков показало, что к этому году растаял ледник № 18 – Кичкине-Куртка площадью 0,1 км<sup>2</sup> на крайнем западном фланге хребта, а за счет распада образовались четыре «новых» ледника. Таким образом, в 2013 г. на Сауре был учтен 21 ледник с площадью 11,10 км<sup>2</sup> и объемом 0,33 км<sup>3</sup>.

По оценкам, основанным на применении формулы сложных процентов, в 2015 г. площадь оледенения Саура составила 10,99 км<sup>2</sup>, а его объем – 0,33 км<sup>3</sup>. Изменение размеров оледенения Саура за 53 года показано в табл. 2.

Таблица 2  
Изменение числа ледников (К), их площади (F, км<sup>2</sup>) и объема (V, км<sup>3</sup>) на хребте Саур за 1962...2015 гг.

1962 г.			2015 г.			1962...2015 гг.		
К	F	V	К	F	V	К	F	V
18	14,8	0,47	21	10,99	0,33	+3	-3,81	-0,14

Приведенные выше оценки современного состояния ледников Саура свидетельствуют о сокращении размеров оледенения, характерном и для других ледниковых районов Центральной Азии. Эти оценки говорят об относительной устойчивости оледенения Саура, обусловленной высокой годовой аккумуляцией (800...1000 мм), летними снегопадами, боль-



шой отражательной способностью деятельной поверхности ледников, коротким периодом абляции и сравнительно низкими температурами воздуха в летний период. Поэтому скорое исчезновение, во всяком случае, в ближайшие десятилетия, здешним ледникам не грозит.

*Джунгарский (Жетысу) Алатау* – самый «оледенелый» хребет страны. Первый Каталог ледников, отражающий их состояние в 1956 г., был опубликован в четырех выпусках: 1) Бассейны рек Тентек и Ргайты на востоке северного склона хребта, условно – Восток; 2) Бассейны рек Биен, Аксу и Лепсы на северном склоне хребта – Север; 3) Бассейн р. Каратал в западной части хребта – Запад и 4) Бассейны рек Хоргос и Усек на южном макросклоне хребта – Юг.

Сопоставление данных этих Каталогов, материалов АФС 1990 г., космоснимков 2000 и 2004 гг. и оценки состояния ледников в 2015 г. показало существенное сокращение площади оледенения региона (табл. 3).

Как видим, максимум абсолютной величины сокращения площади льда имеет место в Северной Джунгарии, обладавшей в середине прошлого века (1956 г.) наибольшими размерами оледенения. Однако относительное сокращение площади ледников этого района, имеющих в основном северную ориентацию и залегающих на высотах 4200...4600 м, характеризуется минимальным значением. Наибольшие относительные потери площади (48,2 %) понесли ледники, расположенные на южном макросклоне Южного Центрального хребта и хребта Беджинтау.

Таблица 3

Изменение площади ледников Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Район	1956 г.	1990 г.	2000 г.	2015 г.	1956...2015 гг.	
					км <sup>2</sup>	%
Восток	95,5	72,0	59,6	52,2	-43,3	-45,3
Север	304,1	222,1	200,7	182,5	-121,6	-40,0
Запад	215,0	159,273	131,925	115,0	-100,0	-46,5
Юг	226,4	158,607	135,751	117,2	-109,2	-48,2
Всего	841,0	611,986	528,010	466,9	-374,1	-44,5

Ныне, как и в середине прошлого века, крупнейшим по площади в регионе остается ледник Берга (№ 214 по Каталогу) – 10,5 км<sup>2</sup>. К крупным долинным относятся ледники Безсонова (№ 275) и Калесника (№ 202) с площадями >10 км<sup>2</sup>, а также ледник Абая (№ 166) – 8 км<sup>2</sup> (рис. 2). Все они лежат в верховьях р. Лепсы.

Изменение (сокращение) ледниковой площади в границах Казахстанской Джунгарии за 59-летний период (1956...2015 гг.) иллюстрирует рис. 3. На рис. 3 видим, что сокращение ледниковой площади в Джунгарс-

ком Алатау происходило практически по линейному закону. Площадь оледенения ледниковой системы горной Джунгарии за 59 лет (1956...2015 гг.) сократилась на 374 км<sup>2</sup>, с 841 до 467 км<sup>2</sup> (по 6,34 км<sup>2</sup>/год), или на 44,5 %, по 0,75 %/год.

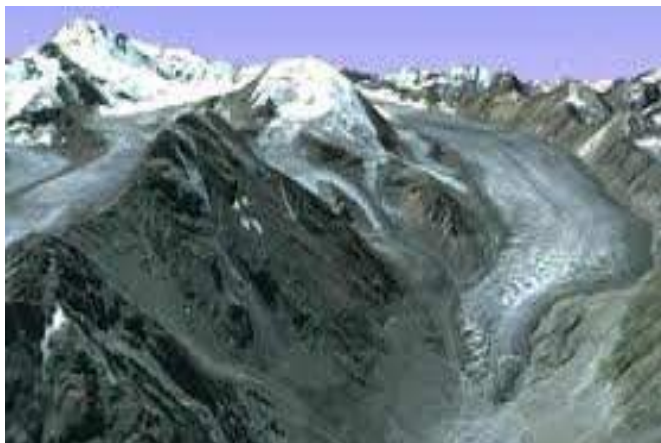


Рис. 2. Ледник Абая.

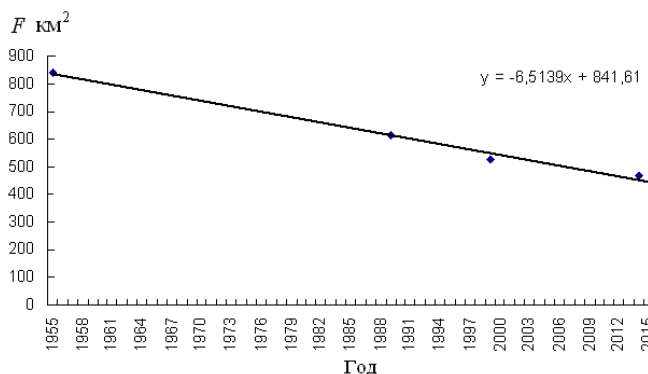


Рис. 3. Динамика сокращения площади ледников Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Оценки изменения состояния оледенения горной Джунгарии за 59 лет (1956...2015 гг.) представлены в табл. 4.

Как видим, за это время число ледников сократилось на 462 единицы, т.е. на 32,7 %. Объем льда уменьшился на 15,46 км<sup>3</sup>, с 33,31 до 17,85 км<sup>3</sup>, т.е. на 46,4 %, по 0,79 %/год. Максимальные абсолютные потери объема льда отмечены у ледников Северной Джунгарии (почти 5,4 км<sup>3</sup>).

Средняя за 59 лет величина баланса массы оледенения изменяется от -34 г/см в Северной Джунгарии до -39 г/см (из-за стаивания половины ледников) в Восточной Джунгарии, составив в целом по казахстанской её части -36 г/см<sup>2</sup>. Иначе говоря, общая безвозвратная потеря массы со всей площади ледников за это время составила более 21 м в слое воды.

Таблица 4

Изменение основных морфометрических показателей оледенения  
Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Район	1956 г.			2015 г.		
	К	F	V	К	F	V
Восток	208	95,5	3,93	74	52,2	2,02
Север	348	304,1	12,45	294	182,5	7,08
Запад	382	215,0	8,55	250	115,0	4,56
Юг	474	226,4	8,37	332	117,2	4,18
Итого	1412	841,0	33,30	950	466,9	17,84

Эти значения совершенно определенно указывают на устойчиво сохраняющуюся длительное время общую тенденцию в преобладании отрицательного баланса массы Джунгарских ледников и их деградации в течение всего исследуемого периода. В условиях нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду и потепления климата высокогорья юго-восточного Казахстана процесс дегляциации будет продолжаться и далее. Эта тенденция ныне является доминирующей, и пока нет оснований полагать, что она изменится к лучшему (для состояния ледников).

**Бассейны рек Чарын и Текес** расположены к югу от горной Джунгарии, за долиной р. Или и хребтом Кетмень (Узынкара). Современное оледенение в этих бассейнах располагается между  $79^{\circ}13'$  и  $80^{\circ}13'$  в.д. и  $42^{\circ}41'$  и  $40^{\circ}17'$  с.ш. (на юго-востоке Алматинской области) на северных склонах хребтов Терской-Алатау и Сарыджаз и на западных склонах Меридионального хребта, входящих в горную систему Центрального Тянь-Шаня.

Первое обследование ледников района провел украинский академик В.В. Резниченко 100 лет назад, в 1915 г. [9]. Он не учел тогда многие мелкие ледники и выявил здесь лишь 74 ледника с площадью  $116 \text{ км}^2$ .

В конце 60-х гг. прошлого века автором на основе аэрофотосъемки 1956 г. был составлен первый Каталог ледников бассейнов Чарына и Текеса. Тогда здесь было учтено 184 ледника с площадью чистого льда  $143,9 \text{ км}^2$  и объемом льда  $6,36 \text{ км}^3$ . Наиболее крупными по размерам являлись три ледника, залегающие в верховьях р. Баянкол: сложные долинные ледники Симонова (№ 89) и Мраморной стены (№ 94) и долинный ледник Баянкол (№ 91) общей площадью около  $50 \text{ км}^2$ . Крупнейшим среди них являлся ледник Мраморной стены (рис. 4), длина которого равнялась 7,3 км, а площадь –  $22,4 \text{ км}^2$ . Средняя абсолютная высота участка хребта Сарыджаз, с которого начинаются эти ледники, достигает 5700 м.

Вторая каталогизация ледников обоих бассейнов была проведена по материалам аэрофотосъемки залета 1990 г. (тогда здесь было зафиксировано

159 ледников общей площадью 116,0 км<sup>2</sup>), а третья – была осуществлена В.И. Морозовой с использованием космических снимков Landsat 2006 г.



*Рис. 4. Царство снега и льда. Верховья ледника Мраморной стены на склонах одноименной вершины (6400 м).*

Наконец, последний Каталог ледников района по их состоянию в 2013 г. был составлен З.С. Усмановой [12]. Тогда здесь оставалось 144 ледника с площадью 100,1 км<sup>2</sup>. Для оценки состояния оледенения бассейнов Чарына и Текеса в 2015 г., как и для других горно-ледниковых районов страны, использованы расчеты по формулам сложных процентов. В 2015 г. здесь сохранились 144 ледника с площадью 99,1 км<sup>2</sup> и объемом 4,83 км<sup>3</sup>. Таким образом, за 59 лет (1956...2015 гг.), число ледников в районе сократилось на 40 единиц (на 22 %), их площадь – на 44,8 км<sup>2</sup> (на 31 %, по 0,53 %/год), а объем – на 1,53 км<sup>3</sup> (на 24 %, по 0,41 %/год).

Средняя годовая величина баланса массы льда оказалась равной 20 г/см. Таким образом, невозобновимые потери вещества за 59 лет составили 12 м водного эквивалента со всей поверхности ледников.

Среди всех ледниковых районов Казахстана потери площади и массы льда в бассейне Текеса оказались наименьшими, что однозначно обуславливается самым высоким гипсометрическим уровнем, на котором залегают здесь ледники (до 5000...6000 м).

***Бассейны левых притоков р. Или (Иле) – северный склон Заилийского (Иле) Алатау.*** Первые достаточно достоверные сведения о размерах оледенения северного склона Заилийского Алатау в середине 40-х гг. приведены в монографии Н.Н. Пальгова [8]. По его данным, тогда здесь насчитывалось 194 ледника с общей площадью 297 км<sup>2</sup>.

Первоначальной же «точкой отсчета» слежения за состоянием ледниковой системы северного склона Заилийского (Иле) Алатау послужил

1955 г., когда здесь впервые была проведена аэрофотосъемка, охватившая весь макросклон хребта. Ее материалы легли в основу составленного нами, совместно с Р.В. Хониным, Каталога ледников бассейнов левых притоков р. Или, а так же карты оледенения хребта в масштабе 1:100 000.

В 1979 и 1990 гг. были составлены 2-й и 3-й Каталоги по данным АФС, покрывшей территорию гляциальной зоны хребта. По их материалам была создана новая карта оледенения хребта в масштабе 1:25 000. Точность определения площадей увеличилась на порядок и составила 0,01 км<sup>2</sup>, а ошибка их измерений не превышала 2...3 %. Результаты этих определений обобщены в работах [2, 4].

Четвертый по счету Каталог ледников района по их состоянию на 2008-й год составлен по данным космических снимков Ikonos, ALOS, IRS и Landsat в двух вариантах – А.Л. Кокаревым [7] и, параллельно и независимо, автором. Расчеты параметров ледников производилось в ГИС программе MapInfo. Сразу же отметим, что определения площади льда по обоим вариантам дали весьма близкие результаты: у А.Л. Кокарева 171,96 км<sup>2</sup>, у автора – 171,48 км<sup>2</sup>. Имеющиеся данные за четыре «реперных» года (1955, 1979, 1990 и 2008 гг.) позволяют выявить изменения основных показателей оледенения, получить объективную количественную информацию о темпах и интенсивности этих изменений для суждения о направленности процессов массообмена ледниковой системы за 53 года.

Как и в других ледниковых районах, изменение количества ледников происходило за счет: их полного стаивания, распада крупных ледников на более мелкие и отчленения притоков. За эти годы в сумме преобладали второй и третий процессы, что привело к увеличению числа ледников на 76 единиц – от 307 до 383.

Сопоставление данных Каталогов ледников за четыре временных среза показывает весьма заметное сокращение площади оледенения района (табл. 5).

Таблица 5

Изменение площади оледенения (км<sup>2</sup>) по частным бассейнам северного макросклона Заилийского Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008	в %
Узункаргалы	12,9	10,31	9,17	7,64	-5,26	-40,8
Чемолган	2,6	2,24	1,54	1,06	-1,54	-59,2
Каскелен	13,5	12,86	10,67	8,13	-5,37	-39,8
Аксай	13,5	12,49	10,64	8,64	-4,86	-36,0
Каргалинка	3,9	2,89	2,44	1,98	-1,92	-49,2

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008	в %
Б. Алматинка	33,9	25,25	21,94	18,08	-15,82	-46,7
М. Алматинка	9,3	8,12	6,35	5,62	-3,68	-39,6
Талгар	112,5	89,24	79,70	67,81	-44,69	-39,7
Иссык	49,5	36,77	34,76	30,58	-18,92	-38,2
Тургень	35,7	28,88	26,34	21,93	-13,77	-38,6
<b>Итого</b>	<b>287,3</b>	<b>229,05</b>	<b>203,55</b>	<b>171,47</b>	<b>-115,83</b>	<b>-40,3</b>

Наибольшему сокращению подверглось мелкое дисперсное, рас-средоточенное на большой территории оледенение бассейнов Чемолгана, Каргалинки и Большой Алматинки. Менее значительны потери площади льда у ледников бассейнов Аксая, Иссыка и Тургени, часто залегающих в глубоких и затененных «закоулках» рельефа. Увеличение численности ледников к 2008 г. способствовало увеличению дробности оледенения, показателем которой служит средняя площадь ледника в системе, которая сократилась на  $0,55 \text{ км}^2$ , с  $0,94$  до  $0,39 \text{ км}^2$ .

Представляет также интерес изменение размеров самых крупных ледников макросклона хребта. В 1955 г. первую пятерку самых больших по площади составляли ледники Дмитриева (№ 134) –  $17,0 \text{ км}^2$ , Шокальского (№ 167) –  $10,8 \text{ км}^2$  (рис. 5), Горного института (№ 234) –  $9,4 \text{ км}^2$ , Григорьева –  $8,5 \text{ км}^2$  и Пальгова –  $7,1 \text{ км}^2$ . В процессе деградации ледники Горного института и Григорьева разделились на 3 ледника, ледник Дмитриева – на 4 (к 2012 г. он распался уже на 6 отдельных ледников, а ледник Шокальского – на 7 ледников. В результате в 2008 г. самым крупным по площади остался ледник Дмитриева, точнее, его левая ветвь –  $5,66 \text{ км}^2$ , за ним следуют ледники Кассина –  $4,90 \text{ км}^2$ , Пальгова –  $4,71 \text{ км}^2$  и Горного института –  $4,20 \text{ км}^2$ .

Здесь уместно напомнить, что ледник Туюксу (рис. 6), залегающий в верховьях р. Малой Алматинки и на протяжении многих десятков лет служащий природной лабораторией казахстанских гляциологов, является самым изученным горным ледником в мире.

За 53 года площадь оледенения северного макросклона хребта сократилась на  $115,83 \text{ км}^2$ , с  $287,30$  до  $171,47 \text{ км}^2$ , т.е. на  $40,3 \%$ . Средняя скорость сокращения площади ледников за весь период составила  $2,18 \text{ км}^2/\text{год}$ , или по  $0,76 \%$ /год.

По всем частным бассейнам хребта для всех четырех реперных лет были получены величины объемов ледников, рассчитанные по известной формуле Н.В. Ерасова [5], представленные в табл. 6.



*Рис. 5. Ледник Шокальского в бассейне р. Средний Талгар.*



*Рис. 6. Долинный ледник Туюксу (в центре).*

Таблица 6

Изменение объема ледников (км<sup>3</sup>) по бассейнам рек на северном склоне  
Заилийского Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Узункаргалы	0,386	0,307	0,278	0,170	-0,215
Чемолган	0,040	0,047	0,032	0,011	-0,028
Каскелен	0,522	0,555	0,505	0,290	-0,232

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Аксай	0,4222	0,455	0,4029	0,2135	-0,2087
Каргалинка	0,1011	0,102	0,0863	0,0427	-0,0584
Б. Алматинка	1,1122	0,781	0,6835	0,3889	-0,7233
М. Алматинка	0,3172	0,280	0,2234	0,1743	-0,1429
Талгар	4,6694	3,580	3,1100	2,3543	-2,3151
Иссык	2,1012	1,449	1,3505	1,1875	-0,9137
Тургень	1,3152	1,273	1,1429	0,7148	-0,6004
<b>Всего</b>	<b>10,9857</b>	<b>8,829</b>	<b>7,8141</b>	<b>5,5481</b>	<b>-5,4376</b>

За весь период ледники района потеряли 49,5 % от своего объема в 1955 г., по 0,93 %/год.

По рассчитанным потерям объема льда, отнесенным к средней площади оледенения, были оценены величина и знак баланса массы ледниковой системы за 53 года. Среднее годовое значение баланса массы оледенения за этот период оказалось равным – 40,2 г/см<sup>2</sup>. Иначе говоря, общая безвозвратная потеря массы со всей площади ледников за это время составила около 22 м в слое воды.

Июль 2015 г. в рассматриваемом районе оказался самым теплым за весь период метеонаблюдений (с 1879 г.). Средняя месячная температура в Алматы составила 27,2 °С, а максимальная – 37,1 °С. На высоте 3800 м средняя температура июля равнялась +5 °С, а максимальная +15 °С. Именно к 2015 г. в бассейнах района растаяли около шести десятков мелких ледников с площадью 0,05 км<sup>2</sup> и менее, и число ледников здесь к этому году уменьшилось до 318. Согласно расчетам по формуле сложных процентов, ныне эти ледники имеют площадь 162,5 км<sup>2</sup> и объем почти 5,2 км<sup>3</sup>.

Представленные здесь материалы о состоянии ледников за четыре временных среза объективно отражают пространственно-временные изменения в сокращении площади и объема оледенения северного склона Заилийского Алатау. Эти материалы однозначно указывают на устойчиво сохраняющуюся общую тенденцию в преобладании отрицательного баланса массы ледников и их деградации в течение 60 лет.

Бассейн р. Чилик лежит между хребтами Заилийский и Кунгей Алатау. В 50-х гг. прошлого века Н.Н. Пальгов [8] по материалам топокарт и глазомерных съемок достаточно точно оценил площадь оледенения Чилика в 300 км<sup>2</sup>, из которых 141 км<sup>2</sup> приходился на южный склон Заилийского Алатау.

Позднее автором с использованием крупномасштабных карт и материалов АФС были составлены три Каталога ледников бассейна Чилика, от-



ражающих состояние оледенения в 1955, 1979 и 1990 гг. Кроме того, было проведено дешифрирование космоснимков Landsat, отражающих состояние оледенения бассейна в 2005 г. В 1955 г. в бассейне было учтено 257 ледников с площадью 286,96 км<sup>2</sup> и объемом 16,02 км<sup>3</sup>. При этом на южном склоне Заилийского Алатау насчитывалось 87 ледников с площадью 136,38 км<sup>2</sup> и объемом 8,71 км<sup>3</sup>, на северном склоне Кунгей Алатау было 169 ледников с площадью 133,28 км<sup>2</sup> и объемом 5,84 км<sup>3</sup>. На Чилико-Кеминской перемычке находился один ледник – Жангырык с площадью 17,3 км<sup>2</sup>.

В бассейне Чилика залегают крупнейший в Казахстане сложный долинный ледник Корженевского (№ 38) длиной 11,5 км и площадью 37,5 км<sup>2</sup> (рис. 7), котловинные ледники Богатырь (№ 55), Жангырык (№ 74), Новый (№ 85), долинный ледник Южный Жангырык (№ 77) и др.



*Рис. 7. Ледник Корженевского из космоса. Снимок 2005 г.*

С 1955 по 2005 гг. в бассейне Чилика растаяли 72 ледника с суммарной площадью 5,23 км<sup>2</sup>. За это же время здесь распались 58 ледников, за счет чего за 50 лет число ледников увеличилось на 14 единиц – с 257 до 271.

Площадь оледенения здесь за те же 50 лет сократилась с 286,96 до 207,47 км<sup>2</sup>, т.е. почти на 80 км<sup>2</sup>, по 1,59 км<sup>2</sup>/год. Величина относительной потери площади льда составила 27,7 %, по 0,55 %/год. Средние размеры ледника были равны 1,12 км<sup>2</sup> в 1955 г., 1,03 км<sup>2</sup> в 1979 г., 0,85 км<sup>2</sup> в 1990 г. и 0,77 км<sup>2</sup> в 2005 г. И в 2005 г. ледник Корженевского, хотя и потерял более 3 км<sup>2</sup> своей площади, по-прежнему оставался самым крупным в стране с длиной 10,3 км и площадью 34,26 км<sup>2</sup>.

Объем ледников в бассейне за 50 лет сократился на 4,59 км<sup>3</sup> при относительной убыли массы льда в 28,6 %, по 0,57 % год.

Сводные данные по изменению основных характеристик оледенения (количество ледников и их площади) в бассейне Чилика за 50 лет приведены в табл. 7.

Таблица 7

Изменение числа ледников (К) и их площади (F, км<sup>2</sup>) в бассейне р. Чилик за 1955...2005 гг.

1955 г.		1979 г.		1990 г.		2005 г.		1955...2005 гг.	
К	F	К	F	К	F	К	F	К	F
<b>Южный склон Заилийского Алатау</b>									
8	153,68	82	136,71	104	130,56	109	122,97	+21	-30,71
<b>Северный склон Кунгей Алатау</b>									
169	133,28	155	107,73	162	94,55	162	84,50	-7	-48,78
<b>Бассейн р. Чилик в целом</b>									
257	286,96	237	244,44	266	225,11	271	207,47	+14	-79,49

Что касается баланса массы ледников, то его величина, рассчитанная по разности объемов льда в 1955 и 2005 гг., отнесенной к средней площади льда за этот период, оказалась равной  $-26 \text{ г/см}^2$  для южного склона Заилийского Алатау,  $-43 \text{ г/см}^2$  – для северного склона Кунгей Алатау и  $-33 \text{ г/см}^2$  – для бассейна р. Чилик в целом. Иначе говоря, безвозвратные потери льда в бассейне за 50 лет составили около 17 м в слое воды со всей поверхности ледников.

И после 2005 г. обусловленное потеплением климата сокращение размеров оледенения в бассейне Чилика продолжалось с не меньшей интенсивностью. Как показали рекогносцировочные облеты на вертолете гляциальной зоны района в августе 2013 г., в которых принимал участие автор, деградация оледенения здесь не вызывает сомнений. Некоторые ледники отступают настолько быстро, что даже не успевают сформировать выраженного в рельефе конечно-моренного вала.

Для оценки реального состояния ледников на современном этапе их эволюции, в 2015 г., использовались выявленные тенденции в изменении размеров оледенения на обоих хребтах и по бассейну в целом за 1955...2005 гг. За эти 10 лет (2005...2015 гг.) должны были бы растаять около полусотни ледников с площадями менее  $0,05 \text{ км}^2$ , т.е. в 2015 г. в бассейне в «живых» должны остаться 220 ледников. Расчеты по формулам сложных процентов, а также по уравнениям линий трендов показали, что в 2015 г. площадь оледенения на южном склоне Заилийского Алатау составила  $117 \text{ км}^2$ , на северном склоне Кунгей Алатау –  $75 \text{ км}^2$  и по бассейну Чилика –  $192 \text{ км}^2$ . Объем льда по бассейну в целом в 2015 г. был определен в  $10,8 \text{ км}^3$ . Оледенение бассейна Чилика, особенно на северном склоне Кунгей Алатау, продолжает свое существование в условиях заметной дезинтеграции и деградации.

*Бассейны рек Мерке и Аспара* – единственный участок Киргизского хребта в пределах Казахстана. Ледники этих бассейнов мало известны и почти не упоминаются в научной литературе. Лишь в 1962 г. экспедиция ЛГПИ им. Герцена под руководством Е.В. Максимова провела рекогносцировочное обследование ледников района. Результаты этого обследования, а также отдешифрованные АФС залета 1955 г. легли в основу составленного Е.В. Максимовым и В.Я. Бажевой Каталога ледников района. Повторная инвентаризация ледников здесь проведена лишь в 2013 г.

В 1955 г. в описываемом районе имелось 20 ледников общей площадью 8,9 км<sup>2</sup> и объемом 0,26 км<sup>3</sup>. При этом более 1/3 этой площади (3,2 км<sup>2</sup>) приходилось на самый крупный долинный асимметричный ледник под названием Казахстан (№ 19 по Каталогу) (рис. 8). Для района в целом свойственны малые формы оледенения, прежде всего различные варианты каровых ледников. Из 20 ледников 17, так или иначе, связаны с карами.

Для оценки современного состояния ледников в этих бассейнах использовались космические снимки Landsat за 27 августа 2013 г., заимствованные с сайта «Google Earth», дешифрирование которых позволило установить количество ледников, определить их контуры и подсчитать их площадь и объем.



Рис. 8. Асимметричный долинный ледник Казахстан в верховьях р. Мерке.

В результате было установлено, что к 2013 г. здесь растаяли три ледника (все в верховьях Аспары), а один ледник распался на два. Таким образом, ныне в этих бассейнах сохранились 18 ледников общей площадью 4,16 км<sup>2</sup> и объемом 0,09 км<sup>3</sup>. Площадь самого крупного в бассейне р. Мерке ледника № 19 – Казахстан сократилась в два раза, с 3,2 до 1,6 км<sup>2</sup>. Также почти вдвое уменьшилась средняя площадь ледников в обоих бассейнах, с 0,41 до 0,23 км<sup>2</sup>.

Согласно расчетам по формулам сложных процентов, в 2015 г. площадь оледенения в районе сократилась до  $4,09 \text{ км}^2$ , а его объем - до  $0,088 \text{ км}^3$ . Следовательно, за весь исследуемый период (1955...2015 гг.) площадь оледенения здесь уменьшилась на  $4,81 \text{ км}^2$  с  $8,90$  до  $4,09 \text{ км}^2$ , по  $0,08 \text{ км}^2/\text{год}$ , т.е. на  $54 \%$  или по  $0,90 \%$ /год. Более значительными темпами сокращался объем льда, который уменьшился на  $0,17 \text{ км}^3$ , с  $0,26$  до  $0,09 \text{ км}^3$ , т.е. по  $0,003 \text{ км}^3/\text{год}$  или по  $1,09 \%$ /год.

Величина среднего годового баланса массы льда за весь период оказалась равной  $-39 \text{ г/см}^2$ , т.е. безвозвратная потеря ледниковой массы составила около  $23 \text{ м}$  в слое воды. Ледники бассейнов Мерке и Аспары продолжают свое существование в режиме интенсивной деградации.

**Бассейн р. Ассы.** Большая его часть располагается на территории Кыргызской Республики. В пределах Казахстана находится крайний западный участок этого бассейна, куда входят верховья рек Аксай и Коксай – правых притоков р. Ассы. Их территория лежит на северном склоне хребта Таласский Алатау (Западный Тянь-Шань).

Оледенение названных бассейнов среди всех горно-ледниковых районов Казахстана отличается наименьшей гляциологической изученностью. Об этом, в частности, свидетельствует тот факт, что в Каталоге ледников бассейна р. Ассы, составленном сотрудниками УГМС Кыргызской ССР по материалам АФС 1957 г., в графах Таблицы, содержащей сведения о ледниках, вместо конкретных величин стоят знаки вопроса. По данным этого Каталога, в 1957 г. в казахстанской части бассейна р. Ассы было зафиксировано 20 ледников общей площадью, включая погребенные льды,  $4,6 \text{ км}^2$ .

В конце 1960-х гг. при дешифрировании тех же АФС залета 1957 г. были несколько уточнены размеры оледенения района. По уточненным данным, в этом году в бассейнах Аксая и Коксая имелось 29 ледников с площадью открытого льда  $5,4 \text{ км}^2$  и объемом льда  $0,09 \text{ км}^3$ . Средняя площадь ледника равнялась  $0,19 \text{ км}^2$ .

Для суждения о нынешнем состоянии оледенения в этом бассейне, как и для бассейнов Мерке и Аспары, использованы космоснимки Landsat за 15 августа 2013 г. В результате выяснилось, что к 2013 г. здесь растаяли 13 малых ледников площадью  $0,5 \text{ км}^2$ , а за счет распада образовались шесть «новых» ледников. Таким образом, ныне здесь осталось 22 ледника площадью  $2,65 \text{ км}^2$  и объемом льда  $0,03 \text{ км}^3$ . Судя по результатам расчетов по формулам сложных процентов, в 2015 г. в обоих бассейнах площадь оледенения составила  $2,60 \text{ км}^2$ , а объем –  $0,03 \text{ км}^3$ .

Итак, за 58 лет (1957...2015 гг.) количество ледников в бассейнах Аксая и Коксая в результате стайвания мелких ледников (площадью  $0,1 \text{ км}^2$  и

менее) уменьшилось с 29 до 22. Площадь льда сократилась с 5,4 до 2,60 км<sup>2</sup>, т.е. на 2,8 км<sup>2</sup>, по 0,048 км<sup>2</sup>/год. Относительная величина сокращения площади за весь период составила 52 %, по 089 %/год. Средняя площадь ледника уменьшилась на 1/3 – с 0,19 до 0,12 км<sup>2</sup>. Объем льда сокращался более высокими темпами – с 0,09 до 0,03 км<sup>3</sup>, т.е. на 0,06 км<sup>3</sup>, или по 0,001 км<sup>3</sup>/год. Относительное значение убыли объема льда составило 66 %, по 1,14 %/год. Сокращение размеров оледенения района обусловило отрицательный баланс массы, средняя годовая величина которого составила -23 г/см<sup>2</sup>. Со всей своей поверхности ледники потеряли более 13 м в слое воды.

Таким образом, ледники казахстанской части бассейна р. Ассы продолжают деградировать, оставляя при своем отступании свежие моренные отложения, многочисленные участки мертвого льда и пр. В ближайшие десятилетия их ожидает нелегкая судьба.

**Бассейн р. Арысь.** Верховья левых притоков р. Арысь представляют крайний северо-западный район современного оледенения Западного Тянь-Шаня. Это – бассейны рек Жебаглысу, Аксу с притоком р. Жусалы и Бадам, в который впадает р. Сайрам с притоком Балдабрэк. Ледники здесь залегают на северных склонах отрогов Таласского Алатау и северо-западных склонах Угамского хребта.

Первая каталогизация ледников бассейна Арыси проведена автором по материалам АФС 1957 г. Тогда здесь было учтено 156 ледников с площадью (без погребенных льдов) 35,3 км<sup>2</sup> и объемом 0,78 км<sup>3</sup>.

Для оценки современного состояния оледенения бассейна Арыси В.И. Морозовой составлены новая карта и новый Каталог ледников района с использованием космоснимков Landsat 2011 г. В этом году здесь сохранились 139 ледников с «чистой» площадью 22,18 км<sup>2</sup> и объемом 0,42 км<sup>3</sup>. Изменение основных показателей оледенения района по частным бассейнам за 54 года показано в табл. 8.

Таблица 8

Изменение количества (К) и площади (F, км<sup>2</sup>) ледников бассейна р. Арысь за 1957...2011 гг.

Бассейн	1957 г.		2011 г.		1957...2011 гг.	
	К	F	К	F	К	F
Жебаглысу	22	4,70	17	3,35	-5	-1,347
Аксу	80	14,4	60	8,30	-20	-6,104
Балдабрэк	16	4,70	18	2,72	+2	-1,984
Сайрам	38	11,5	44	7,81	+6	-3,689
<b>Итого</b>	<b>156</b>	<b>35,3</b>	<b>139</b>	<b>22,18</b>	<b>-17</b>	<b>-13,12</b>

За 54 года в бассейне растаяли 45 малых ледников, имевших площадь 0,1 км<sup>2</sup> и менее. За то же время за счет распада здесь образовались 28 ледников. Число ледников сократилось на 11 %. Наряду с заметным уменьшением численности ледников не менее интенсивно происходило сокращение их площади. За 54 года площадь ледников сократилась с 35,3 до 22,2 км<sup>2</sup>, т.е. на 13,12 км<sup>2</sup>, по 0,24 км<sup>2</sup>/год. Относительное сокращение площади льда за этот период составило 37,2 %, т.е. по 0,69 %/год. В связи с уменьшением количества и площади ледников средняя площадь ледника сократилась на 1/3 – от 0,23 км<sup>2</sup> в 1957 г. до 0,16 км<sup>2</sup> в 2011 г.

Объем ледников за 54 года уменьшился с 0,78 до 0,42 км<sup>3</sup>, т.е. на 0,36 км<sup>3</sup>, по 0,007 км<sup>3</sup>/год при относительном сокращении объема льда в 47 %, по 0,87 %/год. Более резкое уменьшение объема ледников, по сравнению с их площадью, связано с распадом на четыре части самого крупного в бассейне ледника № 70, имевшего в 1957 г. площадь 3,2 км<sup>2</sup> и объем 0,155 км<sup>3</sup>. Понятно, что годовой баланс ледников за эти годы был отрицательным и составил -21 г/см<sup>2</sup>. Безвозвратная потеря массы льда за это время составила около 11,5 м в слое воды.

К 2015 г. здесь растаяли еще 10 ледников с площадью менее 0,02 км<sup>2</sup> каждый. Таким образом, в 2015 г. оставшиеся 129 ледников имели площадь 21,57 км<sup>2</sup>, а объем – 0,403 км<sup>3</sup>.

**Бассейн р. Майдантал**, правой составляющей р. Пскем, расположен между Таласским Алатау и его юго-западными отрогами – хребтами Угамским и Майданталским системы Западного Тянь-Шаня.

Первый Каталог ледников бассейна Майдантала составлен сотрудниками Узбекского Гидромета по материалам АФС залета 1957 г. Тогда в бассейне насчитывалось 87 ледников площадью (без погребенных под моренами стадии фернау льдов) 49,8 км<sup>2</sup> и объемом 1,60 км<sup>3</sup>. Самым крупным в бассейне в 1957 г. являлся карово-долинный ледник Аютор-2 (№ 172) с площадью 3,9 км<sup>2</sup> и длиной 3,8 км.

Второй Каталог ледников бассейна Майдантала составлен В.И. Морозовой с использованием космоснимков Landsat 2011 г. Согласно ее подсчетам, в 2011 г. в бассейне зафиксировано 119 ледников с 35,88 км<sup>2</sup> и объемом 0,953 км<sup>3</sup>. Таким образом, за прошедшие 54 года (1957...2011 гг.) количество ледников увеличилось на 32 единицы, или на 37 %. При этом здесь полностью растаяли 6 ледников, а за счет распада образовались 38 ледников. Площадь оледенения сократилась на 13,91 км<sup>2</sup>, или на 28 %, а объем льда – на 0,642 км<sup>3</sup>, на 40 %. Изменение основных характеристик оледенения за этот период по частным бассейнам района представлено в табл. 9.

Таблица 9

Изменение числа (К), площади (F, км<sup>2</sup>) и объема (V, км<sup>3</sup>) ледников в бассейне р. Майдантал за 1957...2011 гг.

Бассейн	1957 г.			2011 г.			1957...2011 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Атжайлау-Карабулак	20	7,75	0,194	21	5,69	0,140	+1	-2,06	-0,054
Чотан (Шынгыз)	12	13,90	0,538	20	10,59	0,330	+8	-3,31	-0,208
Ашутор	8	4,25	0,122	11	2,46	0,060	+3	-1,79	-0,062
Корумтор	9	3,60	0,066	14	2,19	0,029	+5	-1,41	-0,037
Аютор	18	14,70	0,584	29	11,39	0,344	+11	-3,31	-0,240
Койназарсай	20	5,60	0,091	24	3,57	0,050	+4	-2,03	-0,042
<b>Итого</b>	<b>87</b>	<b>49,80</b>	<b>1,595</b>	<b>119</b>	<b>35,89</b>	<b>0,953</b>	<b>+32</b>	<b>-13,91</b>	<b>-0,642</b>

Площадь ледников сокращалась со средней скоростью 0,26 км<sup>2</sup>/год, или по 0,52 %/год, а их объем – по 0,012 км<sup>3</sup>/год или по 0,74 %/год. Первенство по размерам от ледника № 172 перешло к долинному леднику № 142 (бассейн р. Чотан) с площадью в 2011 г. 3,19 км<sup>2</sup>. Средняя же площадь ледника за 54 года сократилась почти вдвое – с 0,57 до 0,30 км<sup>2</sup>. Средний годовой баланс массы за весь период составил -25 г/см<sup>2</sup>, а безвозвратные потери вещества – 13,5 м в слое воды.

Рассчитанные по формулам сложных процентов величины площади и объема 116 ледников, сохранившихся в бассейне Майдантала в 2015 г. составили 35,14 км<sup>2</sup> и 0,925 км<sup>3</sup> соответственно.

**Итоги мониторинга оледенения Казахстана за 60 лет.** Сводные данные по изменению основных показателей оледенения во всех горноледниковых районах страны, от Казахстанского Алтая на северо-востоке до Западного Тянь-Шаня на юго-западе, с оценкой состояния ледников в 2015 г. представлены в табл. 10.

Таблица 10

Динамика оледенения гор Казахстана с середины 20 в. до 2015 г.

Район	1955...1957 гг.			2015 г.			1955...2015 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Алтай	323	71,4	2,406	116	37,2	1,120	-207	-34,2	-1,286
Саур	18	14,8	0,470	21	11,0	0,327	+3	-3,8	-0,143
ДА* восток	208	95,5	3,929	74	52,2	2,024	-134	-43,3	-1,905
ДА север	348	304,1	12,454	294	182,5	7,082	-54	-121,6	-5,372
ДА запад	382	215,0	8,554	250	115,0	4,564	-132	-100,0	-3,990
ДА юг	474	226,4	8,3688	332	117,2	4,180	-142	-109,2	-4,189

Район	1955...1957 гг.			2015 г.			1955...2015 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Текес	184	143,9	6,3584	144	99,1	4,826	-40	-44,8	-1,532
Лев. притоки									
р. Или	307	287,3	10,986	318	162,5	5,200	+11	-124,8	-5,786
Чилик	257	287,0	16,022	220	192,0	10,80	-37	-95,0	-5,222
Мерке	20	8,9	0,255	18	4,1	0,088	-2	-4,8	-0,168
Асса	29	5,4	0,090	22	2,6	0,030	-7	-2,8	-0,060
Арысь	156	35,3	0,782	129	21,6	0,403	-27	-13,7	-0,378
Майдантал	87	49,8	1,595	116	35,1	0,925	+29	-14,7	-0,670
<b>Всего</b>	<b>2793</b>	<b>1744,8</b>	<b>72,270</b>	<b>2054</b>	<b>1032,1</b>	<b>41,570</b>	<b>-739</b>	<b>-712,7</b>	<b>-30,70</b>

*Примечание:* \*ДА – Джунгарский Алатау.

За 60 лет, несмотря на некоторое увеличение численности ледников из-за их распада, за счет стаивания ледников их количество уменьшилось на 739 единиц, или более, чем на 1/4, точнее на 26,5 %. Число ледников сократилось во всех ледниковых районах, кроме бассейнов левых притоков р. Или и р. Майдантала в Западном Тянь-Шане, а также на Сауре.

За исследуемый период площадь оледенения сократилась с 1744,8 до 1032,1 км<sup>2</sup>, т.е. на 712,7 км<sup>2</sup>, по 11,9 км<sup>2</sup>/год. Относительное уменьшение площади льда составило 40,8 %, по 0,68 %/год. Наибольшие потери ледниковой площади испытали северные склоны Заилийского и Джунгарского Алатау 124,8 и 121,6 км<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь ледника по всем районам сократилась на 0,12 км<sup>2</sup> – с 0,62 до 0,50 км<sup>2</sup>. В середине прошлого века самым «оледенелым» в стране был Север Джунгарского Алатау с площадью 304,1 км<sup>2</sup>. В 2015 г. первенство по этому показателю перешло к бассейну р. Чилик с его площадью льда в 192 км<sup>2</sup>.

Уменьшение объема льда составило более 30 км<sup>3</sup>, по 0,51 км<sup>3</sup>/год, при относительном сокращении объема в 42,5 % или по 0,71 %/год.

Как и 60 лет назад, почти 90 % площади оледенения страны (920,5 км<sup>2</sup>) сосредоточено в Семиречье (Жетысу), т.е. на юге и востоке Алматинской области.

При таком сокращении размеров оледенения баланс массы ледников был существенно отрицательным и оказался равным -33 г/см<sup>2</sup>. Безвозвратные потери массы льда со всей ледниковой площади составили около 20 м в водном эквиваленте.

Средний годовой ледниковый сток с гор страны оценивается в 1,824 км<sup>3</sup> или 1,23 млн. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup> площади льда. По отдельным районам доля ледникового стока в общем речном колеблется от 0,6 % в Казахстан-



ском Алтае до 25,0 % на северном склоне Заилийского Алатау и 26,0 % в бассейне Чилика. Сток всех рек Казахстана оценивается примерно в 100 км<sup>3</sup>/год, из которого около половины формируется на территории страны. В этой последней величине (50 км<sup>3</sup>) доля ледникового стока составляет 1,8 км<sup>3</sup>, или 3,6 %.

**Заключение.** Полученные данные могут быть использованы в качестве базовой основы для проведения мониторинга последующих изменений, происходящих с ледниками в разных горных регионах страны. Поэтому крайне важно повторять каталогизацию ледников, теперь уже на основе дистанционных измерений из космоса. В дальнейшем это позволит получить однородные данные для сравнительного анализа поведения ледников разных морфологических типов, размеров и экспозиций в условиях современных и будущих изменений климата, определить возможности их использования в качестве климатических индикаторов, использовать эти индикационные свойства ледников для оценок изменений как самого оледенения, так и характеристик климата и стока, существенно меняющихся в современную эпоху по сравнению со средними, имевшими место во второй половине 20 в.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н. Динамика и современное состояние оледенения гор Казахстана. – Алматы: КазНУ, 2016. – 268 с.
2. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау // МГИ. – 1993. – Вып. 76. – С. 90-95.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в 20 веке. – Алматы: КазГУ, 2001. – 252 с.
4. Вилесов Е.Н., Морозова В.И., Северский И.В. Оледенение Джунгарского (Жетысу) Алатау: прошлое, настоящее, будущее. – Алматы: КазНУ, 2013. – 244 с.
5. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников // МГИ. – 1968. – Вып. 14. – С. 307-308.
6. Каталог ледников СССР. Том 13, вып. 2, части 1-7. Том 14, вып. 1, часть 11, вып.2, часть 1. Том 15, вып. 1, части 1-3. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968-1980.
7. Кокарев А.Л. Оценка современных изменений горноледниковых систем Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы, 2009. – 20 с.

8. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312 с.
9. Резниченко В.В. Оледенения на севере узла Хан-Тенгри // Труды 3-го Всесоюзного съезда геологов, 20-26 сентября 1928 г. Вып. 2. – Ташкент, 1930. – С. 65-78.
10. Руководство по составлению Каталога ледников СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 154 с.
11. Тронов М.В. Ледники и климат. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 407 с.
12. Усманова З.С. Оценка изменений ледников бассейнов рек Шарын и Текес (казахстанская часть бассейна реки Иле) по данным космического мониторинга // Вестник КазНУ. Серия геогр. – 2014. – № 1 (38). – С. 72-79.

Поступила 10.06.2016

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

### **20 Ғ. ЕКІНШІ ЖАРТЫСЫ МЕН 21 Ғ. БАСЫНДАҒЫ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТАУ МҰЗДЫҚТАРЫ КӨЛЕМІНІҢ ӨЗГЕРУІ**

**Түйін сөздер:** каталогы мұздану, мұздықтардың, динамикасы, жинақтау, абляция, масса балансы, мұздықтардың ағыны

*1955...56 жж. құрастырылған Мұздықтар каталогтарының материалдары және одан кейінгі кезеңде де оңтүстік-шығыс Қазақстанның барлық таулы-мұздықты аудандарындағы мұзбасу көлемінің мәліметтері бойынша мұздықтар санының, олардың ауданы мен көлемінің, сонымен қатар салмақ тепе-теңдігінің соңғы 60 жылда (1955...2015) азаюының шамасы мен қарқыны сипатталады.*

Vilesov E.N.

### **RESIZING MOUNTAIN GLACIERS OF KAZAKHSTAN DURING THE SECOND HALF OF 20 – BEGINNING OF 21 CENTURY**

**Keywords:** catalog of glaciers, glacial dynamics, accumulation, ablation, mass balance, glacial runoff

*As glaciers directory submissions compiled in 1955...1956, and later definitions of the size of glaciers in every mountain glacier regions of south-eastern Kazakhstan are characterized by the magnitude and pace of reduction in the number of glaciers, their areas and volumes, as well as the balance of their mass in 60 years (1955...2015).*

УДК 556. 114

Доктор геогр. наук

Ж.Д. Достай<sup>1</sup>

Доктор геогр. наук

М.Х. Сарсенбаев<sup>2</sup>А.Ж. Достоева<sup>2</sup>**ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ  
ОСАДКОВ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ИЛЕ АЛАТАУ**

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, химический состав осадков, минерализация, предгорно-равнинная территория

*Приведены материалы исследований процессов формирования химического состава атмосферных осадков, находящихся в различных зонах. Определено, что все химические компоненты атмосферных осадков уменьшаются от зоны конуса выноса до предгорной равнины. Минерализация также уменьшается от 27,7 мг/л до 23,5 мг/л. Атмосферные воды пресные, преобладающими типами являются гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-кальциевые воды.*

**Введение.** Атмосферные осадки в виде снега, льда, дождей являются основной частью формирования объемов природных вод любой территории. Если более 90 % стока равнинных Казахстанских рек образуются из талых снеговых вод, а горные реки – из ледников, снеговых, снежных и дождевых вод. Качество этих вод формируются за счет плоскостного смыва атмосферных осадков через поверхности земли, фильтрацию через почвенный покров, через взаимодействия с руслом реки. В связи с вышеизложенным очевидно, что качество атмосферных осадков (снега, дождей) играет определенную роль в первичном формировании качества природных вод Казахстана, является актуальной тем более для северного склона Иле Алатау.

**Материалы и методика исследования.** Для анализа и изучения атмосферных осадков на предмет формирования их качества использовались материалы РГП «Казгидромет», опубликованные в «Информационных бюллетенях о состоянии окружающей среды» за 2000...2011 гг. Химический состав атмосферных осадков определялся согласно РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [6]. Для анализа были привлечены материалы по М Капшыгай (456 м), М Алматы,

<sup>1</sup> Институт географии, Алматы, Казахстан

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

ГМО (847 м), М Есик (1098 м), М Мынжылки (3017 м), что на северном склоне Иле Алатау (рис. 1).

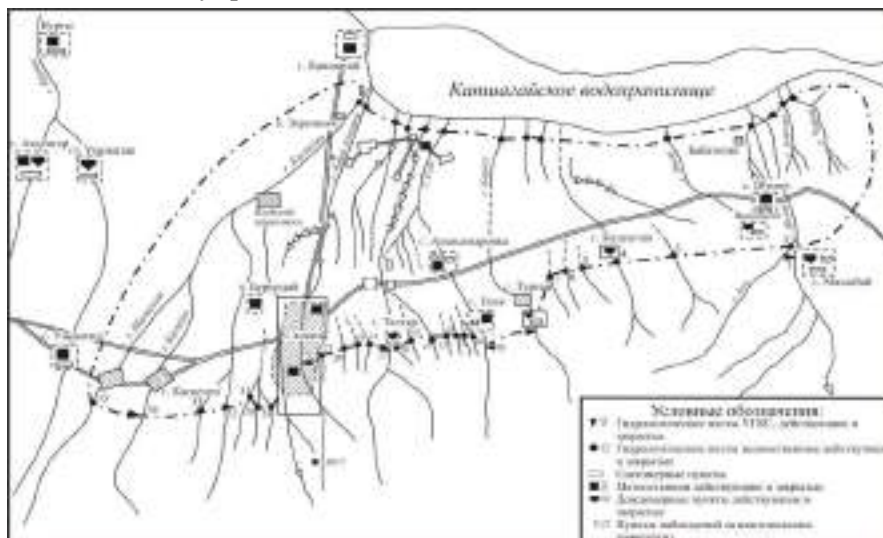


Рис. 1. Схема гидрометеорологической изученности предгорно-равнинной территории северного склона Иле Алатау [2].

Эти метеостанции расположены на исследуемой территории, и характеризуют взаимодействие водных ресурсов в 3-х зонах [1, 3]:

1. Зона формирования водных ресурсов – горный склон, сложенный скальными палеозойскими породами и являющийся основной областью питания рек региона.

2. Зона конусов выноса – предгорный шлейф, сложенный слившимися конусами выносов рек и являющийся зоной интенсивного поглощения поверхностного стока рек, ирригационных и метеорных вод.

3. Предгорная наклонная равнина, сложенная мелкозернистыми слабопроницаемыми нижнечетвертичными отложениями, являющимися зоной разгрузки подземных вод в основные реки и в реки «карасу».

**Обсуждение материалов.** Рассматриваемая нами территория у северного склона Иле Алатау простирается на 150...180 км вдоль подножия гор от реки Шилик на востоке до реки Шамалган на западе и имеет ширину 50...70 км. Северная часть территории площадью 6 тыс. км<sup>2</sup> замыкается Капшагайским водохранилищем. Эта территория тесно связана с развитием горообразования в Иле Алатау, с очень сложным рельефом, который тянется в широтном направлении возвышаясь над дном Илейской межгорной впадины (ныне дно Капшагайского водохранилища) на 4,0...4,5 тыс. м. Наиболее высокие вершины расположены в центральной

части, которая носит название Талгарского горного узла (высшая точка – пик Талгар – 5017 м абс). Западный и восточный фланги хребта снижаются, переходя на западе в платообразный массив Киндиктас, на востоке – разветвляется, образуя среднегорные отроги Сарытау, Бокай, Караш и др. Иле Алатау имеет ясно выраженное зональное строение. Сама горная система относится к, так называемой, зоне формирования стоков [4, 5], где формируется водные ресурсы северного склона Иле Алатау.

Регион расположен глубоко внутри материка и подвержен северным, северо-западным вторжениям полярных, тропических и арктических воздушных масс. Наибольшую повторяемость имеют массы полярного воздуха, наименьшую – арктического. Зимой на территории господствует сибирский антициклон, весной часты циклоны, а влажные массы из районов Арктики и Средиземного и Черного морей приносят большую часть годовых осадков.

Распределение атмосферных осадков по территории региона неравномерно, так как их выпадение характеризуется явно выраженной зональностью. Здесь выпадают 300...750 мм осадков в год с максимумом в теплое время года. На западе и востоке исследуемой территории сумма осадков меньше, чем в середине (на Талгарском горном узле) сумма осадков достигает максимума.

Изучение химического режима атмосферных осадков дает возможность оценить поступление солей с речной водой для прогнозирования солевого режима вод в водохранилищах, оценки и прогнозирования качества вод для целей водоснабжения населенных пунктов и орошения.

Прежде всего, необходимо отметить то, что мониторинг качества поверхностных вод осуществляется РГП «Казгидромет». Метеостанции расположены в диапазоне высот от 439 до 3017 м БС. Все имеющиеся материалы наблюдений по осадкам стационарной сети Казгидромета достаточно надежные.

Атмосферные осадки на предгорно-равнинной территории северного склона Иле Алатау характеризуются преобладанием в химическом составе гидрокарбонатного иона. Из катионов главное место занимают ионы щелочно-земельных металлов. С переходом от зоны конуса выноса к предгорной равнине наблюдается уменьшение суммы ионов растворенных в атмосферных осадках веществ (табл.).

Гидрокарбонатный ион ( $\text{HCO}_3^-$ ) уменьшается к северу: в зоне конуса выноса составляет 8,8 мг/л, на предгорной равнине – 7,84 мг/л.

Таблица

Средние значение химического состава атмосферных осадков на северном склоне Иле Алатау, мг/л за 2000...2011 гг.

Тип воды	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Σ ИОНОВ
Зона конуса выноса										
Осадки	6,7	2,7	1,7	8,8	0,8	1,3	0,9	1,2	3,6	27,7
Предгорная равнина										
Осадки	5,30	2,54	1,33	7,84	0,57	1,54	0,59	1,05	2,73	23,5

Среднее содержание сульфатного иона (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) колеблется от 6,7 мг/л (г. Алматы) до 5,30 мг/л (г. Капшагай).

Основными катионами, определяющими наиболее вероятный тип атмосферных осадков для всей территории исследований является магний и кальций, т.е. щелочно-земельные металлы.

Многолетние изменения средних годовых значений суммарной минерализации осадков на территории северного склона Иле Алатау можно увидеть на рис. 2. Максимальные средние значения минерализации (113 мг/л) отмечены в 2008 г., минимальные – в 2000 г. (21,9 мг/л). Уравнение линейного тренда минерализации за весь период наблюдений свидетельствует о тенденции увеличения загрязненности осадков.

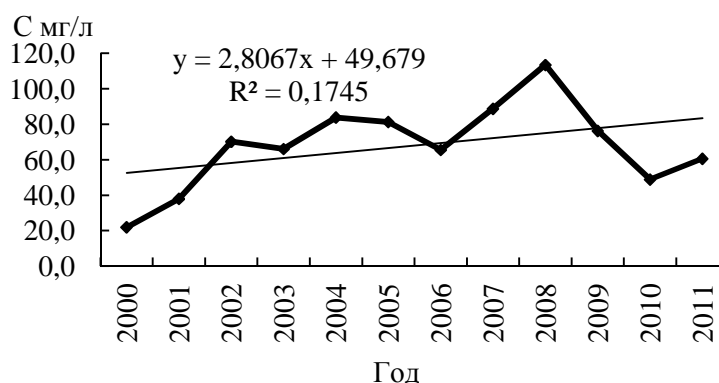


Рис. 2. Многолетние изменения средних годовых значений суммарной минерализации атмосферных осадков за период 2000...2011 гг.

**Заключение.** Таким образом, все химические компоненты атмосферных осадков уменьшаются от зоны конуса выноса до предгорной равнины. Минерализация также уменьшается от 27,7 мг/л до 23,5 мг/л. Атмосферные воды пресные, преобладающими типами являются гидрокарбонатно-сульфатные магниево-кальциевые воды. Все отдельные компоненты

химического состава подчиняются высотной зональности, т.е. уменьшаются от г. Алматы до г. Капшагай.

А по всей территории северного склона Иле Алатау за период 2000...2011 гг. наблюдений средние годовые концентрации практически всех ионов и их суммарные показатели (минерализации) имеют тенденцию к увеличению. Это связано с воздействием климатических, метеорологических и антропогенных факторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Достоев Ж. Состояние изученности основных элементов водного баланса орошаемых земель предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау в междуречье Шилик – Шамалган // Проблемы комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. – Алма-Ата: Изд. КазГУ, 1985. – С. 20-25.
2. Достоев Ж. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау: дис. ... канд. геогр. наук. – Алма-Ата, 1990.
3. Емельянова Л.А. О балансе поверхностного стока в зоне конусов выноса // Биология и география. Вып. IV. – Алма-Ата: Изд. МВ и ССО КазССР, 1968. – С. 162-163.
4. Емельянова Л.А. Формирования стока рек «карасу» в Илийской предгорной равнине // Известия ВГО. – 1970. – Т. 102. – Вып. I. – С. 71-75.
5. Илийский артезианский бассейн / Под ред. У.М. Ахмедсафина. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – 148 с.
6. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: 1991. – 693 с.

Поступила 26.05.2016

Геогр. ғылымд. докторы Ж.Д. Достай  
Геогр. ғылымд. докторы М.Х. Сарсенбаев  
А.Ж. Достоева

#### ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

*Түйін сөздер:* атмосфералық жауын-шашын, жауын-шашынның химиялық құрамы, минералдану, тау бөктеріндегі жазық аумағы

*Әртүрлі зоналарда орналасқан атмосфералық жауын-шашындарының химиялық құрамының қалыптасу процесстерінің зерттеу ақпараттары көрсетілген. Атмосфералық жауын-*

*шашындардың компоненттері шығару конусы занысынан тау маңы жазықтығына томендей тіні анықталды. Минералдануы, да 27,7 мг/л бастап 23,5 мг/л дейін төмендейді. Атмосфералық сулар тұщы, гидрокарбонатты-сульфатты магний-кальцийлік сулар типтері басым болады.*

Dostay Zh.D., Sarsenbayev M.H., Dosayeva A.Zh.

**FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE NORTHERN SLOPES OF ILE ALATAU**

**Keywords:** precipitation, the chemical composition of precipitation, salinity, piedmont-plain territory

*This article shows results materials research of processes of formation of the chemical composition of atmospheric precipitation in different areas. It was determined that all the chemical components of rainfall decreases from the removal of the cone area to the foothill plains. Mineralization also decreases from 27,7 mg/L to 23,5 mg/L. Atmospheric water is fresh, the predominant types are bicarbonate- sulfate magnesium- calcium water.*



ӨОЖ 556.165 (574.5)

Е.М. Жұмабаев<sup>1</sup>**ЕЛЕК ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ КӨКТЕМГІ СУ ТАСУ КЕЗЕҢІНІҢ  
СИПАТТАМАЛАРЫ**

**Түйінді сөздер:** көктемгі су тасу, ең жоғарғы су өтімі, су тасу ұзақтығы, табиғи кезең, айқын климаттық өзгерістер кезеңі

*Мақалада су тасудың басталуының, аяқталуының және ең жоғары су өтімдерінің өтуінің орташа мерзімдері, ең ерте және ең кеш даталары, көктемгі су тасудың орташа ұзақтығы мен ең қысқа және ең ұзақ аралығы анықталған. Елек алабы өзендерінің көктемгі су тасу сипаттамалары климаттың бағыттық өзгерістері басталғанға дейінгі және бағыттық өзгерістері басталғаннан кейінгі кезеңдер бойынша салыстырылған.*

Қазіргі кезеңде жер бетінде жүріп жатқан климаттық өзгерістер, өзендер ағындысының қалыптасуына, олардың гидрологиялық режиміне өз әсерін тигізуде. Еліміздің ғалымдарының зерттеулері бойынша, жақын онжылдықтарда бір аудандарда су ресурстарының азаюы, басқа бір аудандарда су ресурстарының ұлғаюы орын алып, осыған байланысты апатты гидрологиялық құбылыстардың белең алуы, су басу қауіпінің жоғарылауы күтілуде [1]. Бұл ретте соңғы жылдары Солтүстік және Орталық Қазақстанда орын алған апаттық жағдайларды мысалға келтіруге болады. Ал басқа аймақтарда халықты үзбей сумен қамтамасыз ету қиын мәселеге айналып отыр. Стратегиялық маңызды аймақтардағы өзендердің гидрологиялық режимін климаттық өзгерістер мен антропогендік жүктемені есепке ала отырып зерттеу, елбасының соңғы жолдауындағы еліміздің тұрақты даму бағытында өңірлік кластерлердің қалыптастыру идеясымен сәйкес келеді.

Зерттеліп отырған Елек өзені алабы орналасқан аймақ, еліміздің маңызды өңірлерінің бірі. Өзеннің Ақтөбе қаласы мен жақын елді-мекендерді сумен қамту және егістікті суармалау үшін маңызды [4].

Б.Д. Зайковтың жіктемесіне сәйкес Елек өзені су режимі көктемде таситын Қазақстандық өзендер тобына жатады [3]. Елек өзені

---

<sup>1</sup> Казгидромет, Алматы, Қазақстан

ағындысының басым бөлігі көктемгі су тасу кезінде өтеді, ағынның көп бөлігі өзен бойында орналасқан Ақтөбе су қоймасында жиналады. Сондықтан жүргізілген зерттеу мақсаты Елек өзені алабының қазіргі климаттық және антропогендік өзгерістер жағдайында, көпжылдық көктемгі су тасу сипаттамаларының өзгерісін талдауға бағытталған.

Елек өзені алабының көктемгі су тасу кезеңінің өзгерісін зерттеу кезінде әрбір жылдың мәліметтері: көктемгі су тасудың басталу датасы, көктемгі су тасудың аяқталу датасы, ең жоғары су өтімі байқалған дата және көктемгі су тасу ұзақтығы жөніндегі мәліметтер пайдаланылды. Бұдан басқа 1939...2013 жж. аралығында тіркелген ең жоғары су өтімдері жөніндегі мәліметтер пайдаланылды [3-4].

Есептеу әдістемесі. Қолда бар мәліметтерді талдау су тасудың басталуының, аяқталуының және ең жоғары су өтімдерінің өтуінің орташа даталарын, ең ерте және ең кеш даталарын, көктемгі су тасудың орташа ұзақтығы мен ең қысқа және ең ұзақ аралығын айқындауға мүмкіндік берді.

Көктемгі су тасу кезеңінің басталуы орта есеппен алғанда наурыз айының соңғы бескүндігіне сәйкес келеді. Су тасу кезеңінің басталуының ең ерте датасы Елек өзені- Шелек ауылы 7 наурызда, Қарақобда өзені- Альпайсай ауылы 7 наурызда тіркелген, ал ең кеш датасы 23 сәуірде Үлкен Қобда өзені – Қобда ауылы тұсында 1964 жылы бақыланған.

Бастапқы деректерді өңдеудің және талдаудың негізінде Елек өзені алабының көктемгі су тасу фазасының негізгі сипаттамалары екі кезең: табиғи (1939...1973 жж.) және айқын климаттық өзгерістер кезеңі (1974...2013 жж.) бойынша есептелді (1 кесте).

Елек өзені жоғары ағысында Ақтөбе су қоймасына келіп түсетін су ағынын есепке алатын, 1990 жылға дейін №47 т.ж. бекеті ГБ болған. Қазіргі таңда жабылып қалғандықтан, су қоймаға келетін су мөлшері жайында нақты мәліметтер жоқ. Ал Ақтөбе су қоймасынан төмен және Елек өзені – Шелек ауылы тұсында табиғи кезеңмен салыстырғанда  $Q_{\max}$ , айқын өзгерістер сәйкесінше 62 % және 58 % төмендеген. Салыстыру нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

Өткен ғасырдың 40 жылдары мен 70 жылдары аралығында бөгендер салынғанға дейін ең жоғары су өтімдерінің ұлғаюы өзеннің төменгі ағысына дейін тіркелген. Су қоймалар салынғаннан кейінгі өзгерістер төмендегі формулар көмегімен анықталды. Су қоймалар мен бөгендердің ағындығы әсері өзгеру (төмендеу) коэффициенті бойынша келесі формулалар арқылы есептелген [2]:

$$\delta = 1 - W_T / (Y_{\text{тұрм.}} + W_T), \quad (1)$$

мұндағы:  $\delta$  – өзгеру коэффициенті, бірлік есебімен;  $Y_{\text{тұрм.}}$  – тұрмыстық қажеттілікке байланысты өзгерген ағынды;  $W_T$  – су қойманың толық көлемі.

Кесте 1

Елек өзені алабының көктемгі су тасу фазасының негізгі сипаттамалары (екі кезең бойынша табиғи (1939...1973 жж.) және айқын климаттық өзгерістер кезеңі (1974...2013 жж.))

Кезең, жж.	Орташа ең жоғары су өтімдері	Ең жоғары су өтімдері өткен күн	Су тасудың басталуының орташа датасы	Су тасудың аяқталуының орташа датасы	Орташа ұзақтығы
<b>Елек – Ақтөбе қаласы</b>					
1939...1973	722	12.04	5.04	10.05	45
1974...2013	275	7.04	2.04	8.05	36
<b>Қосистек – Қосистек</b>					
1939...1973	113	13.04	6.04	1.05	26
1974...2013	67	12.04	31.03	23.04	24
<b>Қарағалы – Қарағалы</b>					
1939...1973	472	17.04	3.04	8.05	34
1974...2013	220	16.04	31.03	26.04	25
<b>Қарақобда – Альпайсай ауылы</b>					
1939...1973	106	10.04	1.04	30.04	30
1974...2013	104	5.04	29.03	29.04	27
<b>Үлкен Қобда – Қобда ауылы</b>					
1939...1973	239	11.04	31.03	30.04	30
1974...2013	200	9.04	28.03	26.04	27
<b>Елек – Шелек ауылы</b>					
1939...1973	1139	17.04	4.04	17.05	43
1974...2013	474	12.04	1.04	10.05	40

Су қоймалар мен бөгендердің толу көлемі азаю коэффициенті бойынша анықталған:

$$W_D = K_a \cdot W_n,$$

мұндағы:  $K_a$  – азаю коэффициенті;  $W_n$  – суқоймалардың пайдалы көлемі, млн м<sup>3</sup>.

Ағындының абсолютті өзгерісі келесі формуламен анықталған:

$$\Delta \bar{V} = \bar{V}_i (1 - \delta).$$

Ал табиғи ағынды келесі формуламен табылды:

$$Y_{таб.} = \bar{Y}_{турм.} + \Delta Y.$$

Кесте 2

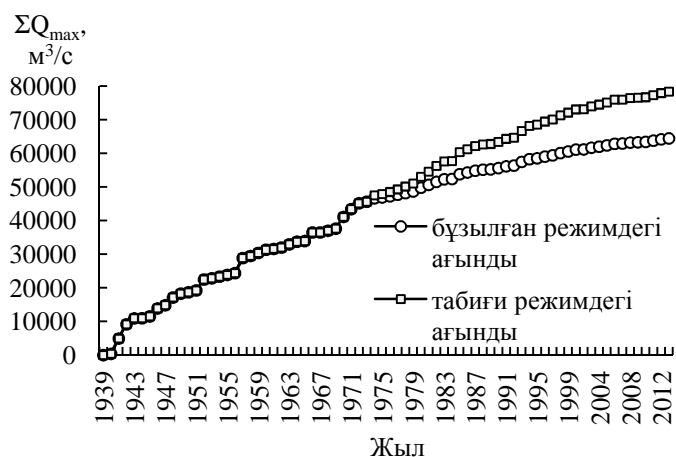
Табиғи кезең мен айқын өзгерістер кезеңіндегі  $Q_{max}$  өзгерісі

Өзен – бекет	Кезең, жж.	$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$
Елек – Ақтөбе ГБ	1939...1973	722	0,83
	1974...2013	274	0,82
$\Delta = Q_{таб.} - Q_{реттел.}$		448	
$\Delta$ , %		62	
Елек – Шелек	1939...1973	1139	1,06
	1974...2013	474	0,66
$\Delta = Q_{таб.} - Q_{реттел.}$		665	
$\Delta$ , %		58	



1 сур. Елек өзені Ақтөбе бекеті бойынша су қойманы есепке ала отырып қалпына келтірілген ең жоғары су өтімдерінің біріккен интегралдық қисығы.

Алынған нәтижелер. Ақтөбе және Қарағалы су қоймаларын салу өзеннің ең жоғары су өтімдерін айтарлықтай төмендетіп жіберді. Өзен бойындағы ең жоғары ағынды Шелек ауылы тұсында 1957 жылы байқалды. Ақтөбе қаласы тұстамасында 1941 жылы ең жоғары су өтімі 2400 м<sup>3</sup>/с болса, 1957 жылы 2090 м<sup>3</sup>/с, бөгендер салынғаннан кейін 1980 жылы оның мәні 732 м<sup>3</sup>/с тең болды. Шелек ауылы тұсында 1957 жылы ең жоғары су өтімі 4480 м<sup>3</sup>/с, 1985 жылы 1430 м<sup>3</sup>/с тең болды (3 кесте). Сонымен Елек өзенін бойлай ең жоғары су өтімдерінің өзгеруінде табиғи кезеңде айтарлықтай ауытқулар байқалмағанымен, гидротехникалық имараттар салынғаннан кейін ең жоғары су өтімдері көрсеткіші төмендеген.



2 сур. Елек өзені – Шелек бекеті бойынша ең жоғары су өтімдерінің біріккен интегралды қисығы.

Кесте 3

Елек өзені алабы бойынша көктемгі ағындының негізгі сипаттамалары

Кезең, жж	Ең жоғары су өтімі	Ең жоғары су өтімі өткен күн	Су тасудың басталуы датасы	Су тасудың аяқталу датасы	Ұзақтығы
<b>Елек – Ақтөбе қаласы</b>					
1939...1973	2400	13.4	8.04	23.05	46
1974...2013	732	6.04	31.03	5.05	36
<b>Қосистек – Қосистек</b>					
1939...1973	463	15.4	30.03	29.04	31
1974...2013	320	12.4	1.1	8.5	38
<b>Қарағалы – Қарағалы</b>					
1939...1973	1140	18.04	10.04	30.05	51
1974...2013	784	16.04	09.04	09.05	31
<b>Қарақобда – Альнайсай ауылы</b>					
1939...1973	251	21.3	19.03	29.03	11
1974...2013	289	5.4	31.03	16.04	17
<b>Үлкен Қобда – Қобда ауылы</b>					
1939...1973	741	31.3	30.03	25.04	27
1974...2013	1030	11.4	09.04	01.05	23
<b>Елек – Шелек ауылы</b>					
1939...1973	4480	17.4	08.04	05.06	59
1974...2013	1430	12.4	31.03	8.6	70

Елек өзені алабында көктемгі су тасу кезеңінің басталуының орташа даталары 1960 жылдармен салыстырғанда айтарлықтай алға жылжыған. Ақтөбе қаласы тұсында 60 жылдармен салыстырғанда су тасу кезеңінің басталуы орта есеппен 4...5 күнге алға жылжыса, Шелек аулы тұсында 3 күнге, Үлкен Қобда өзені-Қобда ауылы тұсында 2 күнге, Қарақобда өзені-Альпайсай ауылы тұсында 2 күнге алға жылжыған.

Көктемгі су тасу кезеңінің ұзақтығы антропогендік жүктемелер мен климаттық өзгерістер әсерінен, 1970 жылдармен салыстырғанда қысқарған. Ақтөбе қаласы тұсында су тасу кезеңінің орташа ұзақтығы 9...10 күнге қысқарса, төмен орналасқан Шелек ауылы тұсында 3 күнге қысқарған. Елек өзенінің салалары Қарағалы өзенінде 10 күнге, Үлкен Қобда өзенінде 3 күнге қысқарған. Сонымен қатар соңғы онжылдықтарда ұзақтығы қысқа (20 күннен қысқа) көктемгі су тасу кезеңдері жиілей түсуде.

**Қорытынды.** Ең жоғары су өтімдері қатарын талдау барысында, басым жағдайда бағыттық өзгерістің бар екендігі; ең жоғары су өтімдері өзгерісі салынған бөгендерге байланысты екендігі; су тасудың басталу мерзімінің ерте басталуы және су тасудың аяқталу мерзімінің ерте байқалуы, соның нәтижесінде су тасу ұзақтығының қысқаруы анықталды.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии: Обзор. – Алматы, 2004. – 132 с.
2. Давлетғалиев С.К. Влияние хозяйственной деятельности на годовой сток основных рек Жайык-Каспийского бассейна // Вопросы географии и экологии. – 2011. – №1. – С. 4-11.
3. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек Урал (среднее и нижнее течение), Эмба и устьевая часть реки Волга. Ч. 1. Вып. 4, 2011 - 2013 гг. – Астана: 2013.
4. Методическая записка. Прогноз к Актюбинскому и Карагалинскому водохранилищам в период весеннего половодья. Алматы, 1989.
5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек Урал и Эмба. Ч. 1. Вып. 2, 2001 - 2010 гг. Астана, 2013.

Поступила 20.06.2016

Е.М. Жумабаев

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БАСЕЙНА ИЛЕКА

**Ключевые слова:** весеннее половодье, максимальный расход, продолжительность половодья, условно-естественный период, период климатических изменений

*В статье определены начало и конец весеннего половодья, самая ранняя, самая поздняя и средняя дата прохождения максимальных расходов воды, а также наиболее длинные, наиболее короткие интервалы и средняя продолжительность весеннего половодья. Дана сравнительная оценка характеристикам весеннего половодья рек бассейна р. Илек с учетом изменения климата.*

Zhumabayev Y.M

#### **CHARACTERISTICS OF SPRING FLOOD FOR RIVERS OF YELEK BASIN**

**Keywords:** spring floods, the maximum water flow, the duration of the flood, natural period, period of climatic changes

*The article defines the beginning and end of the spring floods, the earliest, the latest and the average date of maximum water flow passage, as well as the longest, most frequent intervals, and the average duration of the spring flood. Comparative assessments of the spring flood characteristics of the rivers in the Yelek basin taking into account climate change are given.*

УДК 551.311.21:627.141.1

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов<sup>1</sup>  
Доктор техн. наук Р.К. Яфязова

### ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ 23 ИЮЛЯ 2015 г. В БАССЕЙНЕ Р. КАРГАЛИНКА

**Ключевые слова:** водный поток, наносы, лёсс, концентрация, твердая составляющая, селевая масса, движущая и удерживающая силы

*Сель 23 июля 2015 г., в силу особенностей основных факторов селеформирования и пути его движения по долине р. Каргалинка, коренным образом отличался от селей, типичных для Иле Алатау. Расход селя не превышал 100...150 м<sup>3</sup>/с. Резкое расширение долины в зоне, примыкающей к створу плотины, и низкое значение пластичности селевой массы привели к тому, что скорость «жидкой» части селевой массы опережала скорость крупных фракций. Частичное заполнение селехранилища грязью стало причиной непредусмотренного расхода селя в нижнем бьефе плотины, что привело к вторичному селеформированию, нанёсшему большой экономический ущерб.*

Селевая активность в бассейне р. Каргалинка в голоцене, как и в других речных бассейнах северного склона Иле Алатау, была незначительной [1]. На поверхности конуса выноса р. Каргалинка местами сохранился лёссовый покров, формировавшийся в вюрмскую ледниковую эпоху (125...12 тыс. лет назад) (рис. 1). На рис. 1 показан участок местности, расположенной в средней части конуса выноса. Отсутствие на его поверхности крупных фракций рыхлообломочных отложений (валунов, глыб) свидетельствует о том, что в последние 10...12 тыс. лет по этому участку сели не проходили. Наличие слоя селевых отложений в лёссе указывает на то, что небольшие сели в данном речном бассейне в упомянутую ледниковую эпоху формировались.

Наиболее крупные дождевые сели в 20 веке на р. Каргалинка формировались 08.07.1921 г. и 23.05.1969 г. Их характеристики, судя по рельефу прирусловой зоны реки, значительно уступали селю 23.07.2015 г., образовавшегося в результате прорыва моренного озера. Вследствие геоло-

---

<sup>1</sup> Казгидромет, г. Алматы, Казахстан



гических, геоморфологических и гидрогеологических условий формирования, этот сель также имел относительно небольшие расход, объем и плотность селевой массы.



*Рис. 1. Фрагменты лёссового покрова и селевых отложений на конусе выноса р. Каргалинка.*

В бассейне р. Каргалинка имеются 7 ледников, одно моренное озеро и 3 периодически пустующих котловины. Ледник Каргалинский – самый большой ледник бассейна, площадь открытой части близка к 1 км<sup>2</sup>. Расстояние между озером, расположенном на моренно-ледниковом комплексе ледника Каргалинский (прорыв которого привел к формированию селя 23 июля), и створом плотины около 16 км.

По данным аэровизуального рекогносцировочного обследования, выполнявшегося подразделениями КЧС МВД РК, объем озера составлял 40 тыс. м<sup>3</sup>, расход прорывного паводка – 5 м<sup>3</sup>/с, озеро опорожнилось на 80 %. Опорожнение происходило по внутриморенным каналам стока.

Бассейн р. Каргалинка находится в непосредственной близости от зоны максимальной деформации горных пород (Акжарского обвала), вызванной землетрясением 1887 г. В составе селеформирующих пород значительная доля представлена крупными обломками при дефиците пылеватоглинистых фракций. Следствие этого – незначительное предельное напряжение сдвига селевой массы в створе «плотина», что не характерно для селевой массы селей, формирующихся в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Талгар, Есик и др.

Геоморфологические характеристики бассейна р. Каргалинка также не благоприятствуют формированию селей большой плотности: на среднем, наиболее крутом участке долины, имеющем V-образную форму, запасы селеформирующих пород незначительны. На верхнем и нижнем участках долины, где объем рыхлообломочных пород велик, – уклон долины относительно мал. Все это привело к тому, что вязкость и пластич-

ность суспензии (на выходе селя в нижнюю часть долины) оказались недостаточными для поддержания крупных фракции (валунов и глыб) селевой массы в квазивзвешенном состоянии.

Из-за небольшого расхода селевого потока ( $100...150 \text{ м}^3/\text{с}$ ), его глубина, при выходе селя в относительно широкую долину, была соизмерима с размерами крупных фракций твердой составляющей селевой массы. Взаимодействие этих фракций с породами русла приводило к торможению селевой массы, обусловленного возрастанием силы трения кулоновской природы из-за того, что верхняя часть крупных фракций, возвышавшихся над уровнем селевой массы, содержавшей более мелкие фракции, оказывалась вне зоны воздействия архимедовой силы.

Вследствие относительно небольшой вязкости и пластичности грязевой составляющей селевой массы, последняя имела большую скорость движения, нежели валуны и глыбы. По этой причине фронтальная часть селя представляла собой поток грязи (из-за больших значений вязкости и пластичности селевой массы, образующихся в речных бассейнах большинства рек северного склона Иле Алатау, подобная трансформация места не имеет, скорость движения грязевой составляющей и крупных обломков горных пород одинаковы), которая начала заполнять селехранилище. Не доходя  $70...100 \text{ м}$  до плотины, часть селевой массы, содержавшей крупные фракции, останавливалась (рис. 2). При этом из порового пространства, образованного крупными фракциями, происходило излияние грязевой составляющей, которая продолжала заполнять селехранилище.



*Рис. 2. Отложения грязекаменной массы в верхнем бьефе плотины. Сохранность молодых деревьев в пойме реки – свидетельство малой скорости селя. Пустоты в поровом пространстве валунно-глыбовых отложений – результат истечения грязевой составляющей селевой массы после ее остановки.*

Поскольку пропускная способность двух водовыпусков, расположенных в теле плотины, была меньше расхода грязевого потока, поступавшего в селехранилище, уровень его заполнения возрастал. Стабилизация уровня заполнения селехранилища наступила на отметке, близкой к 12 м. Наличие в верхнем бьефе «грязевого озера» и привело к тому, что грязекаменная составляющая потока, не достигнув плотины, отложились в ее верхнем бьефе. Объясняется это тем, что если поверхность потока параллельна руслу (или пойме), движущая сила, действующая на единичный объем селевого потока, равна

$$F_1 = [\rho_T C + \rho_o (1 - C)] g \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $\rho_T$  и  $\rho_o$  – плотность горной породы и воды соответственно;  $C$  – объемная концентрация твердой составляющей в селевой массе;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\alpha$  – угол наклона русла.

Поверхность грязевой составляющей селя, накопившейся в верхнем бьефе плотины до подхода грязекаменной массы селя, была практически горизонтальной из-за малой величины предельного напряжения сдвига грязевой составляющей. Грязекаменная масса (имевшая плотность большую по сравнению с ее грязевой составляющей) продолжала движение в придонной части селехранилища внутри грязевой составляющей.

В такой ситуации движущая сила, действующая на единичный объем грязекаменного потока, определяется по формуле

$$F_2 = (\rho_T - \rho_S) C_T g \sin \alpha, \quad (2)$$

где  $\rho_S = \frac{\rho_T k C + \rho_o (1 - C)}{1 - C + k C}$ ,  $k C = C_S$ ;  $C_T = C - k C$ ;  $\rho_S$  – плотность грязевой составляющей;  $C_T$  – объемная концентрация твердой составляющей, за исключением таковой, входящей в состав грязевой составляющей;  $k$  – доля частиц, входящих в грязевую составляющую, в полном гранулометрическом составе твердой составляющей селевой массы;  $C_S$  – объемная концентрация твердой составляющей «грязевого озера».

Синус угла наклона пути движения селя (для единичного объема селя), при котором происходит его остановка в ситуации, при которой поверхность потока параллельна пути его движения, может быть определен из равенства сдвигающей и удерживающей сил

$$F_1 = F_{y\partial}, \quad (3)$$

$$F_{y\theta} = C_T(\rho_T - \rho_S)gf \cos \alpha + \tau_o, \quad (4)$$

где  $f$  – коэффициент трения;  $\tau_o$  – предельное напряжение сдвига грязевой составляющей.

В ситуациях, когда пластичностью селевой массы можно пренебречь, минимальное значение тангенса угла наклона русла, на котором движение селя возможно, определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{C_T(\rho_T - \rho_S)f}{\rho_T C + \rho_o(1 - C)}. \quad (5)$$

На рис. 3 приведены графики зависимости угла наклона  $\alpha$  от концентрации твердого компонента в селевой массе  $C$  при различных значениях  $k$ .

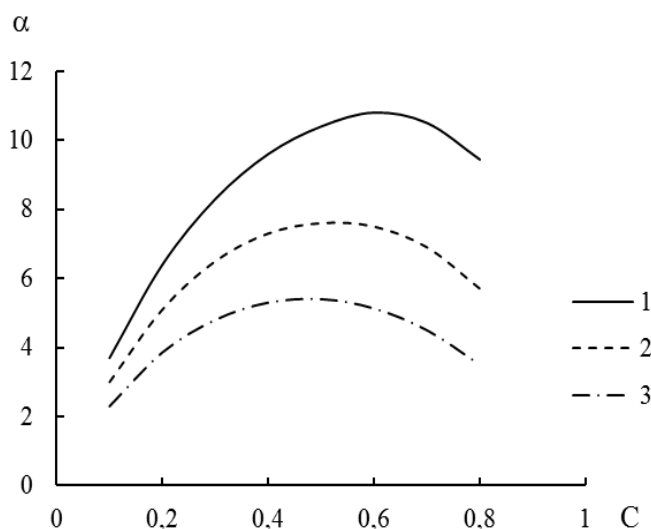


Рис. 3. Зависимость угла наклона  $\alpha$  от концентрации твердой составляющей в селевой массе  $C$  при различных значениях  $k$ : 1 – 0,15; 2 – 0,3; 3 – 0,45.

Тангенс угла наклона пути движения твердой составляющей селя (принимающей участие в создании силы, имеющей кулоновскую природу), на котором происходит ее остановка при движении в селехранилище, частично заполненном его грязевой составляющей, определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{C_T(\rho_T - \rho_S)f}{(\rho_T - \rho_S)C_T} = f. \quad (6)$$

Нетрудно видеть, что  $\operatorname{tg} \alpha_1 \ll \operatorname{tg} \alpha_2$ . В такой ситуации механизм отложения твердой составляющей селевой массы в селехранилище будет близок к механизму отложения наносов в водохранилище.

Образование «грязевого озера» в верхнем бьефе привело к тому, что водовыпуски работали в напорном режиме, что не было предусмотрено при проектировании плотины. Поэтому максимальный расход грязевой составляющей селя, прошедшей по водовыпускам в нижний бьеф плотины, значительно превышал расчетное значение –  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Несмотря на то, что наклон русла в нижнем бьефе не превышал  $5^\circ$ , большая плотность грязевой составляющей  $1800...2000 \text{ кг/м}^3$  привела к дальнейшему развитию селевого процесса.

Возможность более быстрого движения грязевой составляющей селя, относительно крупных фракций селеформирующих горных пород, входивших в состав селевой массы, не предусматривалась при проектировании плотины. Объясняется это недостаточно полным изучением, как динамики селевых процессов, так и геологических и геоморфологических особенностей бассейна р. Каргалинка.

На километровом участке ниже створа плотины грязевой поток, взаимодействуя с рыхлообломочными отложениями селей прошлых лет, трансформировался в грязекаменный поток с плотностью  $2350...2400 \text{ кг/м}^3$ .

На конусе выноса, застроенном жилыми и производственными сооружениями западной части г. Алматы, грязекаменный селя, не поместившийся в русло р. Каргалинка, растекался по улицам и дворам. Последствия разрушения домов (находившихся в непосредственной близости от русла) под ударами валунов и глыб были похожи на то, что происходит при бомбардировке или артобстреле.

Большая доля объема вторичного селеобразования отложилась на городской территории в средней части конуса выноса, часть грязевой составляющей селя, поместившаяся в русло реки, вытекла за его пределы.

События, произошедшие в бассейне р. Каргалинка в 2015 г., ущерб от которых оценивается в 2 млрд тенге, а также прогноз многократного увеличения селевой активности уже в ближайшие десятилетия, свидетельствуют о настоятельной необходимости активизации научных исследований по селевой проблеме.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Климат и ландшафты центральной части северного склона Заилийского Алатау / Современные проблемы геоэкологии и созологии. – Алматы, 2001. – С. 138-142.

Поступила 25.06.2016

Геогр. ғылымд. докторы      Б.С. Степанов  
Техн. ғылымд. докторы      Р.К. Яфязова

### ҚАРҒАЛЫ Ө. БАССЕЙНІНДЕГІ 23 ШІЛДЕ 2015 Ж. СЕЛ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Түйін сөздер:** су ағыны, наносы, лесс, концентрация, қатты бөлшегі, сел массасы, қозғалтқым және үйкеліс күштері

*23 шілде 2015 ж. Қарғалы ө. Аңғары бойынша өткен сел өзінің жылжу боғаты мен сел қалыптастарушы негізгі факторларының ерекшеліктерімен, Іле Алатау тән селдерден мүлдем басқаша болды. Сел шығыны 100...150 м<sup>3</sup>/с аспады. Плотинағатақап тұратын жерде ақғардыңқурт кеңеуі мен селмассасының төмен ырғақтылығы сел массалының «сұйық» бөлігінің жылдамдығы ірі фракцияларынан озып кетуіне шалдырды. Селқорының жартылай балшықпен толтырылуы плотинаның төменгі бьефіндегі болжанбаған сел ағынына себеп болып, үлкен экономикалық зардап келтірген қайта сел қалыптасуына әкілді.*

DSc. Stepanov B.S., DSc. Yafyazova R.K.

### DEBRIS-FLOW PROCESSES FEATURES IN THE KARGALINKA RIVER BASIN 23 JULY 2015

**Keywords:** debris flow, water flow, sediment, loess, solid concentration in debris-flow mass, moving and confining forces

*23 July 2015 debris flow differed from debris flows typical for the Ile Alatau due to the features of the main factors of debris-flow forming and debris-flow path in the Kargalinka River valley radically. The debris-flow discharge does not exceed 100...150 m<sup>3</sup>/s. The sharp broadening of the valley in the dam site and the low value of debris-flow mass plasticity led to that the velocity of «liquid» part of the debris-flow mass ahead of the velocity of coarse grains. Partial filling a storage reservoir by mud induced the off-design debris-flow discharge in the tail-water of the dam. It led to secondary formation of a debris flow, which caused great economic damage.*

УДК 556.048

Геогр. ғылымд. канд. М.М. Молдахметов <sup>1</sup>  
Геогр. ғылымд. канд. Л.К. Махмудова <sup>1</sup>  
Г.М. Камбарбеков <sup>2</sup>

### ТОРҒАЙ ЖӘНЕ ЫРҒЫЗ ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНДЫСЫНЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ТАРАЛУ ЗАҢДЫЛЫҒЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Түйін сөздер:** ағынды тербелісі, жылдық ағынды, стохастикалық процестер, кеңістік-уақыттық үлестірім, сулылық

*Ағынды тербелісінің сипаты жөніндегі ұғымның негізінде Торғай және Ырғыз өзендерінің жылдық ағынды тербелісінің кеңістіктік-уақыттық заңдылығы кездейсоқ стохастикалық үдеріс ретінде зерттелді. Бұл зерттеліп отырған аумақтың сулылығының қазіргі күніне сәйкес келетін көпжылдық ағынды тербелісінің аумақ бойынша жалпыланған сипаттамаларын алуға мүмкіндік берді.*

**Кіріспе.** Соңғы жылдары Ырғыз-Торғай көлдер жүйесінің гидрологиялық режимі түрлі климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен күрт нашарлап кетті. Көлдердің құрғап кету қаупі байқалып отыр, тіпті 2012 жылы көптеген кішігірім көлдер түгелдер дерлік құрғап кетті. Бұл осы өңірдің тұрақты дамуына, өлкенің экожүйесіне, елдің әлеуметтік жағдайына кері әсерін тигізіп отыр. Оның үстіне «Ырғыз-Торғай» резерваты республиканың ең ірі ерекше қорғалатын табиғи аумағы болып табылады. 2007 жылы ел Үкіметінің қаулысымен құрылған «Ырғыз-Торғай» мемлекеттік табиғи резерватына «Торғай» зоологиялық қаумалы да қарайды. Аталған мекемені ашудағы мақсат - киік санын көбейту мен табиғаттың табиғи қалпын сол қалпында сақтау болатын. Резерват дала және шөлейт ландшафтылары бүлінбей сақталған далалық экожүйеге жатады. Бұл жерлерде Торғайдың қайталанбас сулы батпақты алқаптары, жыл құстары мен су құстарының тіршілік ету орталары орналасқан. Бетпақдала киік популяциясының мекен ету ортасы мен көшіп-қону жолдары да осы алқапта орналасқан.

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Тараз инновациялық-гуманитарлық университеті

Резерваттың аумағында сүтқоректілердің 42 түрі, жыл құстары мен су құстарының 250 түрі, бауырымен жорғалаушылардың 14 түрі, қосмекенділердің 4 түрі, балықтың 10 түрі тіршілік етеді. Шағыл мысығы мен бобыр жарқанаты «Қызыл кітапқа» енген.

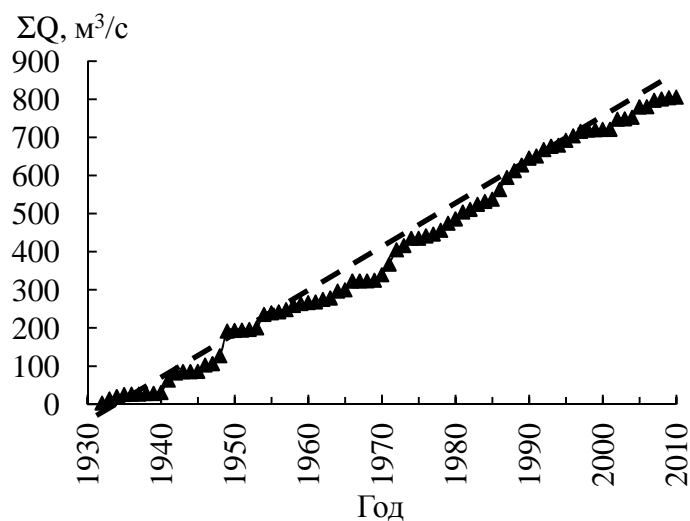
Ырғыз-Торғай алқабындағы 80 астам көлдің 60-қа жуығы – жыл құстарының жолындағы сулы-батпақты мекен. Осы көлдердің үстімен жылына 2...3 млн. су құстары мен суға жақын жерді мекендейтін құстар ұшып өтеді. Құстардың 30 түрі «Қызыл кітапқа» енген. Ырғыз-Торғай резерваты Рамсар конвенциясына (Иран) кіргізілген халықаралық маңызы бар бірегей аумақ. Сондықтан осындай аумақты сақтап қалу үшін, оның гидрологиялық режимін жан-жақты қарастырып, өзендер ағындысының кеңістіктік-уақыттық өзгергіштігінің заңдылықтарын айқындау кезек күттірмейтін мәселе. Көлдердің тартылуы, кеуіп кетуі Ырғыз, Торғай және Өлкейек өзендерінің ағынды режиміне тікелей тәуелді. Сол себепті алдымен өзендер ағындысының кеңістіктік үлестірімінің заңдылығын қарастырамыз.

**Ағынды тербелісінің аумақ бойынша үйлесімділігі.** Шалқар-Теңіз ойпатының су ресурсы ағындының қалыптасу зонасының төменгі жағында Ырғыз, Торғай, Өлкейек өзендерінің ағындысы есебінен қалыптасады, сондай-ақ Улы-жыланшық өзенінің ағындысын да есепке алу керек. Осы ағынсулардың әрқайсы жиынтық ағындыға өз үлестерін қосады, өзендердің төменгі ағысы, атап айтқанда өзендер құйылысының төменгі учаскесі гидрологиялық тұрғыдан мүлдем зерттелмегендіктен, ағындының аумақ бойынша үйлесімділігін зерттеу айрықша маңызға ие. Бірақ, алға қойылған міндетті шешуде Өлкейек өзенінің тым жеткіліксіз зерттелгенділігі (жекелеген жылдар бойынша үзік-үзік деректер бар), ал Улы-Жыланшық өзенінің тек жоғарғы ағысының зерттелгенділігі үлкен қиындықтар туғызады. Сондықтан, қазіргі жағдайда салыстырмалы түрде объективті сараптауды Шалқар-Теңіз ойпатының жиынтық су ресурсының екі негізгі құраушысы - Торғай және Ырғыз өзендеріне қатысты жүргізуге болады. Кейбір басқа да бекеттердің осындай деректері талдау кезінде пайдаланылды.

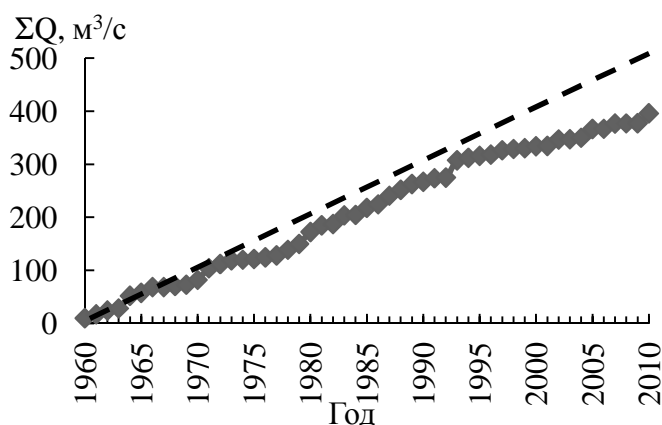
Алдын-ала қолда бар ағынды қатарларының біртектілігі зерттелді. Төмендегі 1 және 2 суреттерде Торғай өзені – Тосын құмы бекеті және Ырғыз өзені – Шеңбертал бекетінің орташа жылдық су өтімдерінің жиынтық интеграл қисықтарының графиктері берілді. Графиктерді талдау өзендердің ағынды режимінің антропогендік факторлардың әсерінен бұзылғандығы жөнінде ұйғарым жасауға негіз жоқ екендігін көрсетті, демек осы тұстамаларда жылдық ағындының біртектілігі күрт бұзылған деп айтуға



болмайды. Сондықтан, қарастырылып отырған тұстамалар бойынша жылдық ағындының статистикалық сипаттамаларының сенімділігі, тек қана, бастапқы қатарлардың сапасымен, репрезентативтілігімен және олардың статистикалық қасиеттерімен айқындалады.



Сур. 1. Торғай өзені – Тосын құмы тұстамасы бойынша орташа жылдық су өтімдерінің жиынтық интеграл қисығы



Сур. 2. Бırғыз өзені – Шеңбертал тұстамасы бойынша орташа жылдық су өтімдерінің жиынтық интеграл қисығы.

Торғай және Бırғыз өзендері алаптарының түрлі аумақтарында ағынды тербелісінің үйлесімділік дәрежесін сипаттайтын ауданның кейбір өзендерінің жылдық ағынды шамаларының арасындағы байланысты сипаттайтын жұп корреляция коэффициенттердің шамалары жөніндегі деректер 1 кестеде келтірілді.

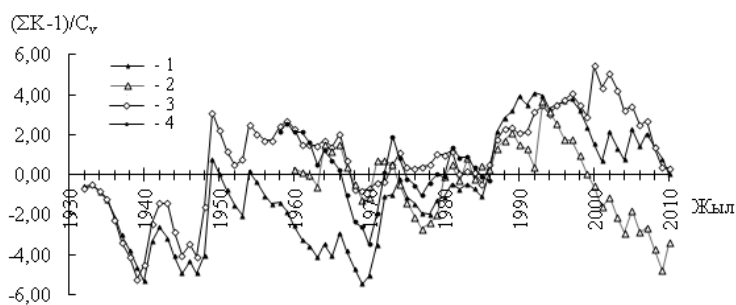
Жылдық ағынды шамаларының арасындағы жұп корреляция коэффициенттері

Өзен-бекет	Өзен-бекет				
	Торғай – Тосын құмы	Ырғыз – Шеңбертал	Ырғыз – Дөңгелексор а.	Қараторғай – Үрпек а.	Улыжыланшық – а. Қорғантас
Торғай – Тосын құмы	1,00	0,57	0,44	0,70	0,58
Ырғыз – Шеңбертал		1,00	0,84	0,40	0,60
Ырғыз – Дөңгелексор а.			1,00	0,23	0,34
Қараторғай – Үрпек а.				1,00	0,53
Улыжыланшық – а. Қорғантас					1,00

Кестедедегі деректерден қарастырылып отырған ауданның өлшемі аса үлкен еместігіне қарамастан жылдық ағынды шамаларының аумақ бойынша байланысы өте әлсіз. Атап айтқанда, негізгі екі құраушы – Торғай мен Ырғыз өзендерінің ағындысы өзара әлсіз байланысады. Тіпті Торғай өзені мен оның саласы Қараторғай өзенінің орташа жылдық су өтімдері байланысының тығыздығын сипаттайтын жұп корреляция коэффициенті 0,70 құрайды. Торғай өзені мен Қаракенгір өзендерінің әртүрлі алаптарға жататындықтарына қарамастан орташа жылдық және ең жоғары су өтімдері сияқты сипаттамалары Торғай және Ырғыз өзендерінің ағындыларына қарағанда анағұрлым жақсы байланысады. Біріншіден, олардың ағындылары әртүрлі жүйелерде қалыптасады: Ырғыз өзенінің ағындысы – Мұғалжарда жәнге Торғай үстүртінің батыс бөлігінде, ал Торғай өзенінің ағындысы – қазақтың ұсақ шоқысында. Екіншіден, су жинау алабында түрлі жағдайларда ағындының шығындалуына байланысты, ұлғайған өзен иірімдерін, су жинау алабындағы көптеген ойыстар мен көлдерді суға толтыру кезінде ағынды байланысы айтарлықтай әлсірейді.

Түрлі өзендердің ағынды тербелістерінің үйлесімділігін талдау үшін айырымдық интеграл қисықтары қолданылады. Әдістің соншалықты шарттылығына қарамастан олар өзендер сулылығы жүргісінің үйлесімділігін немесе үйлесімнің жоқ екендігін өте жақсы бейнелейді [1].

Торғай өзенінде келесі кезеңдер байқалды (сурет 3): 1) 1930 жылдары сулылығы аз жылдар, 1940 жылдары – сулылығы мол жылдар; 2) 1950...1960 жылдары – сулылығы аз жылдар, 3) 1970...1980 жылдары – сулылығы мол жылдар, 1992 жылдан 2010 жылға дейін сулылығы аз жылдар байқалды, бірақ кезең ішінде үлкен ағынды тербелісі байқалды.



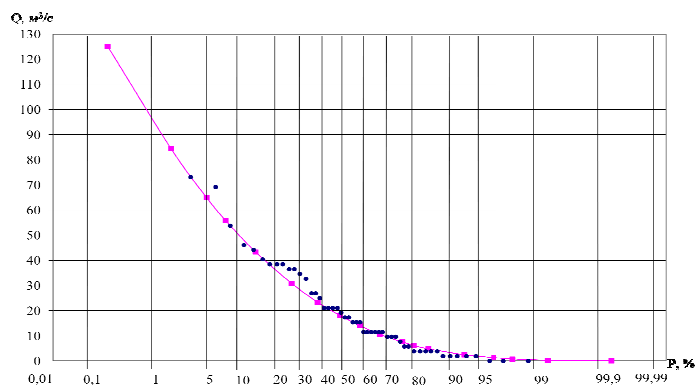
Сур. 3. Торғай алабы өзендерінің жылдық ағындысының айырымдық интеграл қисықтары. 1 – Торғай – Тосын құмы, 2 – Ырғыз – Дөңгелексор а., 3 – Қараторғай – Үрпек а., 4 – Улыжыланшық – а. Қорғантас.

Қараторғай өзенінде график бойынша, сулылығы аз кезең 1930-шы және 1960-шы жылдары байқалған, сондай-ақ сулылығы аз жылдар 2000 жылдардан бастап байқалып отыр. Улыжыланшық өзенінде де көпжылдық ағынды сулылығы осыған ұқсас, бірақ бұл өзенде 1980-ші жылдары өзен сулылығы біршама төмен болған.

Ырғыз өзенінде өткен ғасырдың 60-шы жылдарының ортасынан 70-ші жылдардың ортасына дейін сулылығы аз кезең, сонан кейін сулылығы мол кезең байқалды. Торғай және Ырғыз өзендерінде ағындысы жоғары және ағындысы төмен фазалар ұзақтығының уақыт бойынша сәйкессіздігі ағынды қатарлары ұзақтығының әркелкі болуымен айқындалуы мүмкін. Өйткені Ырғыз өзені бойынша сулылығы аз кезеңнің айтарлықтай басым бөлігі гидрометриялық бақылаулармен қамтылмаған, таңдаманың орташа шамасы жоғарылап кеткен және сулылығы аз кезеңнің шекарасы шындығында біршама ығысқан.

Ырғыз және Торғай өзендерінің сулылықтарының үйлесімділігін бағалау үшін екі ағынды қатары мүшелерінің қамтамасыздықтарының сәйкестігіне талдау жүргізілді. Ол үшін 4 - суретте Торғай өзенінің Тосын құмы тұстамасында және Ырғыз өзенінің Шеңбертал тұстамасында байқалған орташа жылдық су өтімдерінің қамтамасыздықтарының айырымдарының эмпирикалық қамтамасыздық қисығы тұрғызылды.

Суреттен көріп отырғанымыздай, барлық жағдайдың жуықтап үштен бір бөлігінде ағынды қамтамасыздықтарының айырымы 10 % және екіден үш бөлігінде 20 % аспайды. Қатар бақылау жүргізілген кезеңнің басым бөлігінде ағынды тербелісінің үйлесімі жақсы деп ұйғарым жасауға болады. Бірақ, жағдайдың 10 % айырмашылық 40 % жоғары, соның ішінде олар шамамен 70 % болды.



Сур. 4. Торғай (Тосын құмы) және Ырғыз (Шеңбертал) өзендерінің жылдық ағынды шамаларының асып түсу ықтималдықтары айырымының (P %) қамтамасыздық қисығы.

Кейбір жылдары ағынды үйлесімі өте жоғары, қамтамасыздық шамаларының арасында айырмашылық жоқ (1988 жыл қамтамасыздығы 27 % және сулылығы аз жылдар 1977 және 2001 жж. тиісінше қамтамасыздықтары 61 және 88 %). Сулылығы аз жылдарда ағынды үйлесімі жоғары: 1967 жыл (Торғай және Ырғыз бойынша су өтімдерінің қамтамасыздықтары тиісінше 96 және 98 %), 2006 жыл (92 және 94 %), 1975 жыл (94 және 79 %). Бірақ, 1974 жылы Торғай бойынша орташа жылдық су өтімінің қамтамасыздығы 15 %, яғни қалыпты шамадан біршама жоғары болды, ал Ырғыз бойынша – 84 %, 2010 жылы Торғай бойынша қамтамасыздық 83 %, ал Ырғыз бойынша 10 %. Осы 2010 жыл қамтамасыздық шамаларының арасындағы ең үлкен айырмашылықты берді. Бұл жылдан басқа, айтарлықтай үлкен айырмашылық орын алған жағдайларда бір өзенде ағынды жоғары болса, басқа өзенде қалыпты шамаға жуық болған: 1972 жыл (2,0 және 40 %), 1987 жыл (11 және 50 %), 1993 жыл (48 және 2 %). Сонымен, жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, мынадай қорытынды жасауға болады: өзендер ағындысы тұтастай алғанда аумақ бойынша үйлесімді өзгереді. Қарастырылып отырған аудан өзендері ағындысының арасындағы байланысты сипаттайтын корреляция коэффициенттерінің төмен болуы жекелеген жылдарда орын алатын ағындының асинхрондылығына байланысты, әсіресе бір өзенде көктемгі су тасқыны аса жоғары болып, келесі өзенде төмен болуына тәуелді.

**Өзен ағындысының өзеннің ұзына бойымен өзгерісі.** Торғай өзенінде сулылығы мол жылдар мен сулылығы аз жылдарда өзеннің ұзына бойымен жылдық ағынды шамасының өзгеруінде айырмашылық айтарлықтай үлкен. Оны кесте 2 көруге болады.

Торғай – Тосын құмы бекеті ( $F = 56500 \text{ км}^2$ ) мен Қараторғай – Ақөткел бекетінің ( $F = 14700 \text{ км}^2$ ) орташа жылдық су өтімдерінің айырмашылығы өте үлкен емес – 11,8 және  $10,3 \text{ м}^3/\text{с}$ . Бұл біржағынан бастапқы қатарлар құрамының әртүрлі болуынан, атап айтқанда Торғай өзенінің орташа жылдық ағындысының өзеннің ұзына бойымен ұлғаюы, ағынды шығынының өте үлкен болуына байланысты елеусіз болады. Сулылығы аз жылдары Қараторғай өзенінің ағындысы төменгі бекет тұстамасына дейін жететін ағынды мөлшерінен айтарлықтай мол болады. Ал суы мол жылдары – кері қатынас орын алады, су өтімі өзеннің ұзына бойымен ұлғаяды, яғни Торғай өзенінің төменгі ағысында суы аз жылдары жергілікті ағындының қалыптаспауы немесе өте аз көлемде қалыптасатыны былай тұрсын, бұл жерге жоғарыдан келетін ағынды иірімдерді, жайылманың ойыстарын толтыруға шығындалады.

Кесте 2

Қамтамасыздығы әртүрлі су өтімдері,  $\text{м}^3/\text{с}$

Өзен-бекет	$C_v$	$C_s$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Қамтамасыздық, %							
				1	5	10	25	50	75	90	95
Торғай – Тосын құмы	1,08	2,16	11,8	59,6	38,0	24,3	16,4	7,55	2,84	0,87	0,35
Қараторғай – Ақөткел	0,44	0,88	10,3	20,8	17,8	16,2	13,4	10,3	7,20	4,40	(2,60)
Ырғыз – Дөңгелексор	1,00	1,00	3,56	14,4	10,7	9,00	5,90	2,63	0,50	0,10	(0)
Ырғыз – Шеңбертал	0,82	1,40	9,00	33,0	23,4	19,9	12,6	7,40	3,60	1,35	(0)
Ұлыжыланшық – Қорғантас	0,72	1,20	0,36	1,18	0,86	0,71	0,52	0,31	0,17	0,09	0,04

Бұл сұраққа арнайы көңіл бөлініп, Торғай өзені ағындысының су жинау алабы ауданының өсуіне қарай өзгеруі зерттелді, яғни ағындының өзеннің ұзына бойымен өзгеруі қарастырылды. Торғай, Қараторғай және Сарыторғай өзендерінің бекеттері бойынша деректер қарастырылды. Сулылығы төмен 1961 жыл мен суы мол 1973 жылдары су өтімінің өзгерісі айтарлықтай өзгеше. Алаптың сулылығы төмен болған жылы су өтімінің  $0,60 \text{ м}^3/\text{с}$   $4,50 \text{ м}^3/\text{с}$  өсуі алаптың ауданы  $25000 \dots 30000 \text{ км}^2$  жетекенге дейін жалғасады, ал Торғай өзенінің бойында ортаңғы ағысынан бастап күрт төмендейді де Тосын құмы бекетінің тұсында  $2,00 \text{ м}^3/\text{с}$  азаяды. Тиісінше, жылдық ағынды модулінің су жинау алабының ауданы бойынша өзгеруі өте үлкен шамаға жетеді.  $q = \frac{A}{Fn}$  түріндегі редукциялық формуланың көрсеткіші 1,0 жақындап, жуықтап 0,86 құрайды [2].

Суы мол жылы су өтімінің ұлғаюы, өзеннің ұзына бойымен түгелдей дерлік, Тосын құмы бекетін қоса алғанға дейін жалғасады. Бірақ, су өтімінің өсуі су жинау алабының ауданы кіші болғанда айтарлықтай

үлкен, ал өзеннің ортаңғы ағысы мен төменгі ағысында сі өтімінің өсуі баяу жүреді. Тиісінше, редуциялық формулаға кіретін  $F$  алап ауданының дәрежесі кіші болады.

Ырғыз өзенінде ағынды модулінің алаптың ауданы бойынша өзгеру құбылысы айқын емес. Сулылығы мол 1971 және 1980 жылдары төменгі бекетте байқалған су өтімі жоғарғы бекетте байқалған су өтімінен екі есе жоғары. Ал 1964 жылы – 4 есе үлкен. Ал 1983 жылы 1,5 есе төмен. Жекелеген жылдары ол 0,5÷6,0 аралығында өзгереді, басым жағдайда 3,0÷4,0 құрайды. тек сулылығы өте төмен 1967 жылы ғана Дөңгелексор бекеті тұстамасында ораша жылдық су өтімі Шеңбертал тұстамасының су өтімінен жоғары болды. Тиісінше 0,28 және 0,16 м<sup>3</sup>/с құрады. Демек, суы аз жылдары Ырғыз өзенінде де ағындының өзеннің ұзына бойымен шығынға ұшырауы мүмкін, бірақ, көп жағдайда ағындының ұлғаюы орын алады.

Жасалған зерттеу жұмыстарын қорытындылай келе Торғай өзенінің төменгі ағысының суландырылуы тек сулылығы мол жылдары ғана орын алады деп ұйғарым жасауға болады. Сондықтан, Торнай өзені алабынан Ақтөбе облысына су алуды, егер ол мүмкін болса, тек сулылығы мол жылдары ғана жүзеге асырған дұрыс.

**Қорытынды.** Сонымен, табиғи қорықтардың ерекше қорғалатын сулы-батпақты жерлері бұзбай табиғи қалыпта сақтап қалу үшін көлдердің қажетті су деңгейін ұстап отыру үшін қажетті су көлемін айқындайтын арнайы су-техникалық ізденіс жұмыстарын, ғылыми және жобалау жұмыстарын жүргізудің қажетілігі туындап отыр. Оның үстіне, бұл зерттеулер осы көлдерді шаруашылық мақсатта пайдаланудың тиімділігін және техникалық мүмкіндігін айқындауы тиіс.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов П.П. Методика оценки в ходе речного стока // Метеорология и гидрология. – 1975. – № 4. – С. 101-104.
2. Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Құрманғазы Е. Орталық Қазақстан өзендерінің жылдық ағынды үлестіріміне антропогендік фактордың тигізетін әсерін бағалау // Вестник КазНУ, серия географическая. – 2011. – №2 (33). – С. 47-52.

Поступила 7.06.2016

Канд. геогр. наук  
Канд. геогр. наук

М.М. Молдахметов  
Л.К. Махмудова  
Г.М. Камбарбеков

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА РЕК ТОРГАЙ И ИРГИЗ**

**Ключевые слова:** колебание стока, годовой сток, стохастические процессы, пространственно-временное распределение, водность реки

*Исследованы пространственно-временные закономерности колебаний годового стока рек Торгай и Иргиз на основе представления о характере колебаний стока, как стохастическом случайном процессе. Это позволило получить обобщенные по территории характеристики многолетних колебаний годового стока, соответствующие современному состоянию водности исследуемого региона.*

M.M. Moldakhmetov, L.K. Makhmudova, G.M. Kambarbekov

### **FEATURES OF THE SPACE-TIME DISTRIBUTION OF TURGAI AND IRGIZ RIVERS' RUNOFF**

**Keywords:** runoff fluctuation, annual runoff, stochastic processes, spatial and temporal allocation, hydraulicity of the river

*The spatial and temporal patterns of Torgai and Irgiz Rivers annual runoff fluctuation based on ideas about the nature of the flow fluctuations as a stochastic random process. It is possible to obtain characteristics of long-term runoff fluctuation, generalized by the territory and corresponding to the current state of the water content of the study area.*

УДК 551.8+930.26

М.Г. Алмамедли<sup>1</sup>**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКЛОНОВ БАСЕЙНА РЕКИ ЛЯНКЯРАНЧАЙ (АЗЕРБАЙДЖАН)**

**Ключевые слова:** элементарный склон, глубина расчленения, морфометрия, рельеф, бассейновый подход

*В статье рассматриваются особенности рельефа бассейна реки Лянкяранчай, стекающей с Тальшской горной системы. На основе топографической карты масштаба 1:100 000 в бассейне выделены 838 элементарных склонов. Для них определены глубина расчленения и экспозиция по общеизвестной методике, в том числе, с использованием ГИС-технологий. Выявлены геоэкологические особенности территории в зависимости от различий в данных показателях. Отмечено практическое и теоретическое значение исследования в данном направлении.*

**Введение.** Глубина расчленения рельефа является одним из основных морфометрических показателей. Точность определения и картографирования количественных характеристик данного морфометрического показателя рельефа зависит от применяемой методики и картографического источника. При этом, как правило, в морфометрических исследованиях глубина расчленения определялась в пределах квадрата, сфероидических трапеций и т.д. Однако недостатком способа является то, что разность высот определяющихся по квадратам или по сфероидическим трапециям, располагаемым по отношению к рельефу – случайны [8].

Положительной стороной способа является то, что полученные с крупномасштабных карт показатели превышений в рельефе определяются по равным площадям, в связи, с чем их можно сравнивать, и наносить на составляющуюся карту любого масштаба, что создает удобство для их картографирования [8]. Наряду с этим многими авторами отмечены целесообразность исследований глубины расчленения рельефа, на основе бассейнового подхода.

Учитывая вышесказанное, автором определена глубина расчленения в пределах элементарного склона на основе бассейнового подхода.

---

<sup>1</sup> Сумгаитский Государственный Университет, Азербайджан



Составлением карт глубины расчленения занимались Пириев Р.Х. [8], Мехбалиев М.М. [4], Раджабли Т.Р. [9], Червяков В.А. [10], Берлянт А.М. [2], Анисимов В.М. [1] и др.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследования является бассейн р. Лянкяранчай (Ленкорань), которая течет во влажно субтропической зоне Талышской горной системы в широтном направлении, и на востоке впадает в Каспийское море. Рельеф бассейна гористый и сильно расчленен. Тектоническая активность увеличивается к водораздельной зоне Талышских гор.

Площадь исследуемой территории составляет 1098,50 км<sup>2</sup>, а максимальная высота 2493 м (г. Кёмуркёй).

Картографическими источниками послужили топографические карты масштаба 1:10 000, где выделены 838 элементарных склонов. Для каждого склона глубина расчленения вычислена по общеизвестной формуле:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min},$$

где  $\Delta H$  – глубина расчленения,  $H_{\max}$  – максимальная высота в пределах элементарного склона,  $H_{\min}$  – минимальная высота в пределах элементарного склона.

При измерении площадей и при составлении карт расчленения склонов использовались ГИС-технологии (ArcGIS 10.2.1) (рис. 1).

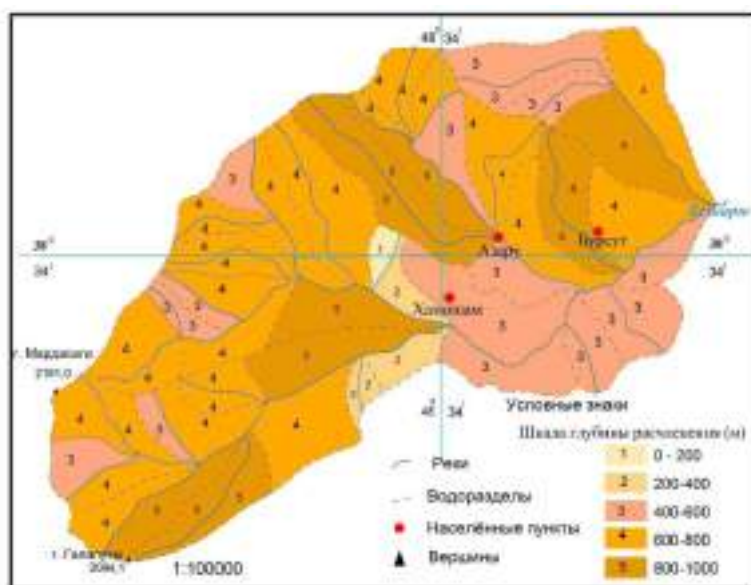


Рис. 1. Карта глубины расчленения склонов бассейна р. Лянкяранчай (фрагмент).

Вычисленные значения глубины расчленения в пределах элементарного склона сгруппированы в шесть интервалов: 0...200, 200...400, 400...600, 600...800, 800...1000, 1000...1200. Подсчитано количество и измерена площадь склонов (табл. 1).

Таблица 1

Основные картометрические и морфометрические показатели склонов бассейна р. Лянкяранчай

Глубина расчленения, м	Количество		Площадь, км <sup>2</sup>		Густота склонов, скл./км <sup>2</sup>
	абс.	%	абс.	%	
0...200	31	3,70	21,00	1,91	1,48
200...400	232	27,68	255,49	23,26	0,91
400...600	318	37,95	385,23	35,07	0,83
600...800	169	20,17	265,36	24,16	0,64
800...1000	71	8,47	123,01	11,20	0,58
1000...1200	17	2,03	48,41	4,40	0,35
<b>Итого</b>	<b>838</b>	<b>100,00</b>	<b>1098,50</b>	<b>100,00</b>	<b>0,76</b>

На основе табл. 1 построена гистограмма статистического распределения количества и площадей склонов с различной глубиной расчленения.

**Полученные результаты.** По результатам исследования предложена классификация склонов по степени их расчленения: 0...400 (слабо расчлененные), 400...800 (средне расчлененные), 800...1200 (сильно расчлененные) табл. 2.

Таблица 2

Основные картометрические и морфометрические показатели склонов с различной степенью расчлененности в бассейне р. Лянкяранчай

Классификация	Количество		Площадь, км <sup>2</sup>		Густота склонов, скл./км <sup>2</sup>
	абс.	%	абс.	%	
Слабо расчленённые	263	31,38	276,49	25,17	0,93
Средне расчленённые	487	58,12	650,59	59,23	0,75
Сильно расчленённые	88	10,50	171,42	15,60	0,51
<b>Итого</b>	<b>838</b>	<b>100,00</b>	<b>1098,50</b>	<b>100,00</b>	<b>0,76</b>

Как следует из данных табл. 2 на исследуемой территории по количеству (487; 58,12 %) и площади (650,59 км<sup>2</sup>; 59,23 %) преобладает средне расчлененные склоны ( $\Delta H = 400...800$  м). Они распространены в среднегорной и частично высокогорной зонах. Для ведения хозяйственной деятельности здесь необходимы дополнительные денежные вложения. Широко распространены процессы эрозии и денудации. Можно заниматься горно-пешеходным туризмом. Густота таких склонов составляет 0,75.

Слабо расчлененные ( $\Delta H = 0 \dots 400$  м) склоны распространены в основном в нижнем течении р. Лянкяранчай. Они занимают 276,49 км<sup>2</sup> (25,17 %) площади исследуемой территории. Количество таких склонов достигает 263 (31,38 %), а густота – 0,93. Такие склоны в целом пригодны для основных видов хозяйственной деятельности. Здесь можно заниматься вело- и автотуризмом.

Наименьшим количеством 88 (10,50 %) и площадью 171,42 км<sup>2</sup> (15,60 %) характеризуются сильно расчлененные ( $\Delta H = 800 \dots 1200$  м) склоны. Здесь широко распространены сели, обвалы, осыпи, камнепады.

Районы распространения таких склонов можно назвать зонами риска. Здесь инженерно-строительные и сельскохозяйственные работы почти невозможны, можно заниматься зимним (и приключенческим) туризмом.

Величина глубины расчленения склонов зависит от современных тектонических движений, литологии пород, уклона поверхности и т.д.

Среди морфометрических показателей глубина расчленения, помимо литолого-структурных особенностей горных пород, тесно связана с крутизной и высотой склонов, уровнем базиса эрозии.

Карта глубины расчленения склонов имеет большое значение при исследовании закономерностей формирования и строения рельефа, особенностей современных и новейших тектонических движений, вертикальной зональности компонентов ландшафта и физико-географических процессов. Кроме теоретического она имеет очень большое практическое значение при рациональном использовании и охране рельефа, выборе мест для оросительных систем, развития сельского хозяйства [9], особенно при градостроительстве, строительстве дорог, выборе туристических маршрутов [4] и т.д.

На исследуемой территории из морфометрических показателей большое значение, с точки зрения влияния человека на хозяйственную деятельность и состояние окружающей среды, имеет экспозиция склонов. Исследование экспозиции склонов было осуществлено с применением ГИС-технологий. С этой целью, была использована топографическая карта масштаба 1:100 000, проанализированы работы, посвященные морфометрическому анализу рельефа и средообразующей функции рельефа [1, 2, 4, 7].

При исследовании экспозиций склонов и составлении карты был использован традиционный способ картографо-морфометрического анализа. Площади склонов были вычислены с использованием компьютерной программы Arc GIS map. Version 9.3, 2009.

Составление карты экспозиций было осуществлено со следующей последовательностью:

1. На топографической карте масштаба 1:100 000 были определены границы склонов на основе линий водоразделов различного уровня и долинно-овражной сети.

2. В пределах каждого склона были проведены перпендикулярные линии от линии водораздела до русел рек в долине.

3. Азимуты или румбы стрелок вычислены с помощью транспорта.

Количественные показатели экспозиции склонов обобщены в табл. 3.

Таблица 3  
Количественные показатели экспозиций склонов бассейна р. Лянкяранчай

Экспозиция склона	Количество		Площадь		Средняя величина площади	Густота склонов
	абс.	%	абс.	%		
С	55	8,33	104,13	9,7	1,89	0,05
СВ	128	19,38	214,89	20,01	1,68	0,12
В	99	15,00	151,34	14,10	1,53	0,09
ЮВ	87	13,18	134,72	12,55	1,55	0,08
Ю	55	8,33	98,62	9,18	1,79	0,05
ЮЗ	96	14,55	143,46	13,36	1,49	0,09
З	64	9,70	94,40	8,79	1,48	0,06
СВ	76	11,52	132,16	12,31	1,74	0,07
<b>Итого</b>	<b>660</b>	<b>100,00</b>	<b>1073,76</b>	<b>100,00</b>	<b>1,63</b>	<b>0,61</b>

При составлении карты экспозиций, следуя принципам термических признаков цветов, были использованы красный и синий цвета и их сочетания. Так как южные склоны хорошо обеспечены теплом, то они изображены красным цветом, а склоны северной экспозиции, слабо обеспеченные теплом, изображены, синим цветом. Другие склоны изображены различными оттенками этих цветов в соответствии со степенью теплообеспеченности. Карта экспозиций составлена по 8 румбам в масштабе 1:100 000 (рис. 2).

**Выводы.** Результаты морфометрического анализа экспозиции склонов бассейна р. Лянкяранчай показывают, что здесь по числу (314, 47,57 %) и площади (500,95 км<sup>2</sup>, 46,66 %) преобладают склоны с восточной экспозицией (северо-восточные, восточные, юго-восточные). Это показывает в целом, уклон территории на восток, а малые величины среднего показателя площади и морфометрических показателей густоты склонов указывают на сильную расчлененность территории рельефа бассейна. Из-за хорошей обеспеченности теплом такие склоны считаются благоприятными для развития различных отраслей хозяйства.

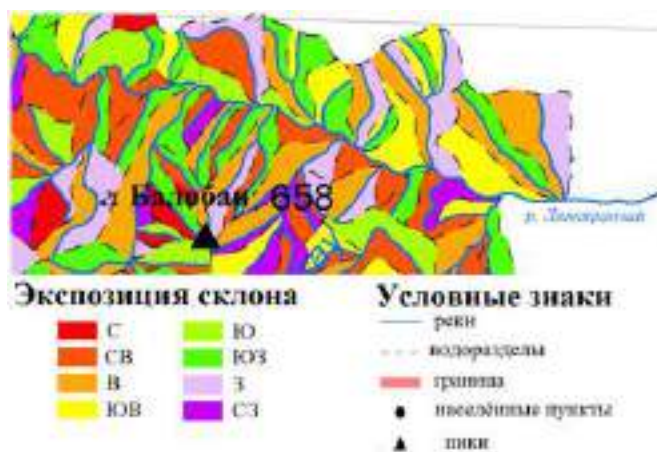


Рис. 2. Карта экспозиций склонов бассейна р. Лянкяранчай (фрагмент).

Вместе с этим, оценка рельефа, как элемента экосистемы выполняющего средообразующую функцию, играет большую роль при изучении геоморфологии природных памятников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов В.И. Основы морфометрического анализа рельефа. – Грозный: ЦИГУ, 1987. – 91с.
2. Берлянт А.М. Образ пространства: Карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
3. Кулиев Р.Я. К методам морфометрической оценки напряженности экогеоморфологической обстановки // Вестник БГУ, серия естественных наук, География. – 2006. – № 3. – С. 151-158.
4. Мехбалиев М.М. Морфометрическое исследование рельефа в рекреационных целях. // Изв. РГО. – Т. 133. – Вып. 6. – С. 76-80.
5. Мехбалиев М.М. Морфометрическое исследование рельефа Загатальского заповедника с применением ГИС в целях развития туризма // ARC REVIEW. Современные геоинформационные технологии. – 2010. – № 1 (52). – С. 14-15.
6. Мехбалиев М.М. Составление карты балльной оценки экспозиции склонов // Изв. РГО, СПб. – Т. 139. – Вып. 1. – 2007. – С. 75-84.
7. Николаевская Е.М. Методические указания по проектированию и составлению комплексных научно-справочных атласов. / Морфометрические карты рельефа, Вып. 4 – М.: МГУ, 1966. – 30 с.
8. Пириев Р.Х. Методы морфометрического анализа рельефа (на примере территории Азербайджана). – Баку: Элм, 1983. – 119 с.

9. Раджабли Т.Р. Морфометрические исследования Карабахской равнины и примыкающих к ней склонов Малого Кавказа в целях сельского хозяйства: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Баку, 1990. – 24 с.
10. Червяков В.А. Количественные методы в географии. – Барнаул: Алтайский Государственный Университет, 1998. – 258 с.

Поступила 12.06.2016

М.Г. Алмамедли

#### **ЛЕНКОРАН (ӨЗІРБАЙЖАН) ӨЗЕНІ БАССЕЙНІ БАУРАЙЛАРЫНЫҢ МОРФОМЕТРИЯЛЫҚ САРАПТАМАСЫ**

**Түйін сөздер:** бастауыш баурайы, бөлшектенген тереңдігі, морфометрия, бедер бассейндік көзқарас

*Мақалада талыш тау жүйесінен ағатын Ленкоран өзені бассейнінің бедерінің ерекшеліктері қарастырылады. Масштабы 1:100 000 топографиялық карта негізінде бассейнде 838 қарапайым баурайлар анықталды. Оларға танымал әдіс бойынша, сонық ішінде ГАЖ технологиясы, бөліну тереңдігі мен экспозициясы анықталды. Берілген көрсеткіштердің айырмашылығыни қарай аймақтың геоэкологиялық ерекшеліктері айқындалды. Осы бағыттағы зерттеулердің тәжірибелік пен теориялық маңыздылығы белгіленді.*

M.G. Almammadli

#### **MORPHOMETRIC ANALYSIS OF SLOPES IN THE LANKARANCHAY RIVER BASIN**

**Keywords:** elementary slope, depth composition, morphometry, relief, basin approach

*The article discusses the features of the relief Lenkeranchay River, flowing from the Talysh mountain range. Based on the topographic map scale of 1: 100,000 in the basin are allocated 838 elementary slopes. They determined the dismemberment of depth and exposure to conventional techniques, including using GIS technology. Identified geo-ecological features of the territory, depending on the differences in these figures. It noted practical and theoretical value of the Exploration in this area.*

УДК 551.311.551.4

В.Н. Минеев<sup>1</sup>  
Доктор геогр. наук    Б.С. Степанов<sup>2</sup>  
Доктор техн. наук    Р.К. Яфязова

### НЕКОТОРЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ УРОКИ СЕЛЯ 2015 ГОДА НА РЕКЕ КАРГАЛИНКА

**Ключевые слова:** водный поток, паводок, селевая масса, плотина, водовыпуск, расход, скорость, твердая составляющая, жидкая составляющая

*Недостаточная изученность условий формирования селей в бассейне р. Каргалинка стала причиной непредусмотренного расхода селя в нижнем бьефе плотины, что привело к вторичному селеформированию, нанёсшему большой экономический ущерб. Объясняется это различием скоростей движения крупных фракций твердой составляющей селевой массы и жидкой составляющей (вода и относительно мелкие фракции), особенностями проявления движущей и удерживающей сил при заполнении селехранилища, а также конструкцией водовыпусков плотины.*

Хребет Иле (Заилийский) Алатау как по разнообразию механизмов селеформирования и селевой активности, так и ущерба, нанесенного и ожидаемого, занимает одно из первых мест на Земном шаре. Вероятно из-за молодости селеведения, а тем более опыта защиты от селевых потоков, здесь строились плотины различные по размерам и конструкции: насыпные, железобетонные, глухие, ячеистые, сквозные, арочные и др. Селехранилища имеют объем от долей миллиона кубических метров до 14,3 млн м<sup>3</sup>. К сожалению, практически все проекты этих сооружений основывались на СНиП (строительные нормы и правила), разработанных к началу 90-х годов прошлого века.

Одним из таких сооружений является железобетонная плотина на р. Каргалинка. Ее рабочий проект разработан в 1986 г., корректировка проекта была выполнена в 2003 г. Строительство осуществлялось в период 1987...1992 гг. Затем (из-за отсутствия финансирования) строительство прекращалось, но было возобновлено и закончено 15.07.2003 г. Эти и все

<sup>1</sup> ТОО «АрхСпецСтройПроект», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Казгидромет, г. Алматы, Казахстан

дальнейшие сведения, касающиеся исходных данных и конструкции плотины взяты из «Инструкции по технической эксплуатации противоселевого сооружения на р. Каргалинка», изданной в 2011 г. (в дальнейшем «Инструкция»). Характеристики водных и селевых потоков, принятые при проектировании плотины, приведены в табл.

Таблица

Общие сведения об объекте

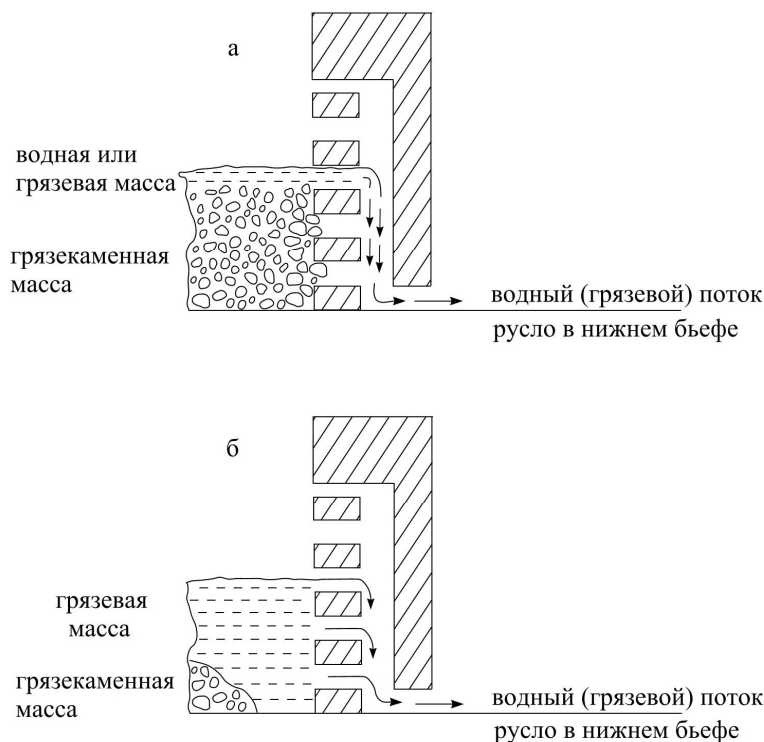
Наименование	Показатель
Характеристики потоков	
Максимальный расход при ливневом паводке	
$p = 0,01 \%$	47,5 м <sup>3</sup> /с
$p = 1,0 \%$	19,8 м <sup>3</sup> /с
Критический расход	10,0 м <sup>3</sup> /с
Объем воды при паводке	
$p = 0,01 \%$	439 тыс. м <sup>3</sup>
$p = 1,0 \%$	183 тыс. м <sup>3</sup>
Возможный объем селевого потока	
$p = 0,01 \%$	5,268 млн м <sup>3</sup>
$p = 1,0 \%$	1,196 млн м <sup>3</sup>
Возможный расход селевого потока	
$p = 0,01 \%$	1425 м <sup>3</sup> /с
$p = 1,0 \%$	594 м <sup>3</sup> /с
Плотность селевой массы	2400 кг/м <sup>3</sup>
Класс сооружений объекта	III
Емкость селехранилища	1,2 млн м <sup>3</sup>

Проверка на «прочность» плотины на р. Каргалинка произошла 23.07.2015 г., когда в результате прорыва моренного озера образовался грязекаменный селя. Характеристики селя (среднего по расходу и объему) претерпевали значительные изменения вследствие геологических и геоморфологических особенностей речного бассейна. Главным отличием обсуждаемого селя от катастрофических селей в бассейнах рек Есик, Киши и Улкен Алматы было то, что скорость движения твердой и жидкой составляющих селя существенно отличались. Это обстоятельство повлияло на процесс заполнения селехранилища.

Благодаря одинаковой скорости движения составляющих селевой массы (жидкой и твердой), входные отверстия водоотводящих каналов, расположенных в теле плотины забивались крупными (а затем и мелкими) фракциями. Поэтому в водоотводящие каналы плотины вода (жидкая со-



ставляющая селя) поступает только через «окна», расположенные выше остановившейся селевой массы (рис. 1а). Движение воды (жидкой составляющей селя) по каналам в теле плотины происходит в безнапорном режиме. Иная ситуация имела место при заполнении селехранилища на р. Каргалинка (рис. 1б). Фронтальная часть селя, представленная грязевой составляющей, имела расход, превышающий пропускную способность водовода плотины (в безнапорном режиме). Поэтому перед плотиной происходило ее накопление. С увеличением уровня «грязевого озера» увеличивалось гидростатическое давление на входе водоприемника, в результате чего возрастал расход грязевой составляющей, поступавшей в нижний бьеф плотины, что не было учтено при разработке конструкции плотины.



*Рис. 1. Схемы функционирования водоотводов плотины.  
а – предполагавшаяся проектом схема заполнения селехранилища;  
б – схема заполнения селехранилища в 2015 г.*

Когда значение расхода грязевой массы через водопропускные сооружения при напоре 12 м стало равным расходу селя на входе в селехранилище, уровень его заполнения стабилизировался. О максимальном уровне заполнения селехранилища грязевой составляющей селевой массы свидетельствуют следы на плотине (рис. 2). При уменьшении расхода се-

ля, поступавшего в селехранилище, уровень уменьшался, расход грязевой составляющей в нижнем бьефе (в створе плотины) также уменьшался. В момент максимального заполнения селехранилища расход грязевой составляющей в несколько раз превышал проектную величину.



*Рис. 2. Следы максимального заполнения селехранилища грязевой массой в бассейне р. Каргалинка.*

В «Инструкции по технической эксплуатации противоселевого сооружения на р. Каргалинка» постулируется, что подпор воды перед решеткой водозаборника не будет превышать 2,5...3 м (на плотине два водозаборника). При таком подпоре расход воды в нижнем бьефе не должен был превышать  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ . На уклонах, типичных для конуса выноса р. Каргалинка (0,025...0,065), указанный расход воды не способен трансформироваться в грязекаменный сель, поскольку не обеспечивается условие равенства скорости воды и всех крупностей частиц горных пород, принимающих участие в селеобразовании [1]. Несоблюдение этого требования приводит к формированию отмостки и уменьшению расхода наносов до бытового значения.

В силу условий формирования и движения селя 23.07.2015 г. селехранилище заполнилось преимущественно грязевой составляющей и ее подпор перед решеткой водозаборника достигал 12 м. Следовательно, скорость движения грязевой составляющей в «водопроводящем тракте» определялась преимущественно давлением, обусловленным горизонтом забора грязевой массы в секцию шахты. Поскольку вязкость и пластичность грязевой составляющей селевой массы были относительно невелики, сопротивление ее движению по каналам в теле плотины определялось турбу-

лентным сопротивлением. Суммарный расход грязевого потока на выходе из водопроводящего тракта превышал 20...25 м<sup>3</sup>/с.

Поток воды с таким расходом привел бы к деформации существовавшего русла, однако существенного увеличения расхода (вследствие вовлечения в движение наносов) не произошло. По-иному развивался процесс в нижнем бьефе плотины, когда из нее изливалась грязевая масса с плотностью около 2000 кг/м<sup>3</sup> и расходом 20...25 м<sup>3</sup>/с: при таком расходе и плотности грязевой поток способен не только в ходе эрозионного процесса углублять и расширять русло в селевых отложениях, но и вовлекать в селевой процесс и переносить во взвешенном состоянии крупные фракции пород, слагающих русло. Это, в свою очередь, за счет увеличения плотности селевой массы (до 2250...2300 кг/м<sup>3</sup>) создавало условия для самостоятельного движения частиц с размерами более одного метра. Наиболее крупная глыба, обнаруженная среди глыб, остановившихся на пойменном участке р. Каргалинка, имела размеры 2500×1500×500 мм. В ходе углубления русла и разрушения габионов в селеформирование вовлекалось и их содержимое (рис. 3).



*Рис. 3. Остатки габиона после прохождения «вторичного» селя на р. Каргалинка.*

Относительно большой объем и расход грязекаменной массы, образовавшейся в нижнем бьефе плотины, наличие поймы в верхней части конуса выноса и извилистость русла, его малая пропускная способность и наличие объектов, препятствовавших продвижению селевой массы (мосты общего пользования, мостики частных владельцев и даже глухие заборы, нижняя часть которых возвышалась над уровнем бытовых вод реки (среднегодовой

расход  $0,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ), приводило к заторам, следствием которых являлась остановка крупных фракций, растекание жидкой составляющей селя по улицам города, ее накопление в квартирах первых этажей, во дворах и подвалах, садах и огородах. Глубина грязевых потоков на городских улицах могла достигать полуметра. Средняя мощность отложений во дворах –  $20 \dots 30 \text{ см}$ .

Все это привело к тому, что уже в средней части конуса выноса р. Каргалинка грязевая составляющая селя помещалась в русле реки и дальнейший ущерб был в основном обусловлен неадекватностью средств защиты русла от воздействия потока с расходом  $5 \dots 10 \text{ м}^3/\text{с}$  и плотностью грязевой массы, близкой к  $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Анализ условий формирования и движения селя 23.07.2015 г., процесса заполнения селехранилища и вторичного формирования грязекаменного потока на конусе выноса р. Каргалинка показал ущербность использования «осредненных» (даже для одного горного хребта) данных о минералогическом и гранулометрическом составах селеформирующих пород при оценке характеристик селей и расчете емкости селехранилища, прогноза процессов в нижнем бьефе плотины, обусловленных пропуском через плотину грязевой составляющей селевой массы и водных паводков. Столь же важными являются объем и расход селеформирующих паводков, морфометрия пути движения, их изменение во времени и пространстве.

На протяжении почти 50 лет после прохождения дождевого селя 1969 г. р. Каргалинка формировала русло. В этом процессе принимали участие и жители населенных пунктов Каргалы и Каменка (в 2015 г. они вошли в состав г. Алматы), жилые и подсобные строения которых располагались в водоохраной зоне. В последние годы, по инициативе местных органов власти, русло укреплялось габионами. Все это привело к тому, что на некоторых участках русла его пропускная способность могла оказаться ниже  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Человеческий фактор сказался и на величине расхода воды и грязевого потока в нижнем бьефе плотины. В разделе «Технические решения объекта» «Инструкции» указано, что «... конструкции водовыпусков представляют собой железобетонные двухсекционные башни высотой 17,7 м. На всю высоту башни запроектировано водоприемное устройство размером  $17,7 \times 1,2 \text{ м}$ , перекрытое решетками из полосовой стали сечением  $160 \times 20 \text{ мм}$ ». В том же разделе сообщается, что плотина имеет два водовыпуска, расчетный расход каждого водоприемника  $5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Горизонты забора воды в секцию шахты первого водовыпуска – с отметки 1609,3 м до 1621,0 м, второго водовыпуска – с отметки 1622,0 м до 1627 м.

Согласно приведенным данным, один из водоприемников имеет высоту 11,7 м (при заполнении селехранилища до отметки 1633,3 м максимальный напор – 24 м), другой – 5 м (при заполнении селехранилища до отметки 1633,3 м максимальный напор – 11,3 м).

Плотина на р. Каргалинка должна обеспечивать безопасное задержание паводков и селей. В разделе «Режим работы гидроузла» «Инструкции» указывается, что «В случае прохождения расчетного паводка селехранилище заполняется водой до отметки, не превышающей нормальный горизонт (до отметки 1633,3 м) и затем в течение примерно суток происходит его опорожнение через водовыпуск неселеобразующими расходами; тем самым предотвращается формирование селевого потока ниже створа плотины. В нерасчетном, катастрофическом случае происходит перелив воды через водосброс, при этом обеспечивается неразрушимость плотины». Реальная плотина (см. рис. 2) снабжена двумя водовыпусками с горизонтами забора воды в секции шахты с отметками от 1609,3 м до 1631 м (максимальный напор – около 24 м).

В разделе «Организация службы эксплуатации. Противоселевые сооружения на р. Каргалинка и правила технической эксплуатации» «Инструкции» указывается, что «Отверстия водосброса позволяют автоматически сбрасывать в нижний бьеф меженные и паводковые расходы с любых отметок плотины с подпором перед ними не более 2,5...3 м». Что же мешает «автоматически сбрасывать» воду, если подпор будет превышать указанные выше значения?!

Из данных, приведенных в «Инструкции» и характеристик реальной плотины следует, что при превышении значения подпора 2,5...3 м расход воды, поступающей в нижний бьеф плотины будет увеличиваться до значений, определяемых величиной подпора, т.е. может значительно превышать «критическое значение». Это подтверждается селом 23.07.2015 г.

Согласно разделу «Техническое решение объекта» «Инструкции» емкость селехранилища 1,2 млн м<sup>3</sup>. Судя по всему, это значение получено для расчетного значения уравнильного уклона поверхности отложения селя в селехранилище на момент перелива селя через селесброс (отметка 1633,3 м). Исследования, выполненные в РГП «Казгидромет», показали, что уравнильный уклон зависит от плотности и предельного напряжения сдвига селевой массы, мощности отложений. При задержании воды емкость селехранилища на р. Каргалинка не превысит 0,5 млн м<sup>3</sup>. Если, в бу-

дущем, свойства селевой массы будут близки к таковым селя 2015 г., емкость селехранилища также будет не 1,2 млн м<sup>3</sup>, а близка к 0,5 млн м<sup>3</sup>.

Важная роль в оптимизации функционирования плотины селехранилища принадлежит водовыпускам. Их пропускная способность должна обеспечивать пропуск воды в естественном гидрологическом режиме. Как правило, водовыпуски работают в безнапорном режиме. При паводке уровень воды в селехранилище повышается. Это приводит к тому, что водовыпуск работает в напорном режиме, что может вызвать аварийную ситуацию в нижнем бьефе плотины. Следовательно, водовыпуск должен иметь устройство, обеспечивающее безаварийный пропуск воды (жидкой составляющей селя).

Пропуск жидкой составляющей селевой массы в нижний бьеф плотины, в ходе заполнения селехранилища, эквивалентен увеличению его емкости. Однако увеличение расхода воды (жидкой составляющей селя) через водовыпуск влечет за собой увеличение затрат, необходимых для безаварийного пропуска паводковых вод (части селевой массы) в нижнем бьефе плотины. Следовательно, при оценке пропускной способности водовыпуска необходимо учитывать максимальные значения расхода и объема паводковых вод, объем и расход селевой массы, ее плотность, вязкость, гранулометрический состав, объем селехранилища, а также стоимость изменения его объема (при заполнении на уровне селесброса) и сооружения канала в нижнем бьефе при различной его пропускной способности.

Пропуск воды (селевой массы) по территории Наурызбайского района г. Алматы связан со значительными трудностями. Это обусловлено большим уклоном русла реки, его извилистостью, застройкой водоохранной зоны капитальными (частными) сооружениями.

В обустройстве русла реки в межселевой период принимали участие жители различного достатка. Это позволяет (в определенной мере) оценить степень надежности различных методов укрепления берегов русла в экстремальных ситуациях. Из опыта прохождения селя по территории Наурызбайского района г. Алматы следует, что наиболее устойчивыми к разрушению являются железобетонные конструкции (рис. 4). Судя по всему, устойчиво и глыбово-бетонное сооружение (рис. 5)

Габийонные сооружения разрушаются под действием центробежной силы на криволинейных участках русла (рис. 6), порового давления при недостаточной гидроизоляции грунта, сопрягающегося с габийонами (рис. 7), углублении русла (рис. 8), движении селя по поверхности габийонов (рис. 9).



*Рис. 4. Левый (орографически) борт канала – железобетонная конструкция.*



*Рис. 5. Глыбово-бетонное сооружение.*



*Рис. 6. Разрушение габрионов под действием центробежной силы.*



*Рис. 7. Разрушение габриона в результате оползания грунта.*



*Рис. 8. Разрушение габионов при углублении русла.*



*Рис. 9. Разрушение габионов в результате движения селя по их поверхности.*

В настоящее время берегоукрепление на р. Киши Алматы (г. Алматы) осуществляют с помощью габионов (рис. 10). При прохождении селя, подобного селю 1999 г. (а тем более селя 1956 г.), габионы будут разрушены, а их содержимое увеличит расход и объем селя.

Габионы «украшают» или будут «украшать» русла рек Киши и Улкен Алматы, а также их притоков: Кимасар, Бедельбай, Батарейка, Бутаковка, Есентай и др.



*Рис. 10. Габионы на р. Киши Алматы.*

### **Выводы**

1. Геолого-геоморфологическое строение бассейна р. Каргалинка таково, что селевая масса селей обладает плотностью и пластичностью, при которых скорость движения грязевой составляющей селей больше скорости движения крупных фракций селеформирующих пород (средний размер 0,5...2 м и более). При заполнении селехранилища это приводит к тому, что при относительно небольшом расходе селевой



массы крупные фракции отлагаются, не достигая плотины. Вследствие этого водоприемные устройства не перекрываются упомянутыми фракциями и при расходе селей, превышающих пропускную способность водовыпусков в безнапорном режиме, уровень отложений увеличивается. Водовыпуски работают в напорном режиме, при этом расход воды (жидкой составляющей селя) в нижнем бьефе плотины может в несколько раз превышать критическое значение, как это имело место в 2015 г.

2. Плотина должна иметь автоматическое устройство, позволяющее обеспечить пропуск воды (грязевой составляющей селя) в нижний бьеф плотины с суммарным расходом  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ . Снабжение плотины таким устройством считать задачей первостепенной важности.

3. Предложение об **укреплении дна русла габионами требует экспериментальной проверки**. Если это и целесообразно, то только при отсутствии в потоке камней, валунов и глыб, перемещающихся скольжением и сальтацией. В противном случае контейнер габиона будет разрушен за короткий промежуток времени.

Наличие в потоке даже песка приведет к разрушению слоя, препятствующего ржавлению стальной сетки в агрессивной среде, представленной водой и продуктами жизнедеятельности человека (так как канализационная система в домах, расположенных в водоохраной зоне, отсутствует). Габионные сооружения малоэффективны при наличии проявления центробежных сил, вызванных изменением направления движения потока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 379 с.

Поступила 25.06.2016

В.Н. Минеев  
Б.С. Степанов  
Р.К. Яфязова

Геогр. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. докторы

#### **2015 ЖЫЛДЫҢ ҚАРҒАЛЫ ӨЗЕНІНДЕ ӨТКЕН СЕЛДІҢ КЕЙБІР ИНЖЕНЕРЛІК САБАҚТАРЫ**

*Түйін сөздер:* су ағыны, су тасқыны, сындағы сел массасы, бөгеті, су шығару, шығыны, жылдамдығы, қатты бөлігі сұйық бөлігі

*Қарғалы өзен бассейніндегі сел қалыптастырушы жағдайларының жеткіліксіз зерттелуі бөгеттік төменгі бьефіндегі болжанбаған сел шығынына себеп болып үлкен экономикалық зардап*

келтірген қайта қалыптасуына әкелді. Бұл селдің қатты құраушысының ірі фракцияларының және сұйық құраушыларының (су мен ұсақ фракциялары) жылдаледықтарының айырмашылықтары мен сел қорының, толықтыру кезіндегі қозғалтқыш пен ұстап тұру күштерінің ерекшеліктерімен және бөгеттің су шығару құралысымен түсіндіріледі.

Mineev V.N., DSc. Stepanov B.S., DSc. Yafyazova R.K.

## **SOME LESSONS OF ENGINEERING OF 2015 DEBRIS FLOW ON THE KARGALINKA RIVER**

**Keywords:** water flow, flood, debris-flow mass, dam, culvert, discharge, velocity, solid component liquid component

*Incomplete study of formation conditions of debris flows in the Kargalinka River basin induced the off-design debris-flow discharge in the tail-water of the dam. It led to secondary formation of a debris flow, which caused great economic damage. The off-design debris-flow discharge occurrence is explained by the difference of velocities between coarse grains of the solid component and the liquid component (water and fine particles) of debris-flow mass, features of moving and confining forces during filling a storage reservoir with debris-flow mass, as well as the design of culverts in the dam.*

УДК 528.88; 551.465; 551.463.8

Канд. техн. наук  
Канд. техн. наукБ.Э. Бекмухамедов <sup>1</sup>  
Л.А. Балакай <sup>1</sup>  
И.В. Каипов <sup>1</sup>**МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА АКВАТОРИИ  
КАСПИЙСКОГО МОРЯ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Ключевые слова:** нефтяное загрязнение, спик, дистанционное зондирование, космический мониторинг, радиолокационные снимки, детектирование, радиометрическая коррекция

*На основе метода дистанционного зондирования Земли с использованием радиолокационных данных, проведено детектирование и мониторинг нефтяных разливов на Каспийского море. Выявлено 16 случаев возможного загрязнения казахстанской части моря. Дешифрованные спики классифицированы по степени достоверности нефтяного загрязнения. Определено, что максимальные площади нефтяного загрязнения имеют спики со средней степенью достоверности.*

**Введение.** Нефтяные разливы на море, чаще всего носят антропогенный характер и возникают вследствие сброса судами и танкерами балластных вод, из-за выноса нефтяных спиков в со сток рек, промышленных стоков, при авариях судов и танкеров, при прорыве морских нефтепроводов, при сбросе буровых шламмов и авариях вследствие разведочного бурения и промышленной добычи [4, 6]. Нефтяные пленки в прибрежных зонах оказывают пагубное воздействие на флору и фауну, приводят к загрязнению береговых линий, что влечет большие материальные потери, связанные с очисткой данных территорий. Особенно чувствительна к нефтяным загрязнениям морская экосистема Каспийского моря, закрытого водоема, способность которого к самоочищению очень низкая.

Одним из наиболее эффективных методов оперативного обнаружения нефтяных разливов на море является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса [2, 5]. Этот метод и лежит в основе данной работы и применяется для мониторинга нефтяного загрязнения акватории казахстанского

---

<sup>1</sup> АО «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы, Казахстан

сектора Каспийского моря с использованием радиолокационных изображений (РЛИ) с европейского спутника Sentinel-1A.

### **Методы детектирования нефтяных загрязнений на основе данных ДЗЗ**

Множество существующих способов детектирования нефтяных загрязнений по радиолокационным снимкам может быть разделено на три основные группы:

- методы, основанные на экспертной оценке, представляющие собой визуальный анализ радиолокационного снимка оператором с привлечением набора критериев соответствия;
- интерактивные методы, заключающиеся в предварительной автоматизированной обработке снимка и его дальнейший анализ с активным участием оператора;
- автоматизированные методы, представляющие собой выполнимые модули или программные средства, автоматически распознающие нефтяные пленки на снимке без участия оператора.

Методы экспертной оценки и интерактивные методы в настоящее время являются наиболее распространенными. При использовании этих методов изначально производят предварительную обработку радиолокационного снимка, а затем визуальное или машинное выделение темных пятен, похожих на нефтяное загрязнение. Предварительная обработка снимка обычно включает в себя набор стандартных последовательных процедур, таких как радиометрическая коррекция, геометрическая коррекция по орбитальным данным, сглаживание спекл-шума путем фильтрации изображений и другие процедуры.

Процедура выделения нефтяного пятна состоит из ряда последовательных этапов, в процессе которых оператор опирается на следующие критерии [7-10]:

- линейные размеры слика (его длина, ширина, отношение первого ко второму);
- площадные характеристики слика;
- радиолокационный контраст – слик – чистая вода;
- характеристики границы слика (четкая, размытая, перьевидная);
- скорость и направление ветра в момент съёмки;
- гидродинамические условия;
- наличие вблизи слика других зон выглаживания морской поверхности, связанных с явлениями в атмосфере, с подводной топографией и геологией;

- положение слика относительно нефтяной инфраструктуры: судовых трасс, скважин, платформ, островов, портов;
- наличие вблизи слика морских судов;
- повторяемость слик у одного источника и/или во времени.

При использовании методов экспертных оценок, включающих тот или иной набор критериев соответствия, существует некоторая вероятность того, что в качестве нефтяного слика будет дешифровано выглаживание морской поверхности иной природы.

#### **Детектирование нефтяных загрязнений на Каспийском море на основе данных радиолокационного спутника Sentinel-1A**

Sentinel-1A – европейский спутник дистанционного зондирования Земли, который входит в космическую группировку спутников по Глобальному мониторингу окружающей среды и безопасности «Copernicus». Продукты Sentinel-1A доступны в режиме реального времени, бесплатно для всех пользователей, включая широкую общественность, научных и коммерческих пользователей. На борту космического аппарата Sentinel-1A установлена радиолокационная аппаратура с синтезированной апертурой C-SAR, созданная компанией «Astrium», которая обеспечивает всепогодную (независимо от дня или ночи) поставку космических снимков. Съемка выполняется в C-диапазоне (длина волны 6 см) в одной поляризации (HH или VV) и двойной поляризации (HH + HV или VH + VV).

Для распознавания нефтяных пленок на водной поверхности используют поляризацию VV [1], в данной поляризации углеводородные пленки на поверхности воды отображаются более контрастными областями черного цвета на фоне обычной водной поверхности серого цвета.

На рис. 1 в виде схемы представлен алгоритм распознавания нефтяного загрязнения моря, который включает три основных этапа:

- получение снимков;
- обработка снимков в ПО Sentinel-1 Toolbox;
- размещение векторизованных слик в базе геоданных.

Процедура получения снимков заключается в формировании поискового запроса на указанную дату или период времени на сайте Европейского Космического Агенства (ESA) - Sentinel-1A Scientific Data Hub. В частности, для исходной задачи формировались запросы на поиск РЛИ, которые охватывают акваторию казахстанской части Каспийского моря.

Обработка РЛИ осуществляется в программном продукте Sentinel Toolbox и включает последовательное выполнение следующих этапов.



Рис. 1. Алгоритм распознавания возможных нефтяных пленок на морской поверхности.

**Радиометрическая коррекция снимка SAR Processing->Radiometric-> Colibrate**, осуществляется для устранения аппаратных радиометрических искажений, обусловленных характеристиками используемого съемочного прибора.

**Геометрическая коррекция снимка SAR Processing->Ellipsoid Correction-> Geolocation Grid**, необходима для корректного отображения РЛИ в выбранной системе координат с привязкой к высотам.

**Спекл-фильтрация**, необходима для уменьшения эффекта «соль-перец», присущего всем РЛИ. Данная процедура осуществляется применением процедуры SAR Processing-> Speckle Filtering.

**Проведение анализа зон выглаживания морской поверхности.** На этом этапе осуществляется классификация зон выглаживания, которые условно можно разделить на три класса:

- слики, возникшие за счет морских явлений (причинами могут быть: внутренние волны, вихревые структуры, апвеллинг, начало льдообразования и т.д.),

- слики, вызванные атмосферными процессами (штилевые зоны, ветровые тени вблизи берегов, дождевые ячейки, гравитационные волны и т.д.)

- слики, образованные веществами, способными изменять силы поверхностного натяжения. Это пленки различных органических соединений, в том числе нефти, нефтесодержащих продуктов, пленки поверхностно-активных веществ (ПАВ), пленки биологического происхождения (биогенные пленки), и пленки синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

С целью классификации сликов анализируются метеорологические условия (скорость ветра, направление и скорость течений, ледовый режим), соответствующие дате съемки батиметрические данные, данные по нефтяной инфраструктуре, форма и размеры слика.

Ветер, как основной генератор волнения на море играет существенную роль при анализе обнаруженных пленок [3]. При малых скоростях ветра (от 2 м/с до 4...5 м/с) слики ПАВ формируют самые тонкие, в несколько мономолекулярных слоев пленки, которые легко переносятся течениями. Они обычно существуют в виде длинных (десятки – сотни километров), часто искривленных или спиральных полос. Существует трудность в распознавании нефтяных сликов в зонах большого скопления биогенных пленок.

**Анализ ледового режима** и совместное рассмотрение РЛИ и батиметрических данных, позволяет отсеять случаи ошибочного дешифрирования

отдельных кусков льда и выглаживания морской поверхности, вызванное подводной топографией, которое выглядит как нефтяное загрязнение.

**Большую роль играет привязка нефтяных сликков к производственной инфраструктуре**, включая судовые трассы и перспективные, планируемые к разработке месторождения. Такое рассмотрение, во-первых, дает возможность более уверенно интерпретировать данные радиолокационной съемки, во-вторых, определить вероятный источник нефтяного разлива.

Кроме того, важно рассматривать сам слик с точки зрения его линейных размеров (длина, ширина), площадных характеристик, формы, контраста и типа границы (перьевидная, четкая, размытая).

**Кадрирование радиолокационного снимка в случае обнаружения нефтяного загрязнения моря.** Данная процедура необходима для того, чтобы уменьшить время обработки снимка.

**Текстурный анализ РЛИ.** Он осуществляется с использованием одного из фильтров: Gabor filter или GLCM, расположенных по пути: *Image Analyst -> Texture Analyst*. После текстурного анализа значительно возрастает контраст вода – слик, кроме того пиксели внутри слика приобретают однородную черную окраску.

**Выполнение процедуры Oil Spill Detection**, включающей следующие этапы: препроцессинг исходных данных, заключающийся в калибровке и спекл-фильтрации; создание маски вода-земля в автоматическом режиме или загрузка маски в векторном виде; детектирование темных пикселей с применением порогового значения; кластеризация и распознавание нефтяных сликков – соседние пиксели, детектированные на предыдущем шаге как темные пятна, объединяются или удаляются в зависимости от размера кластера, определяемого пользователем. В результате получается тематический слой с дешифрованными сликками. Результат выполнения данной процедуры иллюстрирует рис. 2.

**Конвертация тематического изображения**, содержащего данные по обнаруженным нефтяным пленкам, в текстовый формат для последующей обработки в программном продукте ArcGIS.

Векторизация тематического слоя, содержащего дешифрованные нефтяные сликки и находящегося в формате txt, выполняется в ПО ArcGIS Desktop. Здесь производится конвертация текстового файла в растровое представление данных - грид, затем осуществляется преобразование грида в полигональный слой базы геоданных и заполнение атрибутив-



ных полей, характеризующих слик: дата и время обнаружения слика, место обнаружения, площадь слика, граница слика, координаты центра слика, скорость и направление ветра, степень достоверности.

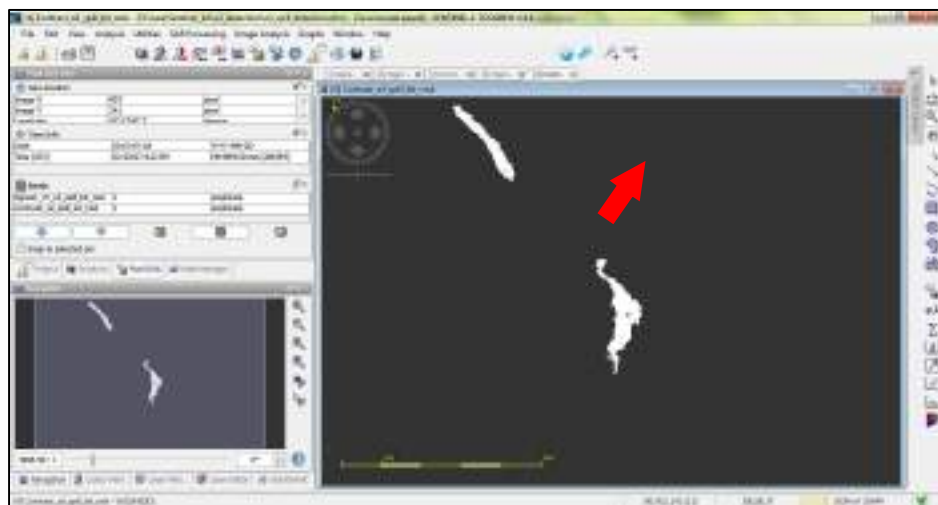


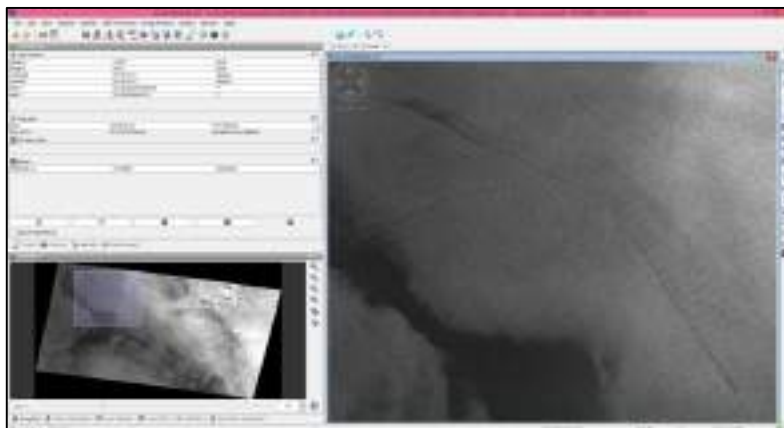
Рис. 2. Фрагмент РЛИ за 18.05.2015 после выполнения процедуры *Oil Spill Detection*.

### **Детектирование нефтяных загрязнений на Каспийском море**

Для акватории казахстанского сектора Каспийского моря была создана база данных космических снимков со спутника Sentinel-1A, которые проанализированы на предмет выглаживания морской поверхности с целью выявления нефтяных сликов.

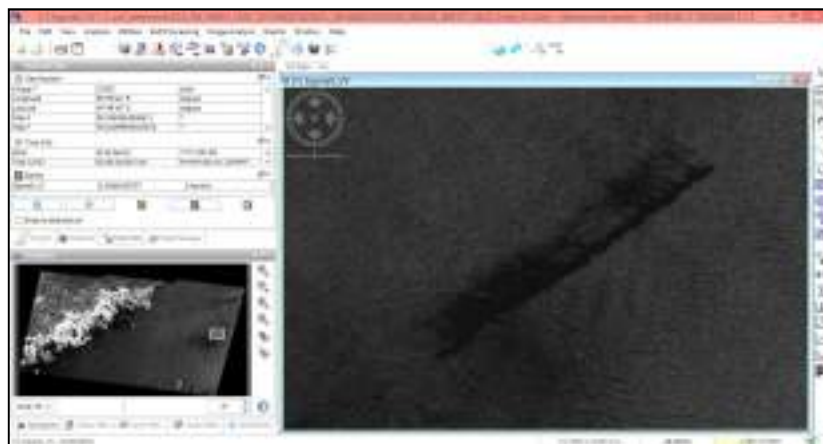
Всего за период с 6 января по 2 октября 2015 г. было обработано 240 снимков, сликообразующие явления наблюдались на 227 снимках и только 13 снимков не имели зон выглаживания. Всего за указанный период было обнаружено 34 эпизода нефтяного загрязнения, и только 10 из них располагались в акватории казахстанской части Каспийского моря. РЛИ с обнаруженными нефтяными пленками, относящиеся к акватории казахстанской части Каспийского моря, обрабатывались согласно описанному выше алгоритму. После дешифрирования сликов осуществлялась их векторизация. На 9 снимках Sentinel-A было зафиксировано 16 случаев возможного загрязнения акватории Каспия нефтяными пленками. Максимальная площадь нефтяного слика была зафиксирована 10 июня 2015 г., она составила 16,06 км<sup>2</sup> (рис. 3). Пятно было и самым протяженным по длине – 95 км. Степень достоверности этого слика определена, как средняя. В пользу достоверности говорит тот факт, что данный слик имеет

местами перьевидную границу, а местами четкую, но его очень большая протяженность переводит его из разряда высоко достоверных в средне-достоверные. Вероятнее всего источником данного слика является судно.



*Рис. 3. Возможное нефтяное загрязнение, обнаруженное на снимке Sentinel-1A за 10.06.2015 02:43 GMT.*

Севернее месторождения Каламкас-море 3.06.2015 был обнаружен нефтяной разлив, площадь которого составила порядка 13,7 км<sup>2</sup> (рис. 4). Его степень достоверности характеризуется также как средняя. Он имеет перьевидную границу.



*Рис. 4. Возможное нефтяное загрязнение, обнаруженное на снимке Sentinel-1A за 03.06.2015 02:50 GMT.*

Слик, имеющий высокую степень достоверности и максимальную площадь, был зафиксирован 12 апреля 2015 г. (Рис. 5). Его площадь составила 3,35 км<sup>2</sup>, а суммарно со сликом, дешифрированным за эту дату чуть южнее, - 5 км<sup>2</sup>.

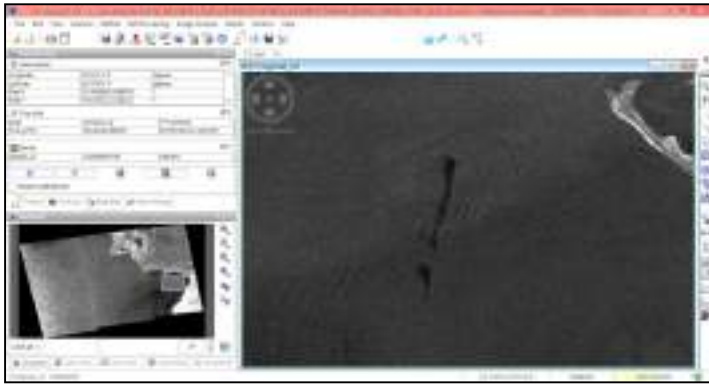


Рис. 5. Возможное нефтяное загрязнение, обнаруженное на снимке Sentinel-1A за 12.04.2015 14:29 GMT.

Рис. 6 иллюстрирует карту возможных нефтяных загрязнений акватории казахстанского сектора Каспийского моря за период с 6 января по 2 октября 2015 г.

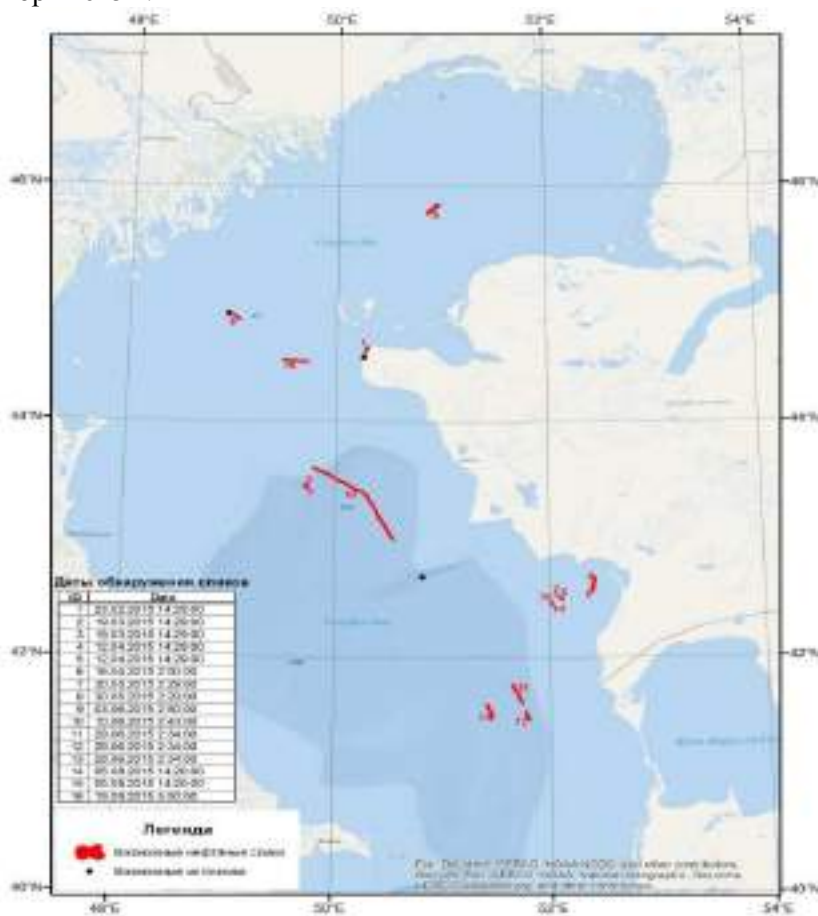


Рис. 6. Карта нефтяных загрязнений акватории Каспийского моря.

**Заключение.** На основе анализа существующих методов детектирования нефтяных загрязнений, разработана технология мониторинга нефтяных загрязнений на Каспийском море на основе радиолокационных снимков Sentinel-1A и программного продукта Sentinel Toolbox. Проведен радиолокационный космический мониторинг нефтяных разливов на море и выявлено 16 случаев возможного загрязнения казахстанской части Каспийского моря. Дешифрованные слики классифицированы по степени достоверности нефтяного загрязнения. Определено, что максимальные площади нефтяного загрязнения имеют слики со средней степенью достоверности. Площадь этих сликов составляет 16,06 и 13,72 км<sup>2</sup>. Осуществлено картирование нефтяных загрязнений акватории Каспийского моря с 6 января по 2 октября 2015 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аязбаев Е.Х., Токжанов О.А., Кантемиров Ю.И. Мониторинг нефте-разливов в акватории порта Актау с помощью космических радарных данных COSMO-SkyMed // Геоматика. – 2012. – №1(14). – С. 95-100.
2. Бондур В.Г. Аэрокосмические методы в современной океанологии / Новые идеи в океанологии. – М.: Наука, 2004. – С. 55-117.
3. Иванов А.Ю. Слики и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях // Исследование Земли из космоса. – 2007. – № 3. – С. 73-96.
4. Израэль Ю.А., Цибань А.В. Антропогенная экология океана. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 529 с.
5. Лаврова О.Ю., Митягин М.И. Спутниковый мониторинг антропогенных загрязнений прибрежной зоны // Земля и Вселенная. – 2008. – №1. – С. 26-34.
6. Проблема химического загрязнения вод Мирового океана Т. 8. Методы и средства борьбы с нефтяным загрязнением вод Мирового океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 208 с.
7. Espedal H.A. Detection of oil spill and natural film in the marine environment by spaceborne synthetic aperture radar. Ph.D. thesis, Department of Phys. Univ. Of Bergen and Nansen Environment and Remote Sensing Center, Norway, 1998.
8. Hovland H.A., Jahannessen J.A., Digranes G. Slick detection in SAR images // Proc. IGARSS'94.1994.V.4.P.2038-2040.

9. Skoelv A., Wahl T. Oil spill detection using satellite based SAR, Phase 1B Competition Report. Tech. Rep. Norwegian Defense Research Establishment, 1993.
10. Topouzelis K.N. Oil Spill Detection by SAR Images: Dark Formation Detection, Feature Extraction and Classification Algorithms. // Sensors, 2008, 8, 6642 – 6659 p.

Поступила 23.06.2016

Техн. ғылымд. канд. Б.Э. Бекмухамедов  
Техн. ғылымд. канд. Л.А. Балакай  
И.В. Каипов

### **ҚАШЫҚТЫҚТАН БАРЛАУ ӘДІСТЕРІМЕН КАСПИЙ ТЕҢІЗІ АЙДЫНЫНДАҒЫ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНУДЫҢ МОНИТОРИНГІ**

**Түйін сөздер:** мұнаймен ластану, қашықтықтан барлау, ғарыштық мониторинг, радиолокациялық суреттер, детектирлеу, радиометриялық түзету

*Жерді қашықтықтан барлау әдісі негізінде радиолокациялық деректерді пайдалану арқылы Каспий теңізіндегі мұнай төгілулеріне детектирлеу және мониторинг жүргізілді. Теңіздің қазақстандық бөлігінде ықтимал ластанудың 16 жағдайы анықталды. Дешифрленген сликтер мұнаймен ластанудың деңгейлері бойынша жіктелді. Мұнаймен ластанудың ең үлкен алаңы орта деңгейдегі сликтер екендігі айқындалды.*

B.E. Bekmukhamedov, L.A. Balakay, I.V. Kaipov

### **REMOTE SENSING MONITORING OF OIL SPILLS ON THE WATER SURFACE OF THE CASPIAN SEA**

**Keywords:** oil pollution, slick, remote sensing, space monitoring, radar images, detection, radiometric correction

*Based on the method of remote sensing using radar data, the detection and monitoring of oil spills in the Caspian Sea carried out. Sixteen cases of possible contamination of the Kazakh part of the Sea have been identified. Slicks are classified according to the degree of reliability of oil pollution. It was determined that the maximum area of oil pollution slicks have an average level of confidence.*

УДК 631.45.67

Канд. биол. наук С.Н. Досбергенов<sup>1</sup>**СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ТЕРРИТОРИИ АМБАРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРААРНА**

**Ключевые слова:** техногрунты, амбары, засоление, элементы питания, азот, фосфор, калий

*Изложены результаты исследований по элементам питания на рекультивированных техногрунтах территории амбаров месторождения Караарна. Содержание подвижного фосфора и гидролиземого азота уменьшается за счет связывания некоторой части растворимых соединений азота и фосфора компонентами нефти, богатыми функциональными группами. Содержание валового и обменного калия возрастает в зависимости от степени загрязнения.*

*Технология рекультивации земель загрязненных нефтью и нефтепродуктами относится к биологическим методам очистки нефтезагрязненных почв. Она основана на стимулировании активности аборигенной углеводород-окисляющей микрофлоры, путем внесения мелиорантов-алюмосиликатов. В частности, цеолитов Чанканайского месторождения, обладающих сорбирующими и каталитическими свойствами и биопреперата «Бакойл-KZ», в сочетании с дозированной внесением минеральных удобрений, которые адаптированы к природно-климатическим условиям Западного Казахстана и к средам с высокой соленостью (более 4 %) и разной кислотностью (рН 5...9). Они безопасны для почвенного микробиоценоза, так как выделены из нефтезагрязненных почв исследуемого региона.*

Важная функция почв заключается в регулировании всех потоков вещества в биосфере. Все биологические циклы элементов, включая циклы таких важнейших биогенов, как углерод, азот, кислород, фосфор, а также циклы воды осуществляются именно через почвы, при ее регулирующем участии в качестве аккумулятора биогенных элементов. Почва –

---

<sup>1</sup> КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы, Казахстан

это связующее звено и регулирующий механизм в системах биологической и геологической циркуляции элементов. Загрязнение нефтью приводит к значительным изменениям физико-химических свойств почв. Разрушение слабых почвенных структур и диспергирование почвенных частиц сопровождается снижением водопроницаемости почв, влияющих в дальнейшем на пищевой режим [1].

Задача биологической рекультивации состоит в том, чтобы на месте безжизненной пустыни получить любое сообщество растений, обладающее оптимальной способностью к быстрейшему оздоровлению после промышленного ландшафта, и наиболее полезной биологической продуктивностью. Субстраты территории амбаров лишены растительности, т.к. техногрунты токсичны для растительности. Факторами фитотоксичности выступают хлориды и сульфаты, которые создают неблагоприятные условия. Для восстановления нарушенных и загрязненных техногрунтов были проведены рекультивационные мероприятия, которые способствовали улучшению физических, химических и физико-химических свойств. В задачи исследований входило, изучение сохранения питательных элементов в грунтах в пострекультивационный период.

Опыты проводились на солончаке соровом, который трудно поддается рекультивации и при загрязнении нефтепродуктами обладает очень слабой способностью к самовосстановлению. Эти почвы отмечаются полным отсутствием биогенности, связанной с очень высоким содержанием легкорастворимых солей и длительным пребыванием их в переувлажненном состоянии. Их формирование происходит при непосредственном участии сильно минерализованных грунтовых вод, залегающих на глубине 1,0 м при загрязнении нефтью экосистем соров. Не исключена возможность попадания ее в грунтовые воды, после чего полная очистка экосистем от нефтепродуктов практически окажется невозможной.

Во время проведения полевых научных исследований на опытных участках было заложено 8 почвенных разрезов: Р-1 и Р-2 на участке рекультивированном в 2012 г. и Р-5 – в 2011 г. Кроме того отобраны образцы почв из рекультивированного участка 2014 г в разрезах Р-6 и Р-7.

Для сравнения заложили разрез Р-8 на бурой солончаковатой почве, а также были взяты пробы почвенно-грунтовой воды. Визуальный анализ почвы показал, что идет начальный этап реставрации техногрунта. В последствии произойдет трансформация в характерный тип почвы –

корково-пухлый солончак с выпотом солей и наличием рыхлой вспученной коркой на поверхности.

*Содержание валового и подвижного фосфора в техногрунтах территории амбаров.* Среднее содержание фосфора в земной коре составляет 0,093 %. По происхождению они бывают органические и минеральные. Запасы фосфора в почвах месторождения Караарна связаны с ее литологией. Почвообразующие породы возникли из различных морских, озерных и речных отложений, поэтому они имеют разные гранулометрические составы. Песок состоит из силикатов:  $\text{SiO}_2$  – 96,66 % и 0,02...0,06 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Содержание фосфора зависит от степени дисперсности алевритов, мергелей и глин. Различные формы фосфатов связаны с гранулометрическим составом горизонта почвы. В горизонтах почвы с одинаковым механическим составом они зависят от степени выветривания алюмосиликатов, а также от степени кварцевания крупных частиц. Однако надо отметить, что запасы фосфора зависят от коэффициента выветривания легких и тяжелых фракций аутогенных, классических и эпигенетических минералов, а содержание илстых частиц связано с ее гранулометрическим составом. Рассматривая содержание валового фосфора в техногрунтах территории амбаров, обнаруживаем, что количество валового фосфора возрастает с увеличением содержания органического углерода. Однако, прямой зависимости между содержанием органического углерода и валового фосфора в почве нет, как между азотом и гумусом. Разница в содержании валовой формы фосфора в почвах месторождения наблюдается при различии в их гранулометрическом составе и степени загрязнения нефтью.

Рассмотрим особенности в распределении валового фосфора в профиле техногрунта и целинной бурой солончаковой почвы. Если валовое содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в верхнем слое техногрунта принять за 100 %, то содержание его в нижележащих слоях снижается, но зависит от гранулометрического состава.

Сравнение данных гранулометрического состава техногрунтов и содержание в них фосфора показало, что на распределение фосфора по генетическим горизонтам профиля оказывает большое влияние их гранулометрический состав. На техногрунтах легкого механического состава содержание валового фосфора, вплоть до материнской породы, остается мало измененным (P-1). В более тяжелых техногрунтах отмечается большая его аккумуляция в гумусовом горизонте.



В почвах с перемеживающимся механическим составом наблюдается изменение содержания валового фосфора по профилю почв в зависимости от механического состава горизонта (Р-5), так как глубина проникновения нефти определяется механическим составом. В почвах легкого механического состава нефть просачивается на большую глубину.

Содержание валовой формы фосфора показывает лишь общие запасы в техногрунте этого элемента и не служит показателем обеспеченности доступными для растений фосфатами. Рассмотрение тенденции изменения валовой формы фосфора в техногрунтах территории амбаров показало, что его запасы выше по сравнению с целинной бурой солончаковатой почвой.

При обогащении техногрунта нефтью и продуктами ее распада, запасы валовых форм азота и фосфора увеличиваются за счет связывания отдельными компонентами нефти минеральных соединений этих веществ. На техногрунтах территории амбаров изменение содержания подвижного фосфора происходит в зависимости от степени засоления, нефтезагрязнения и литологии. Некоторая корреляционная связь в горизонтах техногрунта между литологией и содержанием подвижного фосфора отмечается в разрезе Р-3. Содержание подвижного фосфора изменяется по профилю техногрунта (табл.). Происходит снижение концентрации подвижного фосфора в нижних горизонтах, по сравнению с почвами естественного состояния (целина).

Особенно сильно это отмечается в нефтезагрязненных техногрунтах. Уменьшение содержания подвижного фосфора можно объяснить высоким соотношением  $C:N$  в результате загрязнения техногрунта нефтью. Это интерпретируется тем, что микроорганизмы, разлагающие углеводороды будут иммобилизовать неорганический фосфор в почве, приводя к уменьшению количества экстрагируемого фосфора в техногрунтах. Кроме того, содержание подвижного фосфора при нефтезагрязнении уменьшается за счет связывания некоторой части растворимых соединений фосфора компонентами нефти, богатыми реактивными функциональными группами.

Немаловажную роль также играет засоление техногрунта. В засоленных техногрунтах в афитогенных условиях происходит переход подвижных форм фосфора в неподвижные. В карбонатных техногрунтах территории амбаров подвижные формы фосфора в щелочной среде обволакиваются тонкой пленкой карбонатов и переходят в валовую форму. При возрастании содержания валового фосфора, содержание подвижных форм снижается. Этот процесс осуществляется при режиме испарения. Содержание подвижного фосфора не зависит от сроков проведения рекультивационных работ.

Таблица

Содержание элементов питания на рекультивированных участках территории амбаров месторождения Караарна

Разрез, год рекультивации	Глубина взятия пробы, см	Элементы питания						Общий гумус, %	Сумма солей, %	Литология
		валовые, %			подвижные, мг/кг					
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Общий N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гидр. N			
P-1, 2013 г.	0...17	0,040	0,62	0,014	10	240	25,2	0,41	4,019	Псв
	17...30	0,040	0,62	0,014	12	320	22,4	0,34	4,650	Псв
	30...50	0,048	0,62	0,014	25	330	28,0	1,02	4,349	Псв
P-3, 2012 г.	0...22	0,048	0,75	0,028	46	440	30,8	0,95	6,472	Л/с
	22...40	0,035	0,75	0,014	12	300	25,2	0,48	4,597	СП
	40...80	0,044	1,12	0,014	12	320	19,6	0,48	4,292	Л/с
P-5, 2011 г.	0...0,2	0,048	0,94	0,028	12	500	16,8	0,34	4,268	СП
	0,2...35	0,040	0,87	0,014	12	330	11,2	0,03	2,007	СП
	35...65	0,036	0,75	0,028	10	260	16,8	0,82	1,763	СП
P-6, 2014 г.	0...35	0,048	0,94	0,042	23	530	39,2	1,70	6,460	Л/с
	35...55	-	-	0,042	12	720	47,6	0,92	8,082	Т/с
	55...100	0,112	0,75	-	-	-	50,4	1,29	11,519	Л/с
P-8, целина	0...10	0,048	0,87	0,042	10	430	36,4	0,34	0,620	СП
	10...23	0,024	0,69	0,014	19	140	33,6	0,10	0,439	СП
	23...50	0,048	0,87	0,028	19	540	36,4	0,24	3,959	Т/с
	50...58	0,024	0,62	0,028	23	160	28,0	-	2,030	С/с

Примечание: СП – супесь, Л/с – легкий суглинок, С/с – средний суглинок, Т/с – тяжелый суглинок, Псв – песок связанный.

*Содержание валового и легкогидролизуемого азота.* Поскольку основная часть азота находится в почве в виде сложных органических соединений, то валовое содержание этого элемента напрямую связано с содержанием и качеством гумуса. Общее содержание азота в техногрунтах опытного участка колеблется от 0,014 до 0,042 %. Превращение органических форм почвенного азота в минеральные, осуществляется различными группами микроорганизмов, активность которых зависит от комплекса физико-химических условий, складывающихся в почве. Структура и состав имеющихся в ней азотосодержащих органических веществ, водно-физических и других режимов, определяющих экологические условия функционирования микробиоценозов. Изменения, происходящие при нефтезагрязнении, в первую очередь, связаны с нарушением водно-воздушного режима в результате заполнения порового пространства нефтью, склеивания структурных отдельностей и образованием битумной коры. В результате первичные окислительные условия в почвах меняются на окислительно-восстановительные и восстановительные. Возникновение анаэробно-восстановительных условий приводит к подавлению нитрификации и усилению аммонификации.

По исследованиям автора, изменения в содержании общего азота при загрязнении техногрунта нефтью были различными. Они зависели от срока проведения рекультивационных работ. В течение последующих лет после проведения рекультивационных работ содержание общего азота снижается. При уменьшении количества органического углерода и при незначительных изменениях в содержании общего азота в техногрунтах происходило нарушение соотношения между азотом и углеродом. Такое нарушение, по-видимому, является одной из причин токсичности нефти и нефтепродуктов [4]. Однако, восстановление нарушенного соотношения  $C : N$  только внесением азотных удобрений, по-видимому, невозможно. В то же время, внесение умеренных доз азота может оказаться полезным, в связи с заметным снижением нитрификационной способности загрязненного техногрунта. Для нормального роста бактерий требуется около 10 частей  $C$  на одну часть  $N$ . Если это соотношение больше, то рост бактерий и утилизация углеводов происходит медленно. В загрязненном техногрунте отношение  $C : N$  может достигать 400...420 по сравнению с 17 для не загрязненной почвы [2].

Недостаток биогенных элементов необходимо пополнить путем внесения в почву минеральных удобрений, которые стимулируют разложение углеводов в техногрунтах [3]. Валовое содержание азота характеризует техногрунт со стороны общего запаса этого элемента, но не гово-

рит об обеспеченности его доступными для питания растений соединениями азота. Поскольку валовое содержание азота не характеризует его доступность для питания растений, мы не рассматриваем его как агрономический показатель. Валовой азот используется для вычисления запасов азота в техногрунтах, в расчетных слоях для характеристики гумуса и вычисления соотношения  $C : N$ .

По нашим исследованиям самое высокое содержание гидролизуемого азота отмечено в профиле участка рекультивированного в 2014 г. (Р-6), где оно варьировало от 3,92 до 50,4 мг/кг почвы. При сильном засолении техногрунтов нефтепромысловыми сточными водами на фоне загрязнения нефтепродуктами происходит накопление как аммиачного, так и нитратного азота. Этот показатель выше, чем в целинной почве, где содержание гидролизуемого азота составляет 36,4 мг/кг почвы, но оно плавно снижается вглубь толщи почв. Самый низкий показатель отмечен на участке, рекультивированном в 2011 г. (Р-5), где в корковом слое содержится 16,8 мг/кг азота. В подкорковом слое идет снижение до 11,2 мг/кг, далее вглубь толщи техногрунта вновь возрастает до 16,8 мг/кг. На это повлиял легкий механический состав грунта, а также весенне-осенние осадки, которые частично промывают легкогидролизующий азот вглубь толщи техногрунта. В данном случае содержание легкогидролизующего азота по сравнению с целинной почвой ниже (табл.). На техногрунте рекультивированном в 2012 г. (Р-3) содержание легкогидролизующего азота в верхнем 0...22 см горизонте составляет 30,8 мг/кг почвы, но оно снижается вглубь толщи почв плавно до 19,6 мг/кг за счет подавления активности нитрифицирующих бактерий. На этом участке относительно длительное загрязнение при сильном засолении повлияло на содержание подвижных форм азота.

Наиболее стабильное содержание гидролизуемого азота на рекультивационном участке 2013 г. (Р-1), где оно варьирует от 22,4 до 28,0 мг/кг почвы, благодаря легкому механическому составу.

*Изменение содержания калия в техногрунтах опытных участков.* Содержание валового калия в почвах находится в составе труднорастворимых алюмосиликатных минералов. В процессе нарушения почвенного покрова в техногрунтах территорий амбаров изменяется структура и состав почвенно-поглощающего комплекса, что отражается на калийном режиме и связано с низким содержанием глинистых минералов (табл.).

Анализ валового калия показывает, что в ходе трансформации его содержание по сравнению с целинной бурой солончаковой почвой уве-

личивается и зависит от степени загрязнения. В связи с засоленностью морских отложений и воздействием высокоминерализованных пластовых вод с их реагентами, происходит поступление в техногрунты агрессивных растворов. Действие сводится к растворению почвенных карбонатов валовых форм азота, фосфора и калия, что приводит к сильному засолению, изменению реакции среды. В результате чего изменяется активность и подвижность некоторых элементов, увеличивается токсичность техногрунтов. В связи с возрастанием засоленности техногрунта на рекультивированных участках также возрастает содержание обменного калия. Подвижных форм калия в нефтезагрязненных рекультивационных участках больше, чем на целинной почве. При возрастании содержания валового калия, также возрастает и содержание подвижных форм.

В заключении отметим, что содержание подвижного фосфора и гидролизуемого азота на рекультивированных участках уменьшается за счет связывания некоторой части растворимых соединений азота и фосфора компонентами нефти, богатыми функциональными группами. При обогащении почвы нефтью и продуктами ее распада в техногрунтах территории амбаров возрастают запасы валовых форм азота и фосфора. Содержание валового и подвижного калия возрастает в зависимости от степени загрязнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габбасов И.М. Оценка состояния почв с данными сроками загрязнения // Почвоведение. – 2002. – № 10. – С. 1265-1273.
2. Гиязов М.Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его нефтью // Агрохимия. – 1980. – №12. – С. 73-75.
3. Файени Е. Удо. Влияние загрязнения почвы производными нефти на рост кукурузы // Охрана природы – 1976. – 340.– С. 26-29.
4. Хазиев Ф.Х., Фахтиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активации разложения нефти // Агрохимия. – 1981. – №10. – С. 102-111.

Поступила 25.11.2015

Биол. ғылымд. канд. С.Н. Досбергенов

**ҚАРААРНА МҰНАЙ КЕН ОРНЫНЫҢ АМБАРЛАР  
АУМАҒЫНДАҒЫ РЕКУЛЬТИВАЦИЯЛАНҒАН УЧАСКЕЛЕРІНІҢ  
ҚОРЕКТІК ҚУРАМЫ**

**Түйін сөздер:** технотопырақ, қамбалар, тұздану, қорек элементтері, азот, фосфор, калий

*Мақалада Қараарна мұнай кен орнының амбарлар аумағындағы рекультивацияланған учаскелерінің қоректік элементтерінің нәтижелері келтірілген. Жылжымалы фосфор мен гидролизденуші азоттың мөлшері мұнай компоненттерінің функционалдық топтарымен байланысқа түсуіне байланысты азаяды. Калий мөлшері техногрунттың тұздану дәрежесіне байланысты арта түседі.*

Биол. ғылымд. канд. S.N. Dosbergenov

#### **THE CONTENT OF NUTRITION ELEMENTS ON THE RECULTIVATION AREA OF THE KARAARNA OIL DEPOSITS TERRITORY**

**Keywords:** tehnoground, barns, salinization, nutrition elements, nitrogen, phosphorus, potassium

*This article shows the research results of nutrition elements on reclaimed tehnoground areas of Karaarna barns. Contents of hydrolyzable labile phosphorus and nitrogen is reduced by binding a portion of soluble compounds of nitrogen and phosphorus components of the oil-rich functional groups. The content of total and exchangeable potassium increased, depending on the degree of contamination.*

УДК 556.11

Доктор техн. наук Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>  
Доктор техн. наук А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>  
Н.А. Турсынбаев<sup>2</sup>

## ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ТАЛАС ПРИ ЕЕ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ

**Ключевые слова:** природа, экология, услуга, оценка, экосистема, река, бассейн, ландшафт, почвы, растения, процесс

*На основе систематизации и анализа материалов РГП «Казгидромет» и Кыргызгидромета для оценки гидрогеологического режима формирования и функционирования экосистемы бассейна р. Талас был определен природно-климатический потенциал и «природный капитал» с целью комплексного обустройства исследуемого региона.*

**Введение.** Под комплексным обустройством водосборов подразумевается целостная система поэтапных мероприятий, создающих агроландшафты, где природопользование оптимизировано на научной основе. Увеличение продуктивности земель проводится при сохранении, а также при повышении общей экологической устойчивости ландшафтов.

В настоящее время состояние биосферы бассейна р. Талас становится важнейшим эколого-экономическим индикатором макроэкономического развития региона. В связи с возрастающей угрозой деградации природы и полной ассимиляции экономических, социальных и экологических проблем, на первый план выдвигается необходимость межгосударственного взаимодействия, которое учитывает «экосистемные услуги» бассейна трансграничной р. Талас. В связи с этим пристальное внимание уделяется проблеме уменьшения продуктивности растительного покрова, связанной также с глобальным изменением климата. Антропогенная трансформация экосистем (изменения в структуре землепользования и влияние человека на плодородие почв) развивается в значительной мере независимо от климатических процессов и способна кардинально повлиять на продуктивность растительного покрова не только на локальном, но и на региональном, и даже на глобальном уровнях. Все это необходимо учитывать при обустройстве бассейна р. Талас.

<sup>1</sup> Казахский Национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Таразский государственный университет им. Дулати, г. Тараз, Казахстан

**Цель работы.** На основе комплексной оценки почвенно-продукционного потенциала необходимо разработать научно-методические положения и практические рекомендации, направленные на формирование и дальнейшее развитие экологических услуг для обоснования обустройства бассейна р. Талас. Объектами исследования явились экосистемы трансграничного бассейна р. Талас, расположенные на территории Кыргызстана и Казахстана (рис.).



Рис. Административное деление бассейна р. Талас.

Общая площадь бассейна р. Талас составляет 52,7 тыс. км<sup>2</sup>; в том числе 11,43 тыс. км<sup>2</sup> (21,7%) в пределах Кыргызстана и 41,27 тыс. км<sup>2</sup> в пределах Казахстана (табл. 1).

Таблица 1

Распределение земельных ресурсов в бассейне р. Талас в разрезе административных областей и районов

Область	Район	Площадь	
		км <sup>2</sup>	%
Кыргызская Республика			
Таласская	Манасский	1045	2,0
	Карабууринский	2952	5,6
	Бакайатинский	2318	4,4
	Таласский	5119	9,7
	Всего	11434	21,7
Республика Казахстан			
Жамбылская	Жамбылский	4300	8,2
	Байзакский	4500	8,5
	Таласский	12200	23,1
	Сарыусский	20270	38,5
	Всего	41270	78,3
<b>Итого</b>		<b>52700</b>	<b>100</b>



Структура земельных ресурсов сельскохозяйственного пользования в бассейне р. Талас отличается в зависимости от географических расположений областей и районов Кыргызской Республики (КР) и Республики Казахстан (РК) (табл. 2)

Таблица 2

Структура земельных ресурсов сельскохозяйственного пользования в бассейне р. Талас

Структура земельных ресурсов	Площадь по районам, тыс. га			
	Манасский	Карабууринский	Бакайатинский	Таласский
Общая площадь	10450	29520	23180	51190
Пашня	26,0	50,4	20,7	35,0
Сенокос	–	–	210,0	2,825
Пастбища	–	188,0	254,098	269,7
Леса	0,433	0,246	0,665	0,866
Пастбищные леса	–	0,819	1,247	6,586
Земельные ресурсы КР, пригодные для сельского хозяйства	208,0	241,8	476,7	308,7
	Жамбылский	Байзакский	Сарыусуский	Таласский
Общая площадь	43000	45000	202700	122000
Пашня	67,5	74,3	30,0	45,9
Сенокос	7,0	6,3	64,1	23,7
Пастбища	173,5	337,7	2200,0	988,7
Леса	0,9	0,542	–	–
Земельные ресурсы РК, пригодные для сельского хозяйства	304,2	422,9	2300,0	1058,3

В бассейне р. Талас в пределах Кыргызстана общий фонд пахотных земель насчитывает 136,6 тыс. га, в том числе орошаемых – 115 тыс. га. На территории Казахской части бассейна общий фонд освоенных земель регулярного орошения составляет около 63 тыс. га, а лиманного орошения – 13 тыс. га.

Численность населения в пределах кыргызстанской части бассейна исследуемой реки составляет около 206,6 тыс. человек (4,1 % населения республики), а в казахстанской части проживают 545,8 тыс. человек.

В настоящее время нет единого мнения относительно определения «экологическая услуга» при обустройстве речных бассейнов. Однако наиболее близким по смыслу, отражающим сущность экологической услуги, можно назвать следующее определение: услуги экологического характера – это мероприятия, осуществляемые различными организациями (учреждениями) на коммерческой, договорной или безвозмездной основе по реализации природоохранной деятельности для сторонних объектов [19].

По мнению Н.Ф. Реймерса [23], экологический рынок – это подчиненная законам стоимости, спроса и предложения сфера трудового и то-

варно-денежного обращения, где свободно формируется спрос, предложение и цена на продукцию природоохранного назначения. Продукция природоохранного назначения – это работы и услуги производственного характера, использование которых обеспечивает охрану окружающей среды и воспроизводство природных ресурсов. В общем виде экологическая продукция может быть определена как искусственно воспроизводимая окружающая природная среда или отдельные ее элементы.

Важнейшее место в изучении комплексного обустройства водосборов и мелиорации земель занимают исследования И.П. Айдарова [1], А.И. Голованова [9], Ю.П. Добрачева [11], А.Г. Исаченко [13], Л.В. Кирейчевой [20], А.Р. Хафизова [25], Ж.С. Мустафаева [17] и др.

**Методика исследования.** Методологией комплексного обустройства водосборов, учитывая многоаспектность проблемы, принята вся совокупность существующих в мелиорации подходов. Объектом исследования выбран водосбор р. Талас, являющийся интегральным выражением устойчивых взаимосвязей между компонентами геосистемы и земной поверхностью. При обосновании обустройства исследуемого бассейна приоритетными выбраны геосистемный и катенарный подходы.

Катенарный подход является основой геоморфологической схематизации катен при обосновании необходимости мелиорации водосборов. Водосбор представлен набором катен, равных количеству физико-географических районов на водосборе. Геоморфологическая схема катен состоит из четырех фаций с разным высотным взаиморасположением. Элювиальная фация представляет возвышенность у водораздельной линии; трансэлювиальная – склон до точки перегиба; трансаккумулятивная – склон после точки перегиба; супераквальная – низину надпойменных террас. Такая схематизация дифференцирует фации по типу водного питания [2], учитывает размеры и формы рельефа, представляет катену, как элементарный водосбор с его характерными особенностями. Поэтому при схематизации природных условий бассейна р. Талас было принято (рис.), что каждый ландшафтный район представлен набором катен из характерных фаций [21; 8] с разным высотным взаиморасположением, определяемым глубиной расчленения рельефа (табл. 3).

Состояние растительного покрова речных бассейнов тесно связано с особенностями почв, которым отводится особая роль в наземных экосистемах, поскольку они объединяют в единую функционирующую систему все остальные компоненты [4]. Обычно для характеристики каждого компонента экосистемы используется конкретный набор параметров и интегральных критериев.

Таблица 3

## Геоморфологическая схема катен бассейна р. Талас

Катена	Физико-географическое районирование		Административное деление	
	Природная зона	Зона увлаженности	Республика, область	Район
Элювиальная	Горные степи	умеренно-засушливая и влажная горная	КР, Таласская обл.	Таласский
Тарансэлювиальная	Предгорная степь	Засушливая горная		Карабууринский, Бакайатинский, Бакайатинский
Супераквильная	Предгорная полупустыня	Сухая предгорная	РК, Жамбылская обл.	Жамбылский, Байзакский
Акеальная	Пустыня южная	Очень сухая		Сарысуский, Таласский

Важнейшими характеристиками состояния растительного и почвенного покрова являются показатели их продуктивности, по которым оценивается и устойчивость экосистем, поэтому их широко используют в комплексных экологических оценках [12, 26].

Бассейн р. Талас имеет полузамкнутый способ организации с четко выраженными границами, где ведущую системообразующую роль играет речной сток. Он формирует экосистему речного бассейна через распределение водных ресурсов, особенности рельефа и микроклимата, тем самым влияя на почвенный покров и растительность [16], которые составляют «природный капитал» региона.

Природный капитал речных бассейнов – это запас природных производственных ресурсов, которыми наделено общество. Они могут использоваться в производственных целях, не нарушая экологическую устойчивость природной среды и материальную среду «экологической услуги» [15].

**Результаты исследования.** Основной формой учета влияния климата на эффективность использования природных ресурсов является экологическая оценка продуктивности климата, которая характеризуется следующими показателями: суммой биологически активных температур ( $\sum t, ^\circ C$ ), суммой осадков ( $O_c$ , мм), испаряемостью ( $E_o$ , мм), фотосинтетически активной радиацией ( $R$ , кДж/см<sup>2</sup>), суммарными затратами на испарение ( $LE$ , кДж/см<sup>2</sup>), турбулентным теплообменом между атмосферой и поверхностью почвы ( $P$ , кДж/см<sup>2</sup>), среднегодовой температурой воздуха ( $T, ^\circ C$ ) (табл. 4) [18].

Таблица 4

## Природно-энергетические ресурсы бассейна р. Талас

Метеостанция	Природно-энергетические показатели					
	$\sum t, ^\circ C$	$O_c, \text{ мм}$	$E_o, \text{ мм}$	$R, \text{ кДж/см}^2$	$LE, \text{ кДж/см}^2$	$P, \text{ кДж/см}^2$
Акташ	2900	469	880	156,3	57,5	101,6
Талас	2775	327	960	164,2	44,8	106,8
Тараз	3400	287	1020	170,9	38,2	111,5
Ойык	3720	283	1270	185,2	55,7	137,9
Билик-кол	3727	314	1190	181,7	64,4	118,1
Байкадам	3700	155	1110	180,8	35,2	117,5
Камкалы-кол	3670	185	1147	186,5	18,6	121,2
Созак	3900	139	1180	219,2	12,9	142,5

Климатическая оценка продуктивности природной системы бассейна р. Талас определена на основе показателей, характеризующихся степенью обеспеченности ресурсами природной среды: коэффициент увлажнения ( $K_y = O_c / E_o$ ), гидротермический коэффициент ( $ГТК = 10 \cdot O_c / \sum t$ ), био-климатическая продуктивность ( $БКП = K_y (\sum t / 1000)$ ), индекс сухости ( $\bar{R} = R / LO_c$ , где  $L$  – удельная теплота парообразования, принятая равной  $2,5 \text{ кДж/см}^2$ ) и показатель увлажнения ( $M_d = O_c / \sum d$ ) (табл. 5) [18].

Агроклиматический потенциал территории рассчитывали по нормализованному индексу аридности ( $NIA$ ) [5]:  $NIA = [O_c / (5,12 \sum t + 306)]$ , где  $O_c$  – годовая сумма осадков, мм;  $\sum t$  – сумма среднемесячных температур за вегетационный период.

Таблица 5

## Климатическая продуктивность природной системы Казахстана

Метеостанция	Абсолютная высота местности ( $H$ ), м	Показатели климатической продуктивности				
		$K_y$	$ГТК$	$БКП$	$\bar{R}$	$NIA$
Акташ	2000	0,53	1,62	1,54	1,31	0,030
Талас	1200	0,30	0,68	2,20	2,00	0,022
Тараз	642	0,20	0,59	0,68	2,38	0,016
Ойык	373	0,19	0,76	0,70	2,61	0,015
Билик-кол	366	0,26	0,84	0,96	2,31	0,016
Байкадам	336	0,11	0,32	0,41	4,66	0,008
Камкалы-кол	317	0,09	0,37	1,17	4,03	0,010
Созак	207	0,12	0,36	0,47	6,30	0,007

В обосновании и выборе интегральных показателей «состояние – воздействие – отклик» ландшафтов бассейна р. Талас положен принцип

энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных режимов, и для этой цели можно использовать:

1) биологическую продуктивность растительности [1]:

$\bar{B} = B / ПУ = \alpha_1 \cdot \bar{R} \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R})$ , где  $ПУ$  – потенциальная биохимически обеспеченная урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальных условиях;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий состояние растительности;  $\alpha_1$  – коэффициент пропорциональности;  $B$  – биологическая продуктивность почвы при мелиорации;

2) относительную энергию, затрачиваемую на почвообразование [6]:  $\bar{Q} = Q / R = \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R})$ , где  $Q$  – энергия, затрачиваемая на почвообразование, ккал/см<sup>2</sup> в год;  $\alpha_o$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы ( $\alpha_o = 0,47$ ). В условиях проведения оросительных мелиораций, с целью создания оптимального водного режима почвы для произрастания ведущих сельскохозяйственных культур величина атмосферных осадков ( $O_c$ ) принимается равной их водопотреблению;

3) коэффициент благоприятности климата [22], определяемый как:

$$CL = \sqrt{\arctg[(T - 6) / 4] + 1,57} \cdot \sqrt{\arctg[(HF - 112) / 4] + 1,57},$$

где  $T$  – среднегодовая температура воздуха, °С;  $HF$  – показатель эффективности увлажнения, определяемый по формуле В.Р. Волобуева ( $HF = 43,2 \cdot IgO_c - T$ ) [6];

4) интегральный показатель или индекс почвы [22]:

$$S = \frac{6,4(G_{гн} + 0,2G_{ф})}{600} + 8,5 \cdot \sqrt{N \cdot \Phi \cdot K} \cdot 5,1 \cdot \exp\left(\frac{H_c - 1}{4}\right),$$

где  $G_{гн}$  – гуматный гумус, т/га;  $G_{ф}$  – фульватный гумус, т/га;  $N \cdot \Phi \cdot K$  – соответственно доли допустимых или полудопустимых норм азота, фосфора и калия по отношению к максимально возможному их содержанию, %;  $H_c$  – гидротермическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

5) продуктивность агроландшафта, включая продуктивность сельскохозяйственных угодий и мелиорируемых земель [22]:  $P = S \cdot CL$  (для естественных ценозов).

На основе предложенных интегральных критериев выполнен расчет продуктивности ландшафтов в бассейне р. Талас, который показал, что основным способом повышения этой продуктивности является комплексная мелиорация, особенно в предгорных и равнинных зонах, где она увеличива-

ет энергетический приток в почву за счет более эффективного использования приходящей суммарной солнечной радиации (табл. 6).

Таблица 6

Почвенно-экологическая оценка природной системы бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	Почвенно-экологический показатель					
		$HF$	$CL$	$S$	$P$	$\bar{g}$	$\bar{B}$
Акташ	2000	83,8	0,99	7,10	7,03	0,0025	0,04
Талас	1200	88,6	1,29	7,45	9,61	0,0020	0,03
Тараз	642	97,2	1,59	7,40	11,7	0,0015	0,01
Ойык	373	90,1	1,61	5,20	8,86	0,0000	0,01
Билик-кол	366	92,3	1,61	5,40	8,69	0,0000	0,01
Байкадам	336	85,0	1,61	5,00	8,05	0,0000	0,01
Камкалы-кол	317	93,6	0,99	5,90	5,84	0,0000	0,01
Созак	207	93,4	0,98	5,90	5,78	0,0000	0,01

Как показывают данные табл. 6, индекс почвы ( $S$ ) на достаточно высоком уровне характеризует свойства ландшафта и дает лишь незначительную информацию о типе климата района. Этот пробел дополняет коэффициент ( $CL$ ), характеризующий благоприятность климата для развития растительности. Биомасса ( $B$ ) позволяет с большей степенью точности определить растительный опад ( $F$ ) и продукцию биомасс растительности ( $PN$ ), при условии, что известны химические элементы.

Биологическая продуктивность почвы ( $B$ ) характеризует ежегодный прирост органического вещества в надземных и подземных сферах растительного покрова, а индекс плодородия почв ( $S$ ) представляет их потенциальное плодородие, которое выражается формированием надземной части органического вещества. Поэтому их взаимосвязь может быть выражена через коэффициент ( $K_s$ ), характеризующий долю надземной части органического вещества в биологической продуктивности почвы, т.е.  $PN = S \cdot CL = \int (R \cdot B)$ .

Выполненный для бассейна р. Талас расчет по определению затрат энергии почвообразования до и после мелиорации сельскохозяйственных земель приведен в табл. 7. Как видно из данных, приведенных в табл. 7, затраты энергии на почвообразование во многом зависят от суммарной фотосинтетически активной радиации ( $R$ , кДж/см<sup>2</sup>) и гидротермического коэффициента («индекс сухости») ( $\bar{R}_i$ ), т.е. в естественных условиях их максимальное значение наблюдается в горных районах бассейна р. Талас, а на равнинных территориях их величина снижается в зависимости от годовой суммы атмосферных осадков.

Таблица 7

Затраты энергии почвообразования до и после мелиорации  
сельскохозяйственных земель бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	$\bar{R}_i$	Затраты энергии на почвообразование ( $Q$ , кДж/см <sup>2</sup> )		
			при $\bar{R}_i$	при $\bar{R} = 1,0$	$\Delta Q$
Акташ	2000	1,31	84,40	97,69	13,29
Талас	1200	2,00	64,04	102,62	38,58
Тараз	642	2,38	61,52	106,81	45,29
Ойык	373	2,61	53,71	115,75	62,04
Билик-кол	366	2,31	59,96	113,56	53,60
Байкадам	336	4,66	19,89	113,00	93,11
Камкалы-кол	317	4,03	27,98	116,63	88,65
Созак	207	6,30	11,18	137,00	125,82

Для оценки влаго- и теплообмена в бассейне исследуемой реки использована связь водного и энергетического балансов [3]:

$$\bar{E} = E / (O_c + O_p) = \sqrt{\bar{R} \cdot th(1/\bar{R})(1 - ch \cdot \bar{R} + sh \cdot \bar{R})}; \bar{C} = \frac{\bar{C}_o + g}{O_c + O_p} = 1 - \bar{E},$$

где  $E$  – испарение с поверхности земли, мм;  $O_p$  – оросительная норма нетто, мм;  $\bar{C}_o$  – поверхностный сток, мм;  $g$  – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм;  $th, sh, ch$  – гиперболические тангенс, синус и косинус.

Для оценки почвенно-мелиоративного состояния ландшафтно-географических зон можно использовать эколого-мелиоративный потенциал ландшафта ( $\bar{M}$ ), характеризующий работу ( $\bar{A}_n$ ), совершаемую жидкостью в процессе выпадения атмосферных осадков к отношению концентрации почвенного раствора ( $\bar{C}_n$ ), т.е. их можно рассматривать, как способность системы «почва – грунтовые воды» и верхнего слоя почвы освобождаться от легкорастворимых солей:  $\bar{M} = \bar{A}_n / \bar{C}_n$ , где:  $\bar{M}$  – эколого-мелиоративный потенциал или мелиоративный показатель ландшафта;  $\bar{A}_n$  – работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод в почвенном слое;  $\bar{C}^*$  – средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» [17, 14]:

$$\bar{A}_n = O_c / \left[ \frac{R}{L} - (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \right], \bar{C}^* = \left[ C_o + (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \cdot C_z / O_c \right] / C_{дон},$$

где  $C_o$  – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое;  $C_{дон}$  – допустимые концентрации солей в почвенном растворе, которые соответствуют параметру незасоленных почв;  $C_z$  – концентрация солей в грунтовых водах;  $(1-t)$  – время действия инфильтрации ( $t = T / 365$ ),  $T$  – продолжительность вегетационного периода;  $\Delta$  – глубина уровня грунтовых вод.

В речных бассейнах работа потока грунтовых вод ( $A_i$ ) осуществляется массой жидкости ( $m_i$ ) и уклоном местности ( $i$ ), т.е. средней высотой любых высотных интервалов в пределах бассейна ( $H_i$ ):  $A_i = m \cdot g \cdot \Delta H$ , где  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\Delta H$  – превышение абсолютной высоты местности ( $\Delta H = H_i - H_{i-1}$ ).

Оценка «энергоемкости», характеризующейся эколого-мелиоративными показателями ландшафтов бассейна р. Талас, приведена в табл. 8. Как показывают данные табл. 8, работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод, в почвенном слое ( $\bar{A}_n$ ) от горных зон к равнинным постепенно уменьшается, а средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» ( $\bar{C}^*$ ), наоборот, увеличивается. Следовательно, эколого-мелиоративный потенциал или мелиоративный показатель ландшафта ( $\bar{M}$ ), подчиняясь закону вертикальной зональности, уменьшается. Эта закономерность показывает имеющиеся возможности формирования процесса засоления почв в равнинных частях бассейна р. Талас, в результате чего наблюдается ухудшение почвенно-мелиоративного состояния ландшафтов.

Таблица 8

Оценка «энергоемкости» ландшафтов бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	Почвенно-экологический показатель					
		$C_o$	$C_z$	$\bar{C}_n$	$\bar{A}_n$	$\bar{M}$	$\Delta H$
Акташ	2000	0,20	1,50	0,50	1,20	2,40	-
Талас	1200	0,20	1,50	0,50	1,10	2,20	800
Тараз	642	0,28	2,50	0,50	0,55	0,28	558
Ойык	373	0,28	4,50	0,50	0,10	0,05	269
Билик-кол	366	0,28	4,50	0,50	0,10	0,05	7
Байкадам	336	0,28	4,50	0,50	0,14	0,05	30
Камкалы-кол	317	0,28	4,50	0,50	0,10	0,04	19
Созак	207	0,28	6,00	0,50	0,12	0,05	110



На основе всесторонней оценки природной системы бассейна р. Талас, можно отметить, что для обеспечения устойчивости агроландшафтных систем необходимо, чтобы величина энергоотдачи при мелиоративных воздействиях снижалась, по сравнению с естественными условиями. Другими словами, эффективность использования поступающей солнечной энергии должна увеличиваться, что обусловлено повышением затрат энергии на почвообразовательный процесс.

Таким образом, на основе экологической продуктивности ландшафтов можно определить «природный капитал» речных бассейнов, т.е. природную экологическую емкость бассейна р. Талас, для разработки целостной системы комплексного обустройства водосборов.

Основными элементами природной среды, которые создают природный энергетический капитал, являются: солнечная энергия, энергетический потенциал почвы, энергия атмосферных осадков и площадь территории речных бассейнов. Солнечная энергия ( $E_s$ ), играющая роль, определяющего развитие системы внешнего потока, вычислялась по формуле Г. Одума [26]:  $E_s = F \cdot R$ , где  $F$  – площадь территории, км<sup>2</sup>;  $R$  – среднегодовая солнечная радиация, кДж/см<sup>2</sup>.

Энергия атмосферных осадков ( $E_{oc}$ , кДж/год) определена по формуле Г. Одума [15]:  $E_{oc} = F \cdot O_c \cdot G$ , где  $O_c$  – количество выпадающих осадков (мм/год);  $G$  – свободная химическая энергия Гиббса без учета транспирации растениями – 4,94 Дж/г или 4940 Дж/кг.

Энергетический потенциал почвы ( $E_n$ ) исследуемой территории вычислялся по формуле В.М. Володина [7]:  $E_n = H \cdot G_z \cdot d \cdot Q_n$ , где  $H$  – запасы гумуса в почвенном слое (0...35 см);  $G_z$  – общий гумус, %;  $d$  – объёмная масса почвы, г/см<sup>3</sup>;  $Q_n$  – энергетический эквивалент гумуса, Дж/га. Энергетический потенциал стока ( $E_p$ ) речных бассейнов можно определить по формуле:  $E_p = W \cdot G$ , где  $W$  – объем среднегодового стока реки, км<sup>3</sup>. На основе приведенных методов оценки солнечной энергии, энергии атмосферных осадков, энергетического потенциала почвы и воды, определен «природный капитал» бассейна р. Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана (табл. 9). Как видно из данных табл. 9, «природный капитал» речного бассейна в пределах Кыргызстана составляет  $2002,452 \cdot 10^{11}$  кДж, а по Казахстану приходится  $7797,772 \cdot 10^{11}$  кДж, т.е. в 3,5 раза больше. При этом, удельный «природный

капитал» на тыс. гектар занимаемой территории в Кыргызстане равен  $0,175 \cdot 10^{11}$  кДж, а в Казахстане –  $0,189 \cdot 10^{11}$  кДж, т.е. незначительно больше, за счет земельных ресурсов.

Таблица 9  
Энергетические показатели функционирования речного бассейна Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана

Показатель	Площадь по районам, тыс. га			
	Манасский	Карабууринский	Бакайатинский	Таласский
<b>Природные ресурсы</b>				
$R$ , кДж/м <sup>2</sup>	1642000	1642000	1563000	1563000
$O_c$ , мм	469	469	327	327
$G_z$ , %	3...4	3...4	3...4	3...4
$W$ , км <sup>3</sup>	1,53			
<b>Энергетические показатели (<math>10^{11}</math>, кДж)</b>				
$E_s$	171,589	484,718	362,303	800,100
$E_{oc}$	2,42	6,84	3,74	8,27
$E_n$	7,94	22,43	17,62	38,90
$\sum E_s, E_{oc}, E_n$	181,949	513,988	383,663	847,270
$E_p$	75,582			
$\sum E_s, E_{oc}, E_n, E_p$	<b>2002,452</b>			
Показатель	Жамбылский	Байзакский	Сарыусуский	Таласский
<b>Природные ресурсы</b>				
$R$ , кДж/м <sup>2</sup>	1709000	1709000	1817000	1808000
$O_c$ , мм	287	287	155	314
$G_z$ , %	0,5...1	0,5...1	0,5...1	0,5...1
$W$ , км <sup>3</sup>	0,90			
<b>Энергетические показатели (<math>10^{11}</math>, кДж)</b>				
$E_s$	734,870	769,05	3683,059	2205,760
$E_{oc}$	6,096	6,380	15,521	18,924
$E_n$	32,680	34,200	154,052	92,720
$\sum E_s, E_{oc}, E_n$	773,646	809,630	3852,632	2317,404
$E_p$	44,460			
$\sum E_s, E_{oc}, E_n, E_p$	<b>7797,772</b>			

Однако энергетический потенциал речного стока на территории Кыргызстана составляет  $75,582 \cdot 10^{11}$  кДж, а в Казахстане –  $44,460 \cdot 10^{11}$  кДж, т.е. в

1,7 раза меньше, что показывает достаточно высокую возможность Кыргызстана оказывать экологические услуги для вообеспеченности Казахстана.

Таким образом, бассейн р. Талас имеет достаточно высокий «природный капитал» и при эффективном его использовании можно создать экологические и экономические устойчивые агроландшафтные системы, обеспечивающие продовольственную безопасность региона при соблюдении компенсирующих принципов природных и природно-техногенных экологических услуг.

При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на водоемы и водотоки [24].

Косвенное, площадное, воздействие на водные объекты проявляется в виде антропогенных нагрузок на водосборе, связанных с засолением территории, хозяйственной деятельностью жителей, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики. Показатели, характеризующие указанные факторы, использованы для зонирования (ранжирования) территории бассейна р. Талас по степени антропогенной нагрузки. В качестве основных (базовых) применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объем производимой в регионе промышленной продукции в тыс. долларов, приходящейся на 1 км<sup>2</sup>) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов КРС на 1 км<sup>2</sup>). Расчеты проводились с государственной привязкой в границах бассейна р. Талас.

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий – демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Сельскохозяйственная нагрузка рассчитывалась как среднеарифметическое значение балльных оценок интенсивности земледельческой (распаханность) и животноводческой нагрузок. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографических, промышленных и сельскохозяйственных нагрузок, в основе, которых положена методика А.Г. Исаченко [13].

Оценка водного стресса (термин «water stress») широко используется при характеристике водно-экологических ситуаций в бассейнах рек. Водный стресс определяется отношением водозабора из водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10 %, то водного стресса нет, если от 10 до 20 %, то существует слабая нехватка воды, если 20...40 % – то умеренная нехватка, превышение 40 % означает высокий уровень нехватки воды (водный стресс) [10].

По степени совокупной антропогенной нагрузки в пределах бассейна р. Талас выделены участки с пониженной и повышенной интенсивностью воздействия (табл. 10).

Таблица 10

Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию трансграничного бассейна р. Талас

Показатель	Государство		Бассейн р. Талас
	КР	РК	
Общая площадь, тыс. км <sup>2</sup>	11,43	41,27	52,70
Население, тыс. чел.	206,6	545,8	752,0
Плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	13,08	13,22	14,27
Площадь орошаемых земель, тыс. га	115,0	63,0	178,0
Распаханность, %	11,95	1,76	3,98
Животноводство, тыс. голов	407,6	2676,6	3084,2
Животноводческая нагрузка, усл. гол/км <sup>2</sup>	35,66	64,86	58,52
Промышленная продукция, тыс. дол.	3,00	1078030,2	1078033,2
Плотность промышленного производства, тыс. дол/км <sup>2</sup>	0,00026	36,12	20,46
Располагаемые водные ресурсы, км <sup>3</sup>	1,74	0,092	1,832
Удельная водообеспеченность на одного жителя, тыс. м <sup>3</sup> /чел	8,422	0,168	2,436

Высокая антропогенная нагрузка (7 баллов) наблюдается в пределах Кыргызской Республики, где плотность населения составляет 13,08 чел/км<sup>2</sup>, плотность промышленного производства – 0,00026 дол/км<sup>2</sup>. Территория характеризуется наибольшей для рассматриваемых трансграничных бассейнов сельскохозяйственной освоенностью с уровнем распашки около 1,74 %, высоким уровнем животноводческой нагрузки – 35,66 усл. гол. на 1 км<sup>2</sup>.

Повышенная антропогенная нагрузка (6 баллов) наблюдается только в пределах территории Жамбылской области Республики Казахстан. Это наиболее плотно заселенная и сельскохозяйственно освоенная часть бассейна р. Талас, где плотность населения равна 13,22 чел/км<sup>2</sup>, а промышленного производства – 36,12 тыс. дол/км<sup>2</sup>, уровень распашки – 1,76 %. На данном участке невысокий уровень животноводческой нагрузки – 64,86 усл. гол/км<sup>2</sup>.

Оценка водообеспеченности, выполненная в бассейне р. Талас, показала, что в соответствии с классификацией по удельной водообеспеченности на одного жителя, в средние по водности годы средняя водообеспеченность очень низкая (2,436 тыс. м<sup>3</sup>/чел). В настоящее время удельная водообеспеченность на одного жителя РК составляет 8,422 тыс. м<sup>3</sup>/чел, на одного жителя КР – 0,168 тыс. м<sup>3</sup>/чел. Поэтому здесь стоят наиболее ост-

рые проблемы водообеспечения, особенно в маловодные годы, что является фактором возникновения «водных стрессов» исследуемого бассейна.

В пределах бассейна р. Талас на территории Кыргызской Республики ежегодно забирается более 0,916 км<sup>3</sup> воды из поверхностных источников и водный стресс составляет 2,0 %, что соответствует высокой степени обеспеченности водой.

В Жамбылской области Республики Казахстан водозабор из р. Талас составляет 0,916 км<sup>3</sup>, а водный стресс – более 12 %, что характеризует слабую нехватку воды. В этом случае водный стресс оценивается как умеренный, а вода, как ресурс, рассматривается с позиции фактора, ограничивающего развитие территории.

Проблема вододеления в бассейне трансграничной р. Талас усугубляется водно-экологическими характеристиками объектов водоснабжения (в частности, качеством речной воды), тем самым усиливая остроту сложившейся водохозяйственной ситуации на приграничных территориях.

Сброс сточных вод осуществляется на территории Кыргызской Республики и составляет около 0,255 км<sup>3</sup> в год. В связи с этим, качество воды р. Талас в зависимости от водности изменяется в пределах от «чистого» в верховьях, до «умеренно загрязненного» и «загрязненного» в среднем течении и низовьях соответственно.

Острота водохозяйственных проблем в этом трансграничном бассейне требует принятия ряда решений на межгосударственном и государственном уровнях, направленных на регулирование отношений в сфере природопользования.

**Заключение и рекомендации.** Исследование потоков энергии ландшафтных систем в бассейне трансграничной р. Талас с учетом ее качества дает реальную оценку веса отдельных составляющих суммарного потока энергии «природного капитала» и определяет наличие энергетических ресурсов для оказания экологических услуг с целью создания высокоэффективных агроландшафтных систем.

Проведенные исследования показывают структуру поступающих потоков энергии, дают объективную картину соотношения различных видов энергий, и позволяют оценить уровень экспорта экологических услуг между территориями в рамках административного деления, которые могут быть использованы при комплексном обустройстве речных бассейнов.

Полученные результаты позволяют оценить реальное состояние энергетических ресурсов бассейна р. Талас как в естественном состоянии, так и под воздействием антропогенных факторов, и могут быть использованы в работах по рационализации структуры потоков энергии при сбалансированном

использовании природно-ресурсного потенциала региона для конструирования высокоэффективных агроландшафтных систем.

Таким образом, эффективное использование энергетических ресурсов при комплексном обустройстве бассейна р. Талас с экологической и экономической точек зрения возможно, если оно способствует поддержанию экологической, экономической и социальной устойчивости с ее структурно-функциональными особенностями потоков энергии. Поэтому дальнейшее изучение пространственно-временной динамики параметров энергетического потенциала является актуальным, как с научной, так и с практической стороны и должно способствовать регламентации антропогенного воздействия и экологических услуг с учетом естественного и стабильного состояния экосистемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П. Комплексное обустройство земель. – М.: МГПУ, 2007. – 208 с.
2. Брудастов А.Д. Осушение минеральных и болотных земель. – М.: Сельхозгиз, 1934. – 433 с.
3. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 470 с.
4. Вернадский В.И. Об участии живого вещества в создании почв. Труды по биологии и геохимии почв. (Б-ка тр. Акад. В.И. Вернадского) – М.: Наука, 1992. – 415 с.
5. Виноградов Б.В. Развитие концепции опустынивания // Известия РАН, серия географическая. – 1997. – №5. – С. 95-105.
6. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
7. Володин В.М. К вопросу о производительности почвы. // Научн. Тех. бюл. ВНИИЗиЗПЭ. – 1986. – №3. – С. 3-11.
8. Глазовская М.А. Принципы классификации природных геосистем по устойчивости к техногенезу и прогнозное ландшафтно геохимическое районирование // Устойчивость геосистем. – М.: Наука, 1983. – С. 61-78.
9. Голованов А.И., Сухарев Ю.И., Шабанов В.В. Комплексное обустройство территорий – дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – №2. – С. 25-31.
10. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты // Институт водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
11. Добрачев Ю.П. Теория и технология управления орошением на основе эколого-физиологических моделей: Автореф. Дис. ... докт. техн. наук /

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М., 1998. – 55 с.
12. Исаченко А.Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем // Известия РАН, серия географическая. – 1990. – № 5. – С. 5-17
  13. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, 1980. – 264 с.
  14. Количественные методы в мелиорации засоленных земель // Под ред. В.М. Боровского. – Алма-Ата: Наука, 1974. – 274 с.
  15. Корытный Л.М. Бассейновый подход в географии // География и природные ресурсы. – 1991. – №1. – С. 161-166.
  16. Матрынов А.С., Тишков А.А. Россия на международном рынке экосистемных услуг // Биологические ресурсы и устойчивое развитие: Матер. Междунар. конф., Институт общих проблем биологии РАН, 29-30 октября 2001. – Пущино, 2001. – С. 60-63.
  17. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. – 306 с.
  18. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. – Тараз, 2007. – 218 с.
  19. Мустафаев К.Ж. Экологические услуги в речных бассейнах. – Тараз, 2015. – 146 с.
  20. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. – 240 с.
  21. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах / Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 492-511.
  22. Природы моделей и модель природы / Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Мысль, 1986. – 270 с.
  23. Реймерс Н.Ф. Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
  24. Стоящева Н.В., Рыбкина И.Д. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне Иртыша // География и природные ресурсы. – 2013. – №1. – С. 26-32.
  25. Хафизов А.Р., Кутляров Д.Н. Комплексное обустройство степных водосборов Республики Башкортостан. – Уфа: Изд-во БГАУ, 2009. – 96 с.
  26. Odum H.T. Environmental Accounting, EMERGY and Environmental Decision Making. – N.Y.: JohnWiley&Sons. – 1996. – 370 p.

Поступила 17.05.2016

Техн. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. докторы

Ж.С. Мустафаев  
А.Т. Козыкеева  
Н.А. Турсынбаев

## КЕШЕНДІ ҮЙЛЕСТІРУ КЕЗІНДЕГІ ТАЛАС ӨЗЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ ЖӘНЕ ҚЫЗМЕТІ

**Түйін сөздер:** табиғат, экология, қызмет көрсету, бағалау, экожүйе, өзен, бассейн, ландшафт, топырақ, өсімдіктер, процесс

*«Казгидромет» және «Кыргызгидромет» мекемелерінің мәліметтерін жүйелеу және жүйелік талдаудың негізінде кешенді үйлестіру үшін Талас өзенінің экологиялық жүйесінің қалыптасуы және қызметін бағалау мақсатында, оның табиғи-климаттық әлеуттігі және «табиғи іргелігі» анықталған.*

ZH.S Mustafayev, A.T. Kozykееva, N.A. Tursynbaev

## FORMATION AND FUNCTIONING OF THE TALAS RIVER ECO- SYSTEM WITH ITS COMPLEX ARRANGEMENT

**Keywords:** nature, ecology, service, assessment, ecosystem, river, swimming pool, landscape, soil, plants, process

*Based on the systematization and analysis of RSE «Kazgidromet» and Kyrgyzhydromet materials and to evaluate the hydrogeological regime of formation and functioning of the Talas ecosystem basin was defined natural and climatic potential and the «natural capital» for the purpose of comprehensive development of the study region.*



УДК 556.11:639.3

О.А. Шарипова<sup>1</sup>А.В. Шарипова<sup>2</sup>

### ЗАВИСИМОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЛХАШ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В НИХ

**Ключевые слова:** донные отложения, микроэлементы, органическое вещество, коэффициент корреляции, уравнение регрессии

*В статье приведены факты из области математической статистики, из анализа которых следует, что накопление микроэлементов в донных отложениях озера Балхаш связано с количеством органического вещества в них. С помощью корреляционно-регрессивного анализа определено, что условия трансформации микроэлементов существенно различаются при естественном режиме функционирования экосистемы и при выраженном антропогенном воздействии.*

**Введение.** При оценке экологического состояния водного объекта актуальным является изучение качественных характеристик состава и аккумулярующей способности донных отложений. Они, будучи депонирующей средой, удерживают на длительный срок загрязняющие вещества водоемов и выступают в роли индикаторов техногенного загрязнения. Практический интерес имеет выявление особенностей состояния донных отложений при естественных режимах функционирования водных экосистем и при их нарушениях вследствие антропогенного воздействия. Процессы диагенетических преобразований микроэлементов и их перераспределение в донных осадках зависят от гранулометрического и минерального состава осадков, от количества органического вещества, а также от техногенного воздействия.

Изучение условий функционирования природных экосистем, и в частности экосистем водоемов, связано с систематизацией и обобщением большого объема данных наблюдений за изменчивостью характеристик среды обитания, определением закономерностей взаимосвязанного рас-

<sup>1</sup> Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, Казахстан

<sup>2</sup> Омский государственный технический университет, Россия

пределения множества показателей. С этой целью широко используются статистические методы анализа (многомерные методы статистики).

Бассейн оз. Балхаш находится в техногенной зоне, поэтому формирование микроэлементного состава воды и донных отложений происходит под общим влиянием как природных, так и антропогенных факторов. На северо-западном побережье озера расположен металлургический комбинат, который, несмотря на важное социально-экономическое значение, в течение многих десятилетий оказывает негативное влияние на природную систему региона в целом, и на прилегающую акваторию озера в частности.

Проблема загрязнения донных отложений оз. Балхаш микроэлементами, вопросы зависимости между накоплением токсикантов и содержанием органического вещества в осадках освещена в ряде научных публикаций – статей и монографий [4, 5, 8].

В данной работе приведена сравнительная характеристика корреляционной зависимости исследуемых показателей в районах озера с разной интенсивностью техногенной нагрузки, для количественной оценки данной взаимосвязи построены уравнения регрессии.

**Материал и методика исследований.** Материалом для данной работы послужили результаты многолетних мониторинговых исследований (2003...2015 гг.) компонентного состава донных отложений оз. Балхаш.

Балхашский металлургический комбинат, расположенный на территории, прилегающей к бухте Бертыс, является самым крупным загрязнителем экосистемы озера. Пробы донных осадков отбирались по градиенту загрязнения: по 4-м разрезам (бухта Бертыс – Рембаза, Торангалык – Аккум, Малый Сары-Шаган – Орлиная, Гульшат – Корс) по 6...9 точкам на каждом разрезе (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема отбора проб донных отложений (разрезы).

Для сравнительного анализа пробы также отбирали по всей акватории озера на станциях, удаленных от источника загрязнения (рис. 2).



Рис. 2. Контрольные станции отбора проб по акватории оз. Балхаш.

Сбор и обработка донных отложений проводились по методическому руководству [1]. В качестве мониторинга в донных отложениях в многолетнем аспекте исследовались следующие микроэлементы: медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк. Содержание валовых форм токсикантов определялось атомно-абсорбционным методом. Обработка результатов мониторинговых исследований (2003...2015 гг.) химического состава донных осадков была осуществлена методом статистического анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ результатов многолетних исследований выявил ряд особенностей в формировании химического состава донных отложений озера Балхаш.

Доминантом по накопительной способности среди микроэлементов в осадках по акватории озера, удаленной от источника загрязнения, является цинк, с концентрацией 26,4...76,4 мг/кг, что соответствует его Кларку и преобладающему содержанию в региональных почвах [2, 6]. Содержание свинца в осадках варьирует в диапазоне 6,4...38,8 мг/кг, меди – 7,2...37,3 мг/кг. В минимальных количествах обнаружены кадмий (0,8...4,4 мг/кг) и мышьяк (0,05...0,20 мг/кг). Наиболее чистыми являются донные отложения приустьевых участков рек, что связано с высокой проточностью и песчаным гранулометрическим составом осадков. Микроэлементы в количественном отношении сорбируются в следующей последовательности:  $Zn > Pb > Cu > Cd > As$ .

Процессы аккумуляции и трансформации токсикантов в донных осадках зависят от механического состава отложений, количества органического вещества, от интенсивности техногенного загрязнения.

Согласно исследованиям КазНИИ рыбного хозяйства [7], в оз. Балхаш выделены несколько видов грунтов: гравийные осадки, крупно-среднезернистые пески, мелкозернистые пески, крупные алевриты, мелко-алевритовые илы, алеврито-глинистые илы, глинистые илы. Основную

часть дна оз. Балхаш около 10900 км<sup>2</sup> (59 %) занимают илы (мелкоалевритовые, алеврито-глинистые, глинистые); крупный алеврит охватывает около 3900 км<sup>2</sup> (19,5 %); пески и гравийные осадки распространяются на площади около 5100 км<sup>2</sup> (25,5 %).

По результатам исследований выявлено, что накопление тяжелых металлов в большей степени происходит в мелкодисперсных фракциях: илах, глинах. Аккумулирующая способность грунтов увеличивается в зависимости от присутствия в них органического вещества. Содержание органического вещества в донных отложениях оз. Балхаш относительно невысокое, колеблется в пределах 0,5...7,7 %, что составляет в количественном отношении 5...77 г/кг.

Рядом исследований доказано [3], что органические вещества имеют способность к связыванию ионов тяжелых металлов, образуя с ними комплексные соединения. Положительная зависимость суммарного содержания микроэлементов в донных отложениях от количества органического вещества отображена на рис. 3.

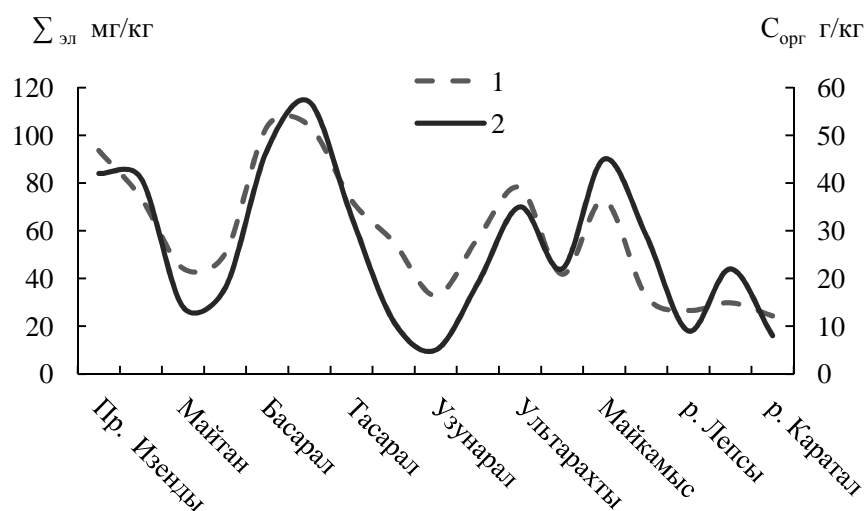


Рис. 3. Зависимость между суммарным содержанием микроэлементов (1) и количеством органического вещества (2) в донных осадках оз. Балхаш.

Для количественной оценки данной взаимосвязи рассчитаны коэффициенты корреляции и построены уравнения регрессии (табл. 1).

Данная корреляция характеризует линейную взаимосвязь в вариациях переменных. По направлению корреляционная связь положительная (прямая), следовательно, донные отложения с более высоким содержанием органического вещества кумулируют большее количество микроэлементов.

Таблица 1

Функциональная зависимость содержания микроэлементов (у, г/кг) от количества органического вещества в донных отложениях оз. Балхаш (х, г/кг)

Элемент	Коэффициент корреляции, r	Уравнение регрессии	Величина достоверности аппроксимации, R <sup>2</sup>
Σ	0,87	$y = 0,0045x + 0,0012$	0,75
Медь	0,84	$y = 0,0017x - 0,0103$	0,71
Цинк	0,90	$y = 0,001x + 0,0154$	0,80
Свинец	0,87	$y = 0,001x + 0,0021$	0,75
Кадмий	0,82	$y = 0,00005x + 0,0021$	0,72
Мышьяк	0,47	-	-

По степени значимости корреляционных связей между содержанием токсиканта и количеством органического вещества, определяемые металлы можно расположить в следующей последовательности: Zn > Pb > Cu > Cd. Полученные коэффициенты корреляции, согласно шкале Чеддока, определили высокую зависимость между концентрациями отдельных металлов и количеством органики. Проведенный анализ величин коэффициентов корреляции показал, что не выявлена значимая связь между концентрацией мышьяка и количеством органического вещества ( $r = 0,47$ ). Сорбция мышьяка органическим веществом озерных осадков играет меньшую роль, чем сорбция других тяжелых металлов. Главные компоненты, сорбирующие мышьяк – полторные оксиды и их соединения с кремнеземом, которые обладают низкой миграционной способностью [3].

Практический интерес имеет выявление особенностей состояния донных отложений при естественных режимах функционирования водных экосистем и при их нарушениях вследствие антропогенного воздействия. Качественный состав донных отложений оз. Балхаш, также как и воды, характеризует степень антропогенного воздействия на разные участки озера.

Содержание токсикантов в донных отложениях загрязненных участков имеет высокую вариабельность. Диапазон значений концентраций поллютантов представлен в табл. 2.

Содержание меди в донных осадках более удаленных разрезов в 1,5...4,0 раза превышает аналогичные показатели условно чистых районов озера. Максимальное количество меди характерно для грунтов бух. Бертыс (3794...4064 мг/кг в точках 1 и 2 рис. 1) и зал. Торангалык (1014 мг/кг в точке 1, рис. 1), что в десятки и сотни раз выше концентраций элемента на контрольных станциях озера. Количество цинка в осадках по градиенту загрязнения от 3 до 18 раз выше средних величин

оз. Балхаш. Максимум концентраций свинца наблюдается в донных отложениях бух. Бертыс (1124...1475 мг/кг в точках 1 и 2, рис. 1) и зал. Торангалык (165...206 мг/кг в точках 1 и 2, рис. 1). Аккумуляция кадмия и мышьяка в 1,6...5,5 и 2,0...9,0 раз интенсивнее в локальных зонах загрязнения по сравнению с удаленными участками водоема.

Таблица 2

Предельные концентрации микроэлементов (мг/кг) и органического вещества (г/кг) в донных отложениях по градиенту загрязнения

Компонент	М. Сары-Шаган – бух. Орлиная	бух. Бертыс – Рембаза	Торангалык – Аккум	Гульшат – Корс
Медь	10,0...62,2	544...4064	17,2...1014	13,6...125,2
Цинк	22,6...72,8	144...1052	45,2...189,4	31,0...84,6
Свинец	17,8...57,1	148...1475	28,2...206,4	30,4...107,8
Кадмий	0,6...3,4	5,8...21,6	2,2...5,4	2,0...5,0
Мышьяк	0,08...0,15	0,10...0,43	0,09...0,45	0,001...0,10
Органическое вещество	7,0...42,0	37,0...89,0	10,0...61,0	23,0...77,0

С помощью статистического анализа возможно определить участки озера с аномально высоким содержанием загрязняющих веществ в грунтах, не подчиняющихся корреляционной зависимости. На рис. 4 и 5 представлено распределение микроэлементов и органического вещества в локальных зонах загрязнения – бухте Бертыс и зал. Торангалык (1..3 точки).

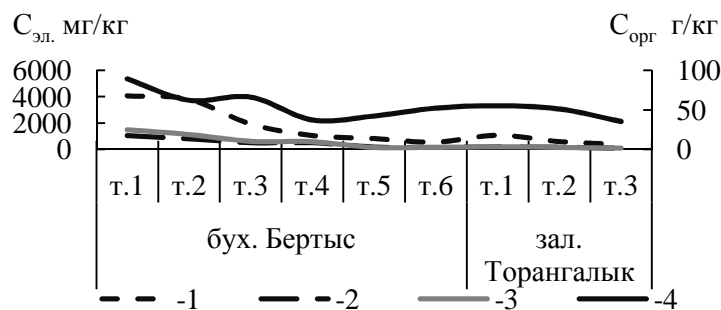


Рис. 4. Распределение меди (1), цинка (2), свинца (3) и органического вещества (4) в донных отложениях по разрезу бух. Бертыс – Рембаза, зал. Торангалык.

Как видно на рисунках, линии тренда элементов и органического вещества проходят не синхронно, что свидетельствует об отсутствии взаимосвязи представленных показателей.

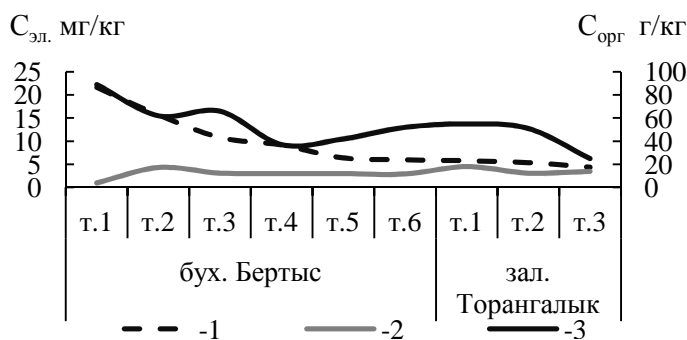


Рис. 5. Распределение кадмия (1), мышьяка (2) и органики (3) в донных отложениях по разрезу бух. Бертыс – Рембаза, зал. Торангалык.

В локальных техногенных аномалиях с высоким содержанием элементов невозможно использовать представленные выше уравнения регрессии, в данном случае исследуемые параметры статистически не связаны.

#### Выводы:

1. Процесс аккумуляции тяжелых металлов в грунтах озера зависит от содержания органического вещества. Взаимосвязь варьирующих величин положительная, статистически значимая и описывается линейными уравнениями. Коэффициенты корреляции составляют 0,82...0,90.

2. Сорбция мышьяка органическим веществом озерных осадков играет меньшую роль, чем сорбция тяжелых металлов, корреляционная связь незначимая ( $r = 0,47$ ).

3. В наиболее загрязненных донных осадках озера (бух. Бертыс и зал. Торангалык) рассматриваемые компоненты не взаимосвязаны и не подчиняются закономерностям корреляционно-регрессивного анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
2. Грабаров П. Г., Солодникова Е. А. Содержание микроэлементов в центральной части Казахстана // Агрехимическая характеристика почв СССР. – М.: Наука, 1958. – С. 54-65.
3. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
4. Проблемы гидрологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / Под ред. Самаковой А.Б. – Алматы: Каганат, 2003. – 584 с.
5. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под ред. Кудекова Т.К. – Алматы: Каганат, 2002. – 389 с.

6. Тазабеков Т.Т., Гнездилова Л.П. Описание и анализ почвы. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – 192 с.
7. Тленбеков О.К., Трофимов Г.С., Васильева Н.А., Нестеренко Т.И. Донные отложения озера Балхаш // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – Алма-Ата: 1974. – Вып. 8. – С. 15-19.
8. Хузина Г.Г., Жумагалиулы Н. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях оз. Балхаш в районах, подверженных техногенному воздействию // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2009. – №3. – С. 55-60.

Поступила 23.05.2016

Шарипова О.А., Шарипова А.В.

### **БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ ТҮБІНДЕГІ ТОНБАЛАРЫНДАҒЫ МИКРОЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЖИНАҚТАЛУЫНЫҢ ОНЫҢ ІШІНДЕГІ ОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТАРҒА МӘУЕЛДІЛІГІ**

**Түйін сөздер:** түбіндегі тұнбалары, микроэлементтер, органикалық заттар, корреляция коэффициенті, регрессиялық теңдеу

*Мақалада математикалық статистика саласынан фактілер келтірілген. Олардың сараптамасы бойынша Балқаш көлінің түбіндегі тонбаларындағы микроэлементтердің жинақтаулы оның ішіндегі органикалық заттардың мөніерімен байланысты. Корреляциялық - регрессивті анализ арқылы микроэлементтердің трансформация жағдайлары экожүйенің табиғи жұмыс жасау режимінде және ашық көрінген антропогендік жер ету кезінде күрт өзгеретіндіктері анықталды.*

O.A. Sharipova, A.V. Sharipova

### **THE DEPENDENCE OF THE MICROELEMENTS ACCUMULATION IN THE BALKHASH LAKE BOTTOM SEDIMENTS ON THE CON- TENT OF ORGANIC MATTER IN THEM**

**Keywords:** bottom sediments, minerals, organic matter, the correlation coefficient, the regression equation

*The article presents the facts from the field of mathematical statistics, an analysis of which shows that the accumulation of microelements in the sediments of Lake Balkhash is associated with the amount of organic matter in them. With correlation and regression analysis determined that trace the transformation conditions are significantly different in the natural mode of functioning ecosystems and in severe human impact.*



УДК 552.482.2:577.4

Доктор техн. наук Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>Доктор техн. наук А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>К. Жанымхан<sup>1</sup>**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ КАРАТАЛ**

**Ключевые слова:** модель, оценка, ресурсы, природа, сток, возвратные воды, водопотребление, загрязнение, соли, факторы

*На основе существующих математических моделей продуктивности водной среды, позволяющих определить экологически допустимые пределы антропогенного воздействия, а также на основе принципа Ле-Шателье-Брауна, была разработана одна из модификаций математических моделей. Модель работает на базе уравнения гидрохимического баланса вещества в речных бассейнах; описывает поведение водной системы с учетом всех природных и антропогенных факторов, а также характеризует поведение водной экосистемы в состоянии устойчивого равновесия.*

В настоящее время все водные объекты суши являются не только источниками водопотребления для промышленности, сельского и коммунально-бытового хозяйства, но и местом сброса отработанных сточных вод городов и различных отраслей экономики. В связи с этим возникает необходимость и важность изучения условий формирования и изменения гидрогеохимического режима малых рек. С одной стороны малые реки очень уязвимы за счет тесной связи формирования их стока с ландшафтом бассейна и постоянно увеличивающимися антропогенными нагрузками на него. С другой стороны малые реки широко распространены и важны для комфортного существования человека. При этом следует отметить, что на формирование гидрогеохимического режима малых рек оказывает влияние объем воды в реке и загрязненность речных бассейнов, так как их диапазон саморегулирования, в сравнении с большими реками, ограничен. Количественное истощение водных ресурсов малых рек наносит большой экологический и экономический ущерб природным и хозяйственным ком-

---

<sup>1</sup> Казахский Национальный аграрный университет, г. Алматы

плексам, нарушает устойчивость речных экосистем, затрудняет водопользование и ухудшает условия жизнедеятельности человека. В связи с этим, изучение влияния урбанизации и хозяйственной деятельности человека на гидроэкологический режим водных объектов является весьма актуальным в системе природопользования [11].

Для оценки экологически допустимого воздействия на малые реки разными авторами использовались различные подходы: М.Ж. Бурлибаев применял зависимости биопродуктивности травостоя пойменных лугов и воспроизводства рыбных запасов [1]; В.Н. Маркин использовал функции, на базе уравнения гидрохимического баланса веществ в речных бассейнах, которые описывают поведение водной системы [5]; В.В. Шабанов применял способ пропорциональных расходов речных бассейнов [4]. Многие исследователи используют гемостатическую кривую, разработанную Б. Фашевским [11], «диаграмму жизненного цикла речных бассейнов», опубликованную Ж.С. Мустафаевым и Л.Ж. Мустафаевой [7], «график зависимости эколого-экономической активности природной системы от интенсивности использования природных ресурсов», предложенный Ж.С. Мустафаевым, Л.Ж. Мустафаевой, К.Б. Койбагаровой и К.Ж. Мустафаевым [8], «коэффициент эколого-экономической активности общества при использовании природных ресурсов» К.Ж. Мустафаева [9].

Река Каратал – вторая по величине река в бассейне оз. Балхаш. Ее длина 390 км, площадь водосбора 19100 км<sup>2</sup>, а площадь оледенения составляет 253,7 км<sup>2</sup>. Она образуется при слиянии рек – Кора, Чижа, Текели и протекает по территории Алматинской области (рис. 1) [2].



Рис. 1. Бассейн р. Каратал.

По данным многолетних наблюдений, среднегодовой расход воды р. Каратал в створе г. Уштобе составляет 63,8 м<sup>3</sup>/с, а в створе ур. Наймансуек – 69,4 м<sup>3</sup>/с (табл. 1) [6].

Таблица 1

Среднегодовое расходы воды в бассейне р. Каратал, м<sup>3</sup>/с

Месяц	р. Кора	р. Чижа	р. Каратал	
			г. Уштобе	ур. Наймансуек
1	3,07	3,25	36,6	37,8
2	2,89	3,10	39,5	39,2
3	3,32	4,02	62,2	68,6
4	7,22	12,7	80,0	88,1
5	15,3	28,1	103	108
6	30,4	32,5	128	130
7	35,2	21,8	85,9	102
8	25,7	11,8	44,0	57,0
9	9,74	6,63	36,0	41,0
10	5,12	5,61	51,2	55,0
11	4,09	4,53	54,5	59,0
12	3,36	3,79	44,4	47,5
Год	12,1	11,5	63,8	69,4

Таким образом, р. Каратал является питьевым источником и основной водной артерией крупного промышленного региона – Алматинской области. Исследуемая река относится к типу водных объектов, которые испытывают мощный «антропогенный пресс», связанный с истощением водных ресурсов в результате водозабора и их загрязнения. При такой экологической нагрузке на реку утрачивается средообразующая способность и экологическая устойчивость.

«Истощение вод» характеризуется уменьшением минимально допустимого стока поверхностных или подземных вод под влиянием изменения климата и водопотребления промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых объектов. Последние являются наиболее серьезным фактором при оценке экологического состояния водного объекта, поскольку именно уменьшение объема воды ниже предельного его значения, с точки зрения геоэкологии, и вызывает нарушение естественных жизненных процессов водного объекта.

По данным, измеренным на гидрохимических постах выше г. Тадыкорган и в пос. Екпенды, средняя минерализация воды в р. Каратал составляет 199 мг/дм<sup>3</sup>, при жесткости 2,12 мг-экв/дм<sup>3</sup>, рН воды равен 7,3. Преобладающими ионами в воде являются ионы гидрокарбонатов и кальция (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup> и Са<sup>2+</sup>), индекс воды по Алекину С<sup>Са</sup><sub>II</sub> (табл. 2, 3) [3].

Таблица 2

Состояние качества воды р. Каратал [3]

Створ	Индекс загрязнения воды		Содержание загрязняющих веществ, превышающих ПДК (2010 г.)		
	2009	2010	вещество	средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	кратность превышения ПДК
г. Талдыкорган	0,89	4,25	медь	0,0207	20,7
			нитрат азота	0,031	1,55
пос. Екпенды	1,21	4,25	медь	0,0217	21,7
			нитрат азота	0,032	1,6

Таблица 3

Результаты анализа донных отложений р. Каратал (мг/кг) [3]

Вещество	Место отбора проб					
	г. Талдыкорган			пос. Екпенды		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Хром	0,07	0,09	0,23	0,08	0,08	0,145
Никель	1,6	12,5	15,65	0,89	12,8	13,43
Мышьяк	2,1	1,93	2,05	2,7	0,96	1,69
Марганец	0,2	0,67	0,97	0,5	1,28	1,04
Кадмий	1,6	1,92	2,3	0,87	1,95	1,16
Свинец	1,6	3,55	8,7	1,9	2,9	2,1
Медь	639,2	847,8	872,3	750,5	847,1	699,4

Как показывают данные табл. 2 и 3, гидрохимический состав воды очень сложный, в составе донных отложений встречаются соли и тяжелые металлы, которые оказывают влияние на продуктивность водной растительности. В связи с этим возникла необходимость разработать систему математических моделей, позволяющих прогнозировать экологическую устойчивость речных экосистем и предельно допустимый уровень использования водных ресурсов малых рек.

Оценка допустимого уровня воздействия на реки может быть сделана с помощью функции, позволяющей описать поведение водной системы, находящейся в состоянии устойчивого равновесия, с учетом влияния природных и техногенных факторов. Для этого рассмотрим средообразующие факторы р. Каратал, где в качестве функции, описывающей поведение водной системы, используем уравнение гидрологического и гидрохимического баланса вещества для среднесезонных условий:

$$W_p = W_o + W_b - W_{bn} + W_{nz}, \quad (1)$$

$$G_p = G_{pn} + G_{\bar{o}} + G_b + G_n + G_{nz} - B, \quad (2)$$

где  $W_p$  – объем речного стока,  $W_b$  – объем возвратных вод, который определяется по формуле:  $W_b = W_{bk} + W_{bno} + W_{bo}$ ,  $W_{bk}$  – объем возвратных вод городского коммунально-бытового хозяйства,  $W_{bno}$  – объем возвратных вод промышленных объектов,  $W_{bo}$  – объем коллекторно-дренажных вод с орошаемых земель;  $W_{bn}$  – объем водопотребления,  $W_{\bar{o}}$  – объем воды, поступающей с водосборной площади, равен:  $W_{\bar{o}} = g_{\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}$ ,  $g_{\bar{o}}$  – модуль стока воды с водосборной площади,  $F_{\bar{o}}$  – площадь водосбора;  $G_p$  – масса растворимых солей в гидрографической сети, определяемая по формуле:  $G_p = W_p \cdot C_p$ ,  $C_p$  – концентрация вещества в речной воде;  $G_b$  – поступление массы растворимых солей с объемом возвратных (сточных) вод:  $G_b = W_b \cdot C_b = W_{bk} \cdot C_{bk} + W_{bn} \cdot C_{bn} + W_{bo} \cdot C_{bo}$ ;  $C_b$  – концентрация вещества в возвратных водах;  $C_{bk}$  – концентрация вещества в возвратных водах городского коммунально-бытового хозяйства;  $C_{bn}$  – концентрация вещества в возвратных водах промышленных объектов;  $C_{bo}$  – концентрация вещества в коллекторно-дренажных водах;  $G_{\bar{o}}$  – масса растворимых солей, поступающих с водосборной площади:  $G_{\bar{o}} = g_{b\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}$ ,  $g_{b\bar{o}}$  – удельный вынос вещества с единицы водосборной площади;  $G_{bn}$  – масса растворимых солей, забираемая при водопотреблении:  $G_{bn} = W_{bn} \cdot C_p$ ;  $B$  – объем вещества, поглощенного водной растительностью;  $G_{nz}$  – поступление массы растворимых солей с подземными водами, определяется:  $G_{nz} = W_{nz} \cdot C_{nz}$ ,  $C_{nz}$  – концентрация вещества в подземных водах;  $G_{pn}$  – поступление массы растворимых солей с русловыми потоками.

Объем вещества, поглощенного водной растительностью в бассейнах рек, зависит от объема воды в реке ( $W_p$ ) и ее загрязненности ( $C_p$ ), т.е. определяется из следующего уравнения:  $B = B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)$ , где  $B_{\max}$  – максимальный объем вещества, поглощенного водной растительностью:  $B_{\max} = b_{\max} \cdot W_{\bar{o}}$ ,  $b_{\max}$  – максимальный объем вещества, поглощаемый водной растительностью из единицы объема воды;  $S(w)$  – относительная продуктивность водной растительности, зависящая от объема воды в реке;  $S(c)$  – относительная продуктивность водной растительности, зависящая от загрязненности воды в реке.

Для оценки гидрохимического режима стока речных бассейнов составляющие уравнения (1) и (2) представим в следующем виде:

$$W_p \cdot C_p = g_{b\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}} + W_b \cdot C_b - W_{bn} \cdot C_p + W_{n3} \cdot C_{n3} - B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c).$$

При этом объем возвратных вод можем представить в следующем виде:

$$W_b = K_b \cdot W_{bn} = K_{bk} \cdot W_{bk} + K_{bno} \cdot W_{bno} + K_{bo} \cdot W_{bo},$$

где  $K_b$  – коэффициент возвратных вод;  $K_{bk}$  – коэффициент возвратных вод городского коммунально-бытового хозяйства;  $K_{bno}$  – коэффициент возвратных вод промышленных объектов;  $K_{bo}$  – коэффициент возвратных вод с орошаемых земель.

С целью несколько упростить решаемые задачи, уравнение гидрохимического баланса вещества, представим в следующем виде:

$$W_p \cdot C_p = g_{b\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}} + W_b \cdot C_b - W_{bn} \cdot C_p + W_{n3} \cdot C_{n3} - B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c).$$

С учетом того, что  $W_b = K_b \cdot W_{bn}$ , уравнение гидрохимического баланса речных бассейнов можно записать в следующем виде:

$$W_p \cdot C_p = g_{b\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}} + W_{bn} \cdot K_b \cdot C_b - W_{bn} \cdot C_p + W_{n3} \cdot C_{n3} - B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c).$$

Если отношение объема речного стока ( $W_p$ ) к бытовому стоку реки ( $W_{\bar{o}}$ ) обозначим буквой  $A$ , тогда уравнение гидрохимического баланса речного бассейна примет следующий вид:

$$A \cdot C_p = \frac{g_{b\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}}{W_{\bar{o}}} + \frac{W_{bn} \cdot K_b \cdot C_b}{W_{\bar{o}}} - \frac{W_{bn} \cdot C_p}{W_{\bar{o}}} + \frac{W_{n3} \cdot C_{n3}}{W_{\bar{o}}} - \frac{B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{W_{\bar{o}}},$$

$$\text{или } A \cdot C_p = \frac{g_{b\bar{o}}}{g_{\bar{o}}} + \frac{W_{bn}}{g_{\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}} (K_b \cdot C_b - C_p) + \frac{W_{n3} \cdot C_{n3}}{g_{\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}} - \frac{B_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{g_{\bar{o}} \cdot F_{\bar{o}}}.$$

После некоторых преобразований получим уравнение гидрохимического баланса вещества:

$$A \cdot C_p = \frac{g_{b\bar{o}}}{g_{\bar{o}}} + \frac{g_{bn}}{g_{\bar{o}}} (K_b \cdot C_b - C_p) + \frac{g_{n3} \cdot C_{n3}}{g_{\bar{o}}} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{g_{\bar{o}}},$$

$$\text{или } A \cdot C_p + \frac{g_{bn}}{g_{\bar{o}}} \cdot C_p = \frac{g_{b\bar{o}}}{g_{\bar{o}}} + \frac{g_{bn}}{g_{\bar{o}}} \cdot K_b \cdot C_b + \frac{g_{n3} \cdot C_{n3}}{g_{\bar{o}}} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{g_{\bar{o}}}.$$

Для оценки изменения концентрации речного стока, приведенное уравнение баланса вещества в речных бассейнах преобразуем:

$$C_p (A + \frac{g_{bn}}{g_{\bar{o}}}) = \frac{g_{b\bar{o}}}{g_{\bar{o}}} + \frac{g_{bn}}{g_{\bar{o}}} \cdot K_b \cdot C_b + \frac{g_{n3} \cdot C_{n3}}{g_{\bar{o}}} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{g_{\bar{o}}},$$

$$\text{или } C_p (A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn}) = g_{b\bar{o}} + g_{bn} \cdot K_b \cdot C_b + g_n \cdot C_n - b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c).$$

Преобразованное уравнение баланса вещества решим относительно  $C_p$ , тогда получим:

$$C_p = \frac{g_{b\bar{o}}}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})} + \frac{g_{bn} \cdot K_b \cdot C_b}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})} + \frac{g_n \cdot C_n}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})}.$$

Как видно из структуры уравнения баланса вещества, внешнее воздействие на речную экосистему характеризуется первыми тремя слагаемыми и с их помощью можно оценить концентрацию воды речных бассейнов в зависимости от уровня техногенного воздействия и антропогенной деятельности:

$$C_{pm} = \frac{g_{b\bar{o}}}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})} + \frac{g_{bn} \cdot K_b \cdot C_b}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})} + \frac{g_n \cdot C_n}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})},$$

где  $C_{pm}$  – концентрация воды речных бассейнов, сформировавшаяся под воздействием антропогенной деятельности. Следовательно, когда известна концентрация воды речных бассейнов в зависимости от уровня техногенного воздействия ( $C_{pm}$ ), тогда можно определить концентрацию воды с учетом ее способности самоочищения:

$$C_p = C_{pm} - \frac{b_{\max} \cdot S(w) \cdot S(c)}{(A \cdot g_{\bar{o}} + g_{bn})}.$$

Функции  $S(w)$  и  $S(c)$  представляют собой однофакторные зависимости, имеющие вид куполообразных кривых, которые хорошо описываются уравнением В.В. Шабанова [12]:

$$S(w) = \left( \frac{w_i}{w_{opt}} \right)^{\gamma_w \cdot w_{opt}} \left( \frac{w_{\max} - w_i}{w_{\max} - w_{opt}} \right)^{\gamma_w \cdot (w_{\max} - w_{opt})};$$

$$S(c) = \left( \frac{C_i}{C_{opt}} \right)^{\gamma_c \cdot C_{opt}} \left( \frac{C_{\max} - C_i}{C_{\max} - C_{opt}} \right)^{\gamma_c \cdot (C_{\max} - C_{opt})},$$

где  $w_{opt}$  – оптимальное значение объема воды в реке;  $w_{\max}$  – максимальное значение объема воды в реке;  $w_i$  – фактическое значение объема воды в реке;  $\gamma_w$  – параметр саморегулирования растений в водной среде;  $C_{opt}$  – оптимальное значение загрязненности речной воды;  $C_{\max}$  – максимальное значение загрязненности речной воды;  $C_i$  – фактическое значение загрязненности речной воды;  $\gamma_c$  – параметр саморегулирования растений в загрязненной среде.

Таким образом, с помощью разработанной модели продуктивности водной среды можно определить экологически допустимые пределы антропогенного воздействия, на основе принципа Ле-Шателье-Брауна. Согласно этому принципу, после любых изменений элементов естественной среды (вещественного состава, энергии, информации, скорости естественных процессов) обязательно развиваются цепные реакции, которые стараются нейтрализовать эти изменения или формирование новых природных систем, образование которых, при значительных изменениях среды, может принять необратимый характер [10].

**Обсуждения результатов исследования.** Для проверки диапазона применимости разработанной модификации математических моделей, для оценки степени экологически допустимого водозабора и сброса загрязненных сточных вод авторами проводился демонстрационный расчет. Для этого расчета были использованы следующие данные р. Каратал: максимальное значение объема воды в реке ( $w_{max}$ ) – 4,21 км<sup>3</sup>; оптимальное значение объема воды в реке ( $w_{opt}$ ) – 3,69 км<sup>3</sup>; фактическое значение объема воды в реке ( $w_i$ ) – 2,28...4,21 км<sup>3</sup>; максимальная для растений концентрация веществ в реке ( $C_{max}$ ) – 0,5 г/л; оптимальная для растений концентрация веществ в реке ( $C_{opt}$ ) – 0,25 г/л; фактическая концентрация веществ в реке ( $C_i$ ) – 0,418 г/л; параметр саморегулирования растений ( $\gamma$ ) – 0,50. По полученным данным построены графики функций  $S(w)$  и  $S(c)$  зависящие от объема и загрязненности воды в р. Каратал (рис. 2). Данные, приведенные на рис. 2, показывают, что характерным признаком кривых является их однообразие.

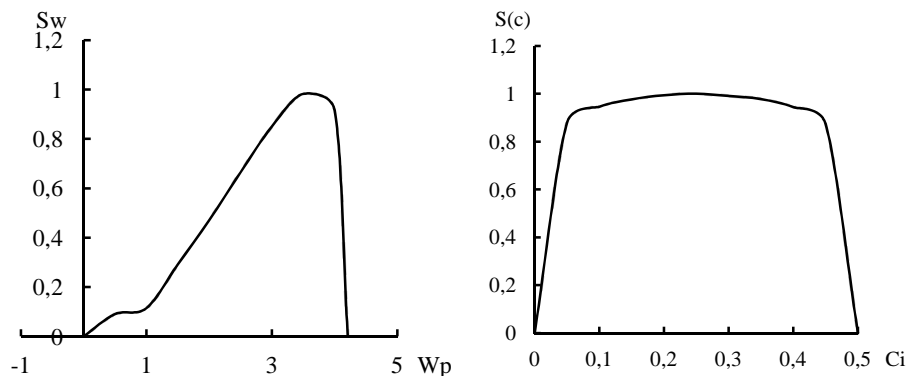


Рис. 2. Зависимость относительной продуктивности водной растительности от объема (а) и загрязненности (б) воды в р. Каратал.

Это еще раз подтверждает предположение о том, что различная по обеспеченности продуктивность водной растительности зависит от вод-



ных ресурсов р. Каратал. Требования к водным условиям для максимальной продуктивности растительности являются генотипическим признаком.

Вторым признаком является то, что существующая загрязненность воды р. Каратал, еще находится в пределах саморегуляции водной растительностью. Поэтому диапазон допустимых значений загрязнения располагается в пределах точек перегиба, которые в свою очередь полностью определяются положением точек перегиба кривых  $S(c)$ .

Используя полученные данные, можно построить совместный график функции  $S(w)$  и  $S(c)$ , зависящий от объемов воды в р. Каратал и ее загрязненности. Этот график позволит оценить степень экологически допустимого водозабора из реки и сброса в нее загрязненных сточных вод.

**Выводы.** Природная речная вода является транспортным средством для перераспределения химических элементов между биогеоценозами. В них постоянно происходят химические реакции, т.е. саморегуляция водной растительности. Это необходимо учитывать при определении экологически допустимого водозабора и загрязнении речных бассейнов малых рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем транзональных рек Казахстана. – Алматы: Канагат, 2007. – 516 с.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. – Алматы, 2012. – Том VII. – книга 2. – 320 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды бассейна озера Балхаш. – Алматы, 2010. – Вып. 4(15). – 50 с.
4. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы / Под ред. В.В. Шабанова. – М.: Колос, 1990. – 360 с.
5. Маркин В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №4. – С. 8-11.
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши (1990–2002). – Алматы: РГП «Казгидромет». – Том 5. – Вып. 4. – 259 с.
7. Мустафаев Ж.С., Мустафаева Л.Ж. Методологические основы экономико-экологической эффективности использования водно-земельных ресурсов // Повышение эффективности системы сельскохозяйственного водопользования: Матер. Республ. научно-практической конференции, Алматы. – С. 198-204.
8. Мустафаев Ж.С., Мустафаева Л.Ж., Койбагаров К.Б., Мустафаев К.Ж. Методология оценки эколого-экономической эффективности природообустройства агроландшафтов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул, 2007. – №6(32). – С. 24-28.

9. Мустафаев К.Ж. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. – Тараз, 2014. – 316 с.
10. Тарко А.М. Устойчивость биосферных процессов и принцип Ле-Шателье // Доклад АН РФ. – 1995. – Том 343. – №3. – С. 393-395.
11. Фашчевский Б.В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. – Минск: БелНИИИТИ, 1989. – 186 с.
12. Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 141 с.

Поступила 18.05.2016

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мустафаев
Техн. ғылымд. докторы	А.Т. Козыкеева
	К. Жанымхан

### **ҚАРАТАЛ ӨЗЕНДЕРДІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ТӘРТІБІНІҢ ҚАЛЫПТАСУ ЕРЕКШЕЛІГІ**

**Түйін сөздер:** модель, бағалау, ресурстар, табиғат, ағын, суды қайтарусыз, суды пайдалану, ластану, тұз, факторлар

*Қазіргі кездердегі Ле-Шателье-Браун қағидасына негізделген су ортасының өнімділігі арқылы табиғи-техногендік әсердің экологиялық щектелген шамасын анықтауға мүмкіншілік беретін математикалық үлгілерді пайдалана отырып, оның жетілдірілген жүйелік түрін құру үшін, су жүйесінің табиғи және техногендік әсерлерін толық ескере отырып, өзен алабының гидрохимиялық теңгермелік теңдеуінің негізінде су экожүйесін сипаттайтын және экологиялық орнықтылықта болатын математикалық үлгінің жүйесі құрылды.*

ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykееva, K. Zhaniymhan

### **FEATURES OF KARATAL RIVER HYDROCHEMICAL REGIME FORMATION**

**Keywords:** model, assessment, resources, nature, flow, return water, water consumption, pollution, salt, factors

*On the basis of the existing mathematical models of aquatic productivity, allowing to define environmentally acceptable limits of human impact, as well as on the principle of Le Chatelier-Brown, one of the versions of mathematical models has been developed. The model is based on the equation of hydrochemical balance of substances in river basins; It describes the behavior of the water system with all the natural and anthropogenic factors, and characterizes the behavior of the aquatic ecosystem in the state of stable equilibrium.*

УДК 633.1:911.2

Доктор техн. наук  
Доктор техн. наукЖ.С. Мустафаев<sup>1</sup>  
А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>  
П.Е. Есенгельдиева<sup>2</sup>  
С.З. Жигитова<sup>2</sup>**ПРИКЛАДНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В  
ГИДРОАГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМАХ**

**Ключевые слова:** оценка, ресурсы, почва, гидроагроландшафт, регулирование, управление, режим, продуктивность, плодородие

*Разработана модель оценки агроклиматических ресурсов сельскохозяйственных культур для управления и регулирования основных факторов среды в гидроагроландшафтных системах. Разработанная на основе ландшафтно-экологического подхода, структурно-логическая модель может использоваться для конструирования высокопродуктивных гидроагроландшафтов, для оптимизации ресурсного потенциала природной системы в области природопользования и природообустройства. Это позволит рационально использовать ресурсный потенциал природной системы и обеспечить экологическую устойчивость в условиях антропогенной деятельности человека.*

**Введение.** Цель исследования – разработка модели для оценки агроклиматических ресурсов сельскохозяйственных культур с целью управления и регулирования основных факторов среды в гидроагроландшафтных системах.

В процессе взаимодействия с природой человечество постоянно решает задачу жизнеобеспечения – производства продуктов питания. Стремление использовать силу воды и энергию почвы на протяжении тысячелетний служило мощным стимулом экономического и духовного развития человечества, в результате чего человек познал законы формирования продуктивности растительного покрова, приобрел навыки моделирования этого природного процесса.

---

<sup>1</sup> Казахский Национальный аграрный университет, г. Алматы,

<sup>2</sup> Таразский государственный университет им. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Одним из фундаментальных направлений регулирования основных факторов среды обитания сельскохозяйственных культур является несовпадение благоприятных условий окружающей среды. Оно носит стохастический характер и обеспечивает нормальный рост и развитие растений в экологических системах [12, 11, 2].

**Анализ последних исследований и публикаций по теме.** Математическое моделирование функционирования продуктивности сельскохозяйственных культур производится на основе оценки агроклиматических ресурсов ландшафтов. Существует большое количество работ по исследуемой теме, среди которых можно выделить работы Бихеле З.Н., Молдау Х.А., Росса Ю.К [4], Галямина Е.П. [6], Нерпина С.В., Чудновского А.Ф. [16], Сакуна В.А. [21], Сиротенко О.Д. [22], Полевого А.Н. [19], Шатилова И.С., Чудновского А.Ф. [25], Ацци Дж. [3], Мустафаева Ж.С. [9], Шабанова В.В. [24] и др.

Гидроагроландшафтные системы отличаются от агроландшафтных тем, что они специализируются на сельском хозяйстве. Во время мелиорации сельскохозяйственных земель в активный биогеохимический круговорот поступают огромные массы химических соединений в процессе водоподдачи и испарения влаги из слоя почвы. Их дальнейшая судьба определяется параметрами среды, в которую они поступают, т.е. в зависимости от ландшафтно-геохимических условий орошаемых земель, происходит рассеяние или локализация веществ в природных и техногенных системах. Результатом такой локализации часто является аккумуляция солей.

Таким образом, в настоящее время еще не разработана модель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в гидроагроландшафтных системах, которая учитывала бы их специфические особенности.

**Методика исследования.** В основу научного исследования положена модель природы и природного процесса, которая широко применяется в моделировании продуктивности сельскохозяйственных культур и функционирования агроландшафтов и мелиоративных систем [12, 11, 2].

**Результаты исследования.** Базовая модель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в гидроагроландшафтных системах имеет блочную структуру, состоящую из шести блоков: агроклиматические ресурсы, регулирование и управление водного, солевого, питательного режимов, почвообразовательных процессов и формирование продуктивности [13].

*Блок «агроклиматические ресурсы гидроагроландшафтных систем»* представлен следующими показателями [15]:

– теплообеспеченность, характеризуется соотношением биологически активных среднесуточных температур воздуха к биологически активным температурам, необходимым для вызревания сельскохозяйственных культур, т.е.:

$$K_{ti} = \frac{\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,5(\sum t_{\max} + \sum t_{\min})},$$

где  $K_{ti}$  – коэффициент, характеризующий теплообеспеченность сельскохозяйственных культур;  $\sum t_{\min}$  – минимальная величина биологически активных среднесуточных температур воздуха, необходимая для вызревания урожая,  $^\circ\text{C}$ ;  $\sum t_{\max}$  – максимальная величина биологически активных среднесуточных температур воздуха, необходимая для вызревания урожая,  $^\circ\text{C}$ ;

– светообеспеченность, характеризуется соотношением среднегодовой фотосинтетически активной радиации (ФАР) к величине фотосинтетически активной радиации, необходимой для вызревания сельскохозяйственных культур, т.е.:

$$K_{Ri} = \frac{R}{0,5(\sum R_{\max} + R_{\min})},$$

где  $K_{Ri}$  – коэффициент, характеризующий светообеспеченность сельскохозяйственных культур;  $R_{\min}$  – минимальная величина фотосинтетически активной радиации, необходимая для вызревания урожая,  $^\circ\text{C}$ ;  $R_{\max}$  – максимальная величина фотосинтетически активной радиации, необходимая для вызревания урожая,  $^\circ\text{C}$ ;

– влагообеспеченность, характеризуется соотношением количества атмосферных осадков к испаряемости, т.е.:

$$K_{bi} = \frac{\Delta W + O_{cb}}{\sum_{i=1}^n E_{oi}},$$

где  $K_{bi}$  – коэффициент, характеризующий естественную влагообеспеченность;  $\Delta W$  – продуктивный запас влаги, накопленный в почвенном слое за счет атмосферных осадков ( $O_{cx}$ ) холодного времени года, мм;  $O_{cb}$  – количество атмосферных осадков за биологически активный период года, мм;  $n$  – количество месяцев в биологически активном периоде года;  $E_{oi}$  – испаряемость  $i$ -того месяца, которая определяется по формуле Н.Н. Иванова:

$$E_{oi} = 0,0018 \cdot (t + 25)^2 (100 - a),$$

где  $t$  – среднемесячная температура воздуха, °С;  $a$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Блок «регулирование водного режима почвы гидроаглоландшафтов» представляется уравнением водного баланса:

$$W_{ki} = W_{ni} + O_{cb} + O_p \pm g - E_{oi},$$

где  $W_{ki}$  – запас влаги в почвенном слое в конце вегетационного периода, мм;  $W_{ni}$  – запас влаги в почвенном слое в начале вегетационного периода, мм;  $g$  – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм;  $O_p$  – оросительная норма, мм.

При этом суммарное водопотребление ( $E_{oi}$ ) сельскохозяйственных культур гидроаглоландшафтных систем состоит из транспирации ( $T$ ) и физического испарения ( $I$ ) с поверхности почвы, которое зависит от биологических особенностей культуры, термического режима в приземном слое атмосферы и направленности почвообразовательного процесса. Поэтому прогнозирование водопотребности сельскохозяйственных культур необходимо проводить в трех уровнях:

1) Биоклиматические водопотребности, которые учитывают биологические особенности и энергетические ресурсы гидроаглоландшафтных систем, могут быть определены уравнениями Н.В. Данильченко (1) [7] и Ж.С. Мустафаева (2) [14]:

$$E_{\sigma} = K_0 \cdot K_{\sigma} \cdot E_{oi}, \quad (1)$$

где  $K_0$  – микроклиматический коэффициент;  $K_{\sigma}$  – биологический коэффициент;

$$E_{\sigma} = K_0 \cdot K_{\sigma} \cdot K_n \cdot E_{oi}, \quad (2)$$

где  $K_n$  – уровень продуктивности сельскохозяйственных культур.

2) Почвенно-экологические водопотребности, которые учитывают направленность и интенсивность почвообразовательного процесса гидроаглоландшафтных систем. Они определяются с помощью уравнения теплового баланса, в первом приближении [14]:

$$E_{n\sigma} = R / \bar{R} \cdot L,$$

где  $R$  – радиационный баланс поверхности почвы, кДж/см<sup>2</sup>;  $\bar{R}$  – гидротермический коэффициент («индекс сухости»);  $L$  – скрытая теплота парообразования (кДж/см<sup>2</sup> год на 1 мм слоя воды).

3) Транспирационные способности сельскохозяйственных культур ( $T$ ), которые определяются по формулам [14]:

$$T = K_{\bar{o}} \cdot K_o \cdot E_o [1 - \exp(-0.74 \cdot DC)] \cdot \beta_{opt};$$

$$T = (R / \bar{R} \cdot L) \cdot [1 - \exp(-0.74 \cdot DC)] \cdot \beta_{opt},$$

где  $DC$  – относительная площадь листьев;  $\beta_{opt}$  – влажность корнеоби-  
таемого слоя почвы.

При этом биологически оптимальная оросительная норма ( $O_{p\bar{o}}$ ),  
экологическая норма водопотребности ( $O_{pnn}$ ) и дефицит транспирацион-  
ной способности сельскохозяйственных культур ( $\Delta T$ ) рассчитываются по  
уравнению водного баланса, которое в упрощенном виде имеет следую-  
щий вид:

$$O_{p\bar{o}} = E_{\bar{o}} - \Delta W - O_{cb} \pm g; O_{pnn} = E_{\bar{o}} - \Delta W - O_{cb} \pm g;$$

$$\Delta T = T - \Delta W - O_{cb} \pm g.$$

Основная задача управления и регулирования водного режима почвы  
гидроагроландшафтов в соответствии с требованиями ограниченного воздей-  
ствия производства на окружающую природную среду является минимизация  
этого воздействия. В связи с этим должны обеспечиваться следующие сцена-  
рии развития «существующий  $\rightarrow$  реалистический  $\rightarrow$  потимистический»,  
т.е.:  $O_{p\bar{o}} - O_{pnn} \rightarrow \min$ ,  $O_{pnn} - T \rightarrow \min$ .

Переход от существующего к реалистическому сценарию управле-  
ния и регулирования водного режима почвы осуществляется на основе оп-  
тимизации структуры и состава гидроагроландшафтных систем, т.е.:

$\sum_{i=1}^n O_{p\bar{o}i} \leq O_{pnn}$ ;  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1,0$ , а оптимический сценарий управле-  
ния и регулирования водного режима почвы осуществляется совершенствованием тех-  
ники и технологической схемы полива ( $O_{pnn} \rightarrow T$ ).

При этом влагообеспеченность гидроагроландшафтов ( $F_E$ ) характе-  
ризуется отношением суммарного водопотребления ( $E_i$ ) к оптимальному  
суммарному водопотреблению ( $E_{opt}$ ) сельскохозяйственных культур:  
 $F_E = (E_i / E_{opt})$ , тогда функция влияния влагообеспеченности ( $FW$ ) имеет  
следующий вид [10]:  $FW = 1 - (1 - F_E)^2$ .

Блок «регулирование солевого режима почвы гидроагроландшаф-  
тов» представляется уравнениями солевого баланса в общем виде (2, 4, 6)  
и во временном масштабе (16, 21) [10]:

$$S_{дон}^{верх} - S_{дон}^{ниж} = \Delta S; \quad (3)$$

$$S_k = S_n + C_0 \cdot O_p = S_n + S_{op}; \quad (4)$$

$$C_0 \cdot O_p < C_n \cdot g, \quad (5)$$

$$S_{дон}^{верх} = \sum t \cdot \Delta S + S_{дон}^{ниж}; \quad \left| \sum t \cdot \Delta S_c \right| = \left| \sum t \cdot \Delta S_p \right|, \quad (6, 7)$$

где  $S_n$  и  $S_k$  – содержание солей в почве в начале и в конце расчетного периода, т/га;  $C_0$  – минерализация оросительных вод, г/л;  $O_p$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $C_n$  – концентрация почвенного раствора, г/л;  $g$  – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, м<sup>3</sup>/га;  $\sum t$  – продолжительность орошения сточными или речными водами, год;  $\Delta S_c$  – величина ежегодного накопления солей в почве при поливе сточными водами, т/га;  $\Delta S_p$  – величина ежегодного опреснения почвы при поливе речными водами, т/га;  $S_{дон}^{верх}$  – величина верхнего предельно допустимого уровня засоления почвы, т/га;  $S_{дон}^{ниж}$  – нижний порог допустимого уровня рассоления почвы, т/га.

При этом основной целью регулирования солевого режима или процессов «рассоления – засоления» почвы гидроагроландшафтных систем в период орошения является поддержание количества солей ( $S_k$ ) в пределах допустимых значений ( $S_{дон}$ ), при минимальной ( $\Delta S$ ) амплитуде.

Расчет  $\Delta S_c$ , исходя из условий режима солей и влаги, установившегося в многолетнем разрезе, можно производить по формуле С.Ф. Аверьянова [1]:

$$\Delta S_c = \bar{n}_{cp} = -\frac{\bar{n}_2}{\bar{V}-1} + \frac{\bar{V}(\bar{V}-1+\bar{n}_2)}{2Pe(\bar{V}-1)^2} \left\{ \exp \left[ 2Pe \left( 1 - \frac{1}{\bar{V}} \right) \right] - 1 \right\},$$

где  $\bar{V} = V_1/V_2$ ;  $\bar{n}_2 = n_2/n_1$ ;  $\bar{n}_{cp} = n_{cp}/n_1$ ;  $D^* = \lambda \cdot V$ ;  $V_1$  – среднегодовое расходование воды на суммарное испарение, м/сут;  $V_2$  – среднегодовая скорость водоподачи на поле, м/сут;  $n_1$  и  $n_2$  – минерализация грунтовых и оросительных вод, г/л;  $Pe = V_1 \cdot x_1 / 2m \cdot D^* = x_1 / 2m \cdot \lambda$ ;  $x_1$  – глубина грунтовых вод, м;  $m$  – пористость почвы;  $D^*$  – коэффициент конвективной диффузии, м<sup>2</sup>/сут;  $n_{cp}$  – среднее содержание солей в слое от поверхности земли до уровня грунтовых вод, г/л.



Показатели  $n_{cp}$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $x_1$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $m$  и  $D^*$  определяются в зависимости от гидрогеохимических условий орошаемых земель. Уравнение С.Ф. Аверьянова решается методом подбора в отношении установления относительной скорости движения влаги –  $\bar{V}$  по предварительно назначенным величинам среднего засоления почвы –  $n_{cp}$  и глубины грунтовых вод –  $x_1$  [1].

Определив соотношение нисходящих токов влаги ( $V_1$ ), обусловленных поливами ( $O_p$ ) и осадками ( $O_c$ ), и восходящих токов ( $V_2$ ), вызванных суммарным испарением ( $E$ ), можно вычислить необходимую величину нисходящего движения воды:

$$V_2 = V_1 / \bar{V}.$$

Тогда оросительная норма технологического этапа адаптивно-ландшафтной мелиорации определяется по формуле:  $O_p^n = V_2 \cdot T - O_c$ , где  $T$  – продолжительность расчетного периода.

Пересчет минерализации грунтовых и оросительных вод, выраженной в г/л на %, производится с учетом влажности почвы  $W$  и объема массы почвы  $d$  по зависимости:  $n(\%) = (n(z/l) \cdot W) / 10 \cdot d$ .

Содержание солей в почвенном слое определяется по формуле:  $S = 100 \cdot H \cdot d \cdot \gamma$ , где  $H$  – мощность расчетного слоя, м;  $\gamma$  – содержание солей в почве, в зависимости от веса сухой почвы, %.

При этом оптимальное управление процессом солепереноса в почвах представляет собой проведение таких воздействий орошения  $V(x,t)$ , при которых концентрация солей в корнеобитаемой зоне  $S(x,t)$  за период  $(0,t)$  не превысит верхнего предельно допустимого уровня содержания солей в почвах ( $S_{дон}^{верх}$ ). Полученные при проектировании процесса солепереноса оптимальные значения управляющих параметров, определяют в основном количественные характеристики орошения сельскохозяйственных культур в севооборотах. Продолжительность  $i$ -ротационного севооборота сельскохозяйственных культур обусловлена, прежде всего, степенью согласования между желаемым (оптимальным) состоянием процесса солепереноса и фактическим  $S_k(x)$ , которое возникает на конец предшествующего периода.

При этом функция оптимальности характеризуется отношением содержания солей в почве ( $S_n$ ) к предельно допустимому уровню засоления почвы ( $S_{дон}$ ). Это обеспечивает максимально-возможный урожай сельскохозяйственных культур [10]:

$$F_S = S_n / S_{дон},$$

где  $F_S$  – значение функции оптимальности содержания солей в почве для сельскохозяйственных культур.

Функция содержания солей в почве, для оценки оптимальной продуктивности сельскохозяйственных культур определяется по следующему уравнению:  $FS = \exp[-k \cdot (F_S - 1)^b]$ , где  $k$  – параметр, характеризующий отзывчивость растений к токсичным солям;  $b$  – параметр, характеризующий тип засоления почвы.

Блок «питательный режим почвы гидроагрландшафтов» представляется значением функций оптимальности азотного, фосфорного и калийного питания, которые определяются по формулам А.С. Образцова [18]:

$$F_N = N_m / N_{opt}; F_P = P_m / P_{opt}; F_K = K_m / K_{opt},$$

где  $N_m$ ,  $P_m$  и  $K_m$  – вносимая доза азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг/га;  $N_{opt}$ ,  $P_{opt}$  и  $K_{opt}$  – оптимальная доза азотных, фосфорных и калийных удобрений, необходимая для получения максимального урожая, кг/га;  $F_N$ ,  $F_P$  и  $F_K$  – значения функций оптимальности азотного, фосфорного и калийного питания сельскохозяйственных культур.

Функции, характеризующие отношение содержание азота ( $FW_N$ ), фосфора ( $FW_P$ ) и калия ( $FW_K$ ) в почве к их оптимальным величинам для выращивания сельскохозяйственной культуры, выраженные в относительных единицах, можно определить по формулам А.С. Образцова [18]:

$$FW_N = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\}; FW_P = \left\{ (F_P)^{1,35} \cdot \exp[1,1(1 - F_P)] \right\};$$

$$FW_K = \left\{ (F_K)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_K)] \right\}.$$

При этом плодородие почвы характеризуется содержанием гумуса [6]:  $F_{Gum} = G_m / G_{opt}$ , где  $G_m$  – содержание гумуса в почве, %;  $G_{opt}$  – содержание гумуса в почве, которое обеспечивает высокий уровень урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от типа почв, %;  $F_{Gum}$  – отношение содержания гумуса в почве к его оптимальной величине для

выращивания сельскохозяйственной культуры, выраженное в относительных единицах.

Функция влияния содержания гумуса в почве ( $FW_{Gum}$ ) определяется по формуле О.С. Образцова, для расчета обеспеченности растений элементами минерального питания [18]:

$$FW_{Gum} = \left\{ (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})] \right\}.$$

Аналогично определяют соотношения дозы органических удобрений к их оптимальным величинам ( $F_{Org}$ ) и рассчитывают влияние внесения органических удобрений ( $FW_{Org}$ ) с учетом года внесения удобрений [20]:

$$F_{Org} = Org_m / Org_{opt}; \quad FW_{Org} = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot K_{Org},$$

где  $Org_m$  – внесенная доза органических удобрений, т/га;  $Org_{opt}$  – оптимальная для сельскохозяйственных культур доза внесения органических удобрений, т/га;  $K_{Org}^g$  – отношение содержания гумуса в почве к величине оптимальной для выращивания сельскохозяйственной культуры, выраженное в относительных единицах.

Обобщенную функцию питательного режима почвы, включающую влияние плодородия почвы, внесения минеральных и органических удобрений, рассчитываем по принципу Ю. Либиха:

$$FW_{ef} = \min [FW_{Org}, F_N, F_P, F_K],$$

где  $FW_{ef}$  – функция влияния эффективного плодородия на урожай сельскохозяйственных культур.

Блок «управление и регулирование почвообразовательных процессов гидроагроландшафтов» представлен на основе формулы В.Р. Волобуева [5]:

$$Q_i = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где  $Q_i$  – энергия, затрачиваемая на почвообразование;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы;  $\bar{R}$  – гидротермический коэффициент («индекс сухости»), представляют собой отношение радиационного баланса ( $R$ ) к затратам тепла на испарение выпавших осадков ( $L \cdot O_c$ ).

Зависимость В.Р. Волобуева для определения энергии, затрачиваемой на почвообразование, достаточно хорошо описывается физическим законом Бугерра – Ламберта-Бэра, который характеризует поглощение средой световой энергии [8].

При этом генетическое единство понятий гидротермического коэффициента и энтропии заключается в характеристике теплового термодинамического процесса. Этот процесс, во-первых, характеризует условия тепло- и влагообеспеченности природной среды; во-вторых, определяет условия формирования природной системы; в-третьих, характеризует баланс энергии, и в должной мере определяет интенсивность протекания биохимического и геохимического процесса; в-четвертых, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности человека; в-пятых, характеризует направленность и интенсивность почвообразовательного процесса в природных системах, и может быть использован, как теоретическая модель почвообразовательного процесса (позволяет определить тип и подтип почвы).

Принцип энергетической сбалансированности тепла и влаги наблюдается в природных условиях, где гидротермический коэффициент («индекс сухости» –  $\bar{R}$ ) равен 1,0. Поэтому в качестве критерия уровня гидротермический коэффициент можно принять равным в пределах 0,90. Тогда потенциально возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс ( $Q_n$ ), может быть определена по формуле:

$$Q_n = R \cdot \exp(-0,9 \cdot \alpha).$$

Функцию потенциально возможного использования радиационного баланса гидроагроландшафтных систем находим с помощью коэффициента, характеризующего экологическую продуктивность почв [15]:

$$K_n = F_Q = Q_i / Q_n.$$

Функцию влияния затрат энергии на почвообразование ( $FW_Q$ ) на продуктивность гидроагроландшафтных систем можно определить по формуле:

$$FW_Q = \{(F_Q)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_Q)]\}.$$

Блок «формирование продуктивности гидроагроландшафтов», представлен по методике эталонных урожаев Х.Г. Тооминга [23] и методики расчета проектной урожайности Ю.Н. Никольского и В.В. Шабанова [24].

Для оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур можно использовать формулы А.Д. Ничипоровича [17]:

$$ПУ = \frac{\alpha \cdot R}{C},$$

где  $ПУ$  – потенциальная продуктивность растений;  $\alpha$  – коэффициент использования свободной энергии:  $\alpha = K_{\phi AP} / 100$ ;  $C$  – калорийность

единицы урожая органического вещества;  $K_{\phi AP}$  – коэффициент использования растениями активной фотосинтетической радиации.

Климатическая потенциально-возможная продуктивность сельскохозяйственных культур представляет собой такую продуктивность, которая ограничена влиянием температурного режима гидроаглоландшафтов [2]:

$$KПУ = ПУ \cdot FT ,$$

где  $KПУ$  – климатическая потенциально-возможная урожайность;  $FT$  – функция влияния температурного режима.

Потенциально-возможное использование растениями радиационного баланса ограничивается затратами энергии на почвообразовательный процесс. Максимально-возможная продуктивность гидроаглоландшафтов ( $МВП$ ) определяется по формуле:  $МВП = KПУ \cdot FW_{\rho}$ .

Формирование действительно-максимально возможной урожайности ограничивается уровнем естественного плодородия почвы:

$$ДМВП = МВП \cdot FW_{Gum} \cdot B_{nl} ,$$

где  $ДМВП$  – действительно возможная урожайность;  $FW_{Gum}$  – функция влияния содержания гумуса в почве;  $B_{nl}$  – балл почвенного бонитета в относительных единицах.

Действительно-возможная урожайность сельскохозяйственных культур ( $ДВП$ ) ограничивается степенями засоления почвы гидроаглоландшафтных систем:  $ДВП = ДМВП \cdot FS$ .

Получение уровня хозяйственной урожайности ( $УП$ ) ограничивается реально существующим уровнем культуры земледелия и эффективности внесенных минеральных и органических удобрений:  $УП = ДВП \cdot k_{зем} \cdot FW_{ef}$ , где  $k_{зем}$  – коэффициент который, характеризует уровень культуры земледелия и хозяйственной деятельности;  $FW_{ef}$  – функция эффективности внесения органических и минеральных удобрений в зависимости от условия влагообеспеченности сельскохозяйственных культур.

**Обсуждение.** Разработанная блочная модель регулирования и управления продуктивности сельскохозяйственных культур гидроаглоландшафтных систем, учитывающая закономерности энерго- и массообмена, позволяет конструировать современные экологически устойчивые и безопасные техно-сферные системы на основе регламентированной продуктивности сельскохозяйственных угодий с учетом устойчивости природной системы.

При этом, теоретическими предпосылками для создания технологии проектирования гидроагроландшафтных систем явились новые представления об адаптивно-ландшафтной мелиорации, как инструменте для воспроизводства природно-ресурсного потенциала ландшафтных систем, где разность между  $ПУ$  и  $КПУ$  – это недобор урожая, вызванный температурным режимом вегетационного периода сельскохозяйственных культур, между  $КПУ$  и  $МВП$  – это недобор урожая из-за недостаточного использования радиационных балансов на почвообразовательной процесс, между  $МВП$  и  $ДМВП$  – это недобор урожая из-за засоленности почвы, между  $ДМВП$  и  $ДВП$  – это недобор урожая из-за ограниченности уровня естественного плодородия, между  $ДВП$  и  $FW_{Gum}$  – это недобор урожая из-за несоблюдения культуры земледелия и неэффективности использования минеральных и органических удобрений сельскохозяйственными культурами [2].

Соотношение агроэкологических категорий урожайности ( $ПУ$ ,  $КПУ$ ,  $МВП$ ,  $ДМВП$ ,  $ДВП$  и  $FW_{Gum}$ ) позволяет определить комплексные оценки агроклиматических ресурсов [2]: степени благоприятности климатических условий –  $K_n = КПП / ПУ$ ; степени благоприятности почвообразовательного процесса –  $K_{no} = МВП / КПУ$ ; степени благоприятности почвенно-мелиоративных условий –  $K_{nm} = ДМВП / МВП$ ; степени естественного плодородия почвы –  $K_{nn} = ДВП / ДМВП$ ; уровень реализации агротехнических мероприятий –  $K_{am} = УП / ДВП$ .

**Выводы.** Функционирование гидроагроландшафтов предполагает наличие постоянного природного и антропогенного воздействия на все его компоненты, которое отличается по интенсивности и продолжительности, и требует необходимости регулирования и управления во временно-пространственных масштабах. Поэтому, для количественной и качественной оценки природного и антропогенного процесса в гидроагроландшафтах разработана математическая модель продуктивности сельскохозяйственных культур, которая представлена в блочной структуре. Она обеспечивает выбор наиболее приемлемых мелиоративных, агротехнических и природоохранных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.

2. Анафин М.Ш., Кулдуйсенов А., Мустафаев Ж.С. Программированное выращивание сельскохозяйственных культур на мелиоративно-неблагополучных землях // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1985. – №1. – С. 91-97.
3. Аци Дж. Сельскохозяйственная экология. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 479 с.
4. Бихеле З.Н., Молдау Х.А., Росс. Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 172 с.
5. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
6. Галямин, Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 271 с.
7. Данильченко Н.В. Оазисное орошение подземными водами. – М.: Колос, 1983. – 95 с.
8. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. – том 1. – 447 с. – том 2. – 448 с.
9. Мустафаев Ж.С. Мелиоративная система – объект управления основными факторами растений // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1986. – №11. – С. 10-15.
10. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.
11. Мустафаев Ж.С., Даримбетов У.Д. Математическая модель оросительных систем // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1985. – №1. – С. 67-75.
12. Мустафаев Ж.С., Даримбетов У.Д. Математическое моделирование программных урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1983. – №6. – С. 64-69.
13. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мусабеков К.К., Есенгельдиева П.Е. Структурно-логическая модель устойчивого функционирования ландшафтов-аглоландшафтов-гидроаглоландшафтов // Новая стратегия научно-образовательных приоритетов в контексте развития АПК: Матер. Междунар. научно-практической конф., посвященной 85-летию Казахского национального аграрного университета. – Алматы, 2015. – С. 30-34.
14. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 528 с.
15. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. – Тараз, 2007. – 218 с.

16. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение–почва–воздух. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 358с.
17. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н., Власова Н.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: изд. АН СССР, 1961. – 160 с.
18. Образцова А.С. Системный метод: Применение в земледелии. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 303 с.
19. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 176 с.
20. Полевой А.Н., Флоря Л.В. Моделирование агроклиматических ресурсов производительности урожая и формирования продуктивности сельскохозяйственных культур // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №1. – С. 36-49.
21. Сақун В.А. О рациональном уравнении процесса роста растений // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1973. – № 7. – С. 81-86.
22. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 8-12.
23. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометиздат, 1984. – 264 с.
24. Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 142 с.
25. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 318 с.

Поступила 17.06.2016

Техн. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. докторы

Ж.С. Мустафаев  
А.Т. Козыкеева  
П.Е. Есенгельдиева  
С.З. Жігітова

#### **ГИДРОАГРОЛАНДШАФТТЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІГІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ ҚОЛДАНБАЛЫ ҮЛГІСІ**

**Түйін сөздер:** модель, бағалау, ресурстар, топырақ, гидроагроландшафт, реттеу, басқару? режим, өнімділігі, құнарлылығы

*Гидроагроландшафттық жүйедегі ауылшаруашылық дақылдарының негізгі дәлелдемелерін және тіршілік ортасынның, яғни агроклиматтық қорларын басқаруға және реттеуге арналған алты бөліктен тұратын, агроклиматтық қор, ылғалдану, тұздану*



және қоректік заттармен қамтамасыз етілу тәртібі, топырақтың даму үрдісі және өнімнің қалыптасуын бағалу үлгісі құрылған. Сонымен, ландшафттық-экологиялық жүргінің негізінде құрылған құрылымдық-ойлау үлгісі, жоғарғы өнімді гидроагрландшафттардың құрылымын жобалауға, табиғатты пайдалану және үйлестіру саласындағы табиғи жүйенің әлеуметтік қорын оңтайлауға арналған, ал ол табиғи жүйенің әлеуметтік қорын тиімді пайдалануды және адамзаттық табиғи-техногендік қызметінің жағдайында, олардың экологиялық орнықтылығын қамтамасыз етеді.

Mustafayev ZH.S, Kozykeeva A.T, Esengeldieva P.E., Zhigitova S.Z.

#### **APPLIED MODEL OF CROP PRODUCTIVITY FORMATION IN HYDROAGRILANDSCAPE SYSTEMS**

**Keywords:** assessment, resources, soil, hydroagrilandscape, regulation, management, regime, productivity, fertility

*A model for agro-climatic resources of crops was created. This model used for the control and regulation of the main factors in the environment of hydroagrilandscape systems. Developed on the basis of landscape ecological approach, structural and logical model can be used for construct high-quality hydroagrilandscape to optimize resource potential of the natural system. This allows efficient using resource potential of the natural system, and ensure environmental sustainability in the conditions of anthropogenic activity.*

УДК 502.63:913 (282.255.582)

Ph.D доктор

Ж.Т. Мукаев<sup>1</sup>

Ph.D доктор

Ж.О. Озгелдинова<sup>2</sup>**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ  
БАССЕЙНА ОЗЕРА АЛАКОЛЬ К РЕКРЕАЦИОННЫМ  
НАГРУЗКАМ****Ключевые слова:** устойчивость, ландшафт, рекреация, оз. Алаколь

*Рассмотрены вопросы влияния рекреационной деятельности на устойчивость ландшафтов. Оценка устойчивости ландшафтов проводилась с целью принятия экологически обоснованных решений при определении рекреационной пригодности конкретных ландшафтов. Рекреационная устойчивость каждого ландшафта рассматривалась по нижеследующим параметрам: угол наклона поверхности в градусах, гранулометрический состав почв, степень лесистости территорий, доминирующая растительность. Составлена карта оценка устойчивости ландшафтов бассейна озера Алаколь к рекреационному воздействию.*

Для развития рекреационной деятельности и прогнозирования устойчивого функционирования ландшафтов необходимо знать их устойчивость к рекреационным нагрузкам.

Рекреационное природопользование характеризуется серьезными отрицательными последствиями для природных комплексов. Рекреационные ресурсы имеют определенные запасы. Теоретически это определяется порогом нагрузки на них, выше которой ресурсы либо существенно меняются в сторону меньшей привлекательности, либо деградируют. Чрезмерная эксплуатация ресурсов подчас приводит к их уничтожению [2].

При одной и той же нагрузке одни ландшафты отличаются более продолжительной сохранностью своих естественных свойств и меньшей подверженностью разрушительным процессам, нежели другие. Геосистемы одного типа деградируют под влиянием рекреационного освоения уже через 1...2 года; другие же – многие годы могут сохранять устойчивое состояние. Все дело в их потенциальной устойчивости к внешнему воздей-

<sup>1</sup> Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Казахстан

<sup>2</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

ствию, или толерантности, которая проявляется, прежде всего, в сохранении своей способности к восстановлению [4].

Оценка устойчивости ландшафтов проводится для создания информационной базы и принятия экологически обоснованных решений, при определении рекреационной пригодности конкретных ландшафтов. С целью выбора оптимального места расположения рекреационных объектов, и прогнозирования степени их ожидаемого изменения.

Оценка устойчивости состоит из выбора оценочных критериев устойчивости, их ранжирования и выделения ландшафтов с однородными свойствами устойчивости. Шкала оценки устойчивости ландшафтов к рекреационным нагрузкам составлена по материалам В.П. Чижовой [4].

Территориальными единицами для выполнения оценки устойчивости к рекреационной деятельности выступали виды ландшафтов. На территории бассейна оз. Алаколь нами было выделено 68 видов ландшафтов. Ландшафтная карта составлена согласно методическому подходу к изучению геосистем аридных территорий [1]. Ландшафтную структуру мы рассматривали как зональную систему ландшафтов с учетом генезиса природно-территориальных комплексов.

Ранжирование критериев устойчивости по их интенсивности и выраженности позволило создать 4-х балльную оценочную шкалу. Шкала составлялась на основе изменчивости каждого оценочного показателя и природного комплекса в целом. Так, максимально возможный балл – 4 характеризует относительно высокую устойчивость, минимальный балл – 1 – относительно низкую устойчивость.

Рекреационная устойчивость каждого ландшафта может изменяться в зависимости от ряда факторов: чем больше уклон, тем устойчивость ниже. Наибольшая устойчивость характерна для легкосуглинистых почв, с утяжелением или облегчением гранулометрического состава устойчивость падает. Устойчивость степной и луговой растительности выше по сравнению с альпийской и пустынной. Устойчивость лесных территорий выше по сравнению с безлесными природными комплексами (табл. 1).

Оценка устойчивости ландшафтов проводится с целью определения пригодности территорий к рекреационному использованию, выбора оптимального места расположения рекреационных объектов, прогнозирования степени ожидаемого изменения ландшафтов, определения дополнительных затрат на благоустройство и восстановление поврежденных территорий.

Таблица 1

## Шкала оценки устойчивости ландшафтов к рекреационным нагрузкам [2]

Показатель	Степень устойчивости			
	очень низкая (1 балл)	низкая (2 балла)	средняя (3 балла)	относительно высокая (4 балла)
Угол наклона поверхности (градус)	> 12	6-12	3-6	0-3
Гранулометрический состав почв	песчаный, скальные обнажения	супесчаный, щебнистый	тяжелосуглинистый, глинистый	легко и средне-суглинистый
Степень лесистости территорий, %	0-5	6-30	31-50	> 50
Доминирующая растительность	альпийская высокогорная, пустынная	лесная	луговая	степная

Оценка устойчивости ландшафтов бассейна оз. Алаколь к рекреационному воздействию проводилась посредством выявления свойств отдельных показателей, определяющих степень их устойчивости (табл. 2).

Таблица 2

## Результаты оценки устойчивости ландшафтов к рекреационному воздействию бассейна озера Алаколь

Ландшафт	Средний балл по основным показателям, влияющим на устойчивость ландшафта	Ландшафт	Средний балл по основным показателям, влияющим на устойчивость ландшафта
1	2,7	35	2,1
2	2,7	36	1,7
3	2,7	37	1,5
4	2,7	38	1,7
5	2,7	39	1,5
6	3	40	2
7	3	41	2
8	2,5	42	1,7
9	2,5	43	1,7
10	2,5	44	2,5
11	2,5	45	2,5
12	2,5	46	2,5
13	2,2	47	2
14	2,2	48	2
15	2,2	49	1,7
16	1	50	1,5
17	2,2	51	1,7
18	3	52	1,7

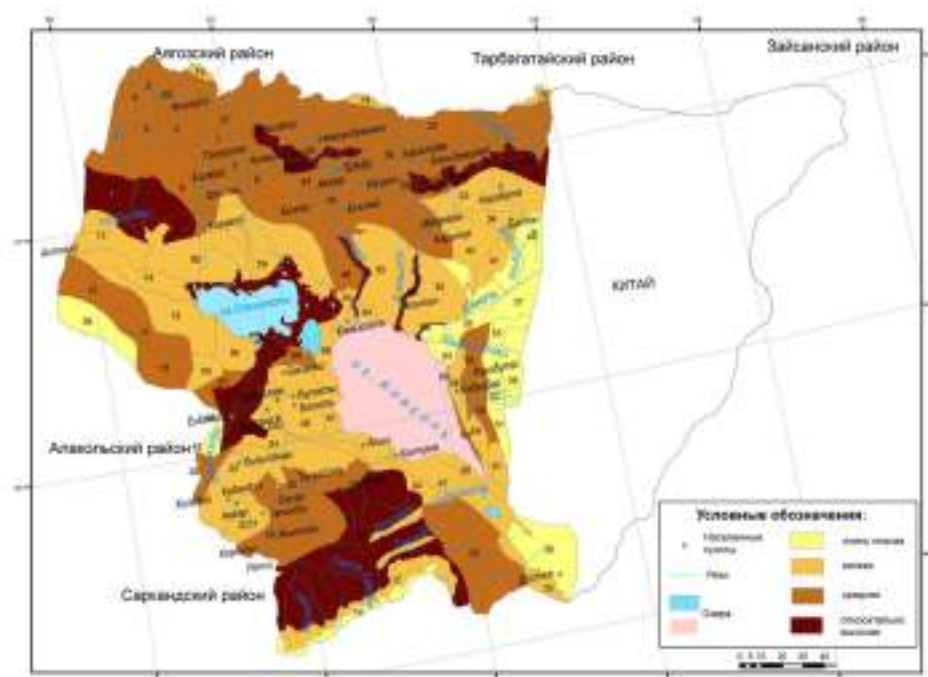
Ландшафт	Средний балл по основным показателям, влияющим на устойчивость ландшафта	Ландшафт	Средний балл по основным показателям, влияющим на устойчивость ландшафта
19	2	53	1,7
20	2,5	54	2,2
21	2,2	55	2,2
22	2,2	56	2,2
23	2,7	57	2,5
24	2,2	58	2,2
25	2,2	59	2,2
26	2,5	60	2,2
27	2,5	61	2,2
28	2,7	62	2,5
29	2,7	63	2,5
30	3	64	2,7
31	3	65	1,7
32	2,7	66	2,2
33	2,2	67	3,5
34	2,2	68	3,2

Данная оценка состоит из выбора оценочных критериев устойчивости, их ранжирования и выделения ландшафтов с однородными свойствами устойчивости. Рекреационная деятельность как фактор, способна нарушить равновесие, ускорить, активизировать негативные процессы природных комплексов.

В результате обработки данных была создана карта оценка устойчивости ландшафтов бассейна оз. Алаколь к рекреационному воздействию (рис.).

Анализ карты показал, что основная часть территории бассейна оценивается как среднеустойчивая (51,4 %). Это объясняется, прежде всего, гранулометрическим составом почвы, доминированием в растительном покрове относительно устойчивых видов и низких значений углов наклона поверхности. Ландшафты с низкой устойчивостью к рекреационным нагрузкам заняли 43,4 % территории бассейна оз. Алаколь. Высокая оценка устойчивости характерна для природных местностей покрытых лесом, с достаточной степенью увлажнения и благоприятными условиями почв для быстрого самовосстановления напочвенного покрова. Для ландшафтов с низкой степенью устойчивости присуще преобладание в растительном покрове пустынных видов растений, которые являются чувствительными к рекреационным нагрузкам. Малоустойчивые природные комплексы занимают 2,2 % от общей площади территории, в основном они сосредоточены

в предгорных и низкоргорных частях исследуемой территории. В качестве факторов, понижающих степень устойчивости данной местности, явилось преобладание высоких значений углов наклона поверхностей (занимают самые высокие уровни на гипсометрическом профиле исследуемой территории) и низкая степень залесенности.



*Рис. Карта устойчивости ландшафтов к рекреационным нагрузкам бассейна оз. Алаколь.*

Рекреационная деятельность в исследуемом регионе на сегодняшний день преимущественно связана с пляжным туризмом и приурочена к побережью оз. Алаколь в районе сел Кабанбай, Акши, Коктума, Коктал. К одному из негативных факторов нарушающему естественное состояние ландшафтов территориальных рекреационных систем относится большое скопление отдыхающих на побережье оз. Алаколь. В летний период многие отдыхающие приезжают на личном автотранспорте. Машины используются при поездках в санаторий Барлык-Арасан, за продуктами, для прогулок, при посещении приозерных пляжей. Равнинный рельеф территории позволяет передвигаться на машинах без дорог в различных направлениях.

В последнее время рекреационная инфраструктура оз. Алаколь принимает современные очертания, создаются все необходимые условия. На оз. Алаколь в Урджарском районе Восточно-Казахстанской области создано

коммунальное предприятие «Алакол тазалық», в работу которого входит проведение санитарно-очистных работ на пляже и вдоль береговой зоны отдыха, где раньше преобладал неорганизованный отдых, и было большое скопление автотранспорта отдыхающих. Здесь установлена прибрежная защитная полоса длиной около 300...350 м. Вместе с этим вдоль защитной полосы также установлено ночное освещение, кабинки для переодевания, скамейки, урны для мусора и туалеты. Но наряду с благоустраиваемой территорией все еще есть участки с неорганизованной рекреацией, где на берегу ставятся палатки, разводятся костры, готовится пища и т.п. [3].

Повышение устойчивости здесь возможно при целенаправленном благоустройстве территории: создании специальных галечниковых, деревянных и каменных дорожек, озеленении территориальных рекреационных систем, проведении природоохранных мероприятий, предотвращающих негативные антропогенные изменения ландшафтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – 176 с.
2. Кусков А.С., Голубева В.А., Одинцова Т.Н. Рекреационная география: учеб.-метод. комплекс. – М.: Флинта, 2005. – 496 с.
3. Мукаев Ж.Т. Геоэкологические условия рекреационного природопользования в прибрежной зоне озера Алаколь // Туризм Казахстана: проблемы и перспективы: матер. V-й междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2014. – С. 160-162.
4. Чинова В.П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. – Смоленск: Ойкумена, 2011. – 176 с.

Поступила 15.06.2016

Ph.D доктор      Ж.Т. Мукаев  
Ph.D доктор      Ж.О. Озгелдинова

#### **АЛАКӨЛ КӨЛІ АЛАБЫ ЛАНДШАФТАРЫНЫҢ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ӘРЕКЕТКЕ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРЫ**

***Түйінді сөздер:*** тұрақтылық, ландшафт, рекреация, Алакөл көлі

*Ландшафтардың тұрақтылығына рекреациялық әрекеттің әсер етуі мәселелері қарастырылды. Ландшафтардың тұрақтылығын бағалау нақты ландшафтардың рекреациялық мақсатта пайдалану үшін жарамдылығын анықтап экологиялық*

шешімдерді қабылдау мақсатында жүргізілді. Әр-бір ландшафттың рекреациялық тұрақтылығы төмендегідей параметрлер бойынша қарастырылды: жер бедерінің еңістігінің бұрышы (градус), топырақтың гранулометриялық құрамы, аумақтағы орман жамылғысының пайыздық мөлшері, ландшафта үстем өсімдіктердің түрлері. Алакөл көлі алабы ландшафтарының рекреациялық әрекетке тұрақтылығын бағалау қартасы құралды.

Mukaev Zh.T., O zgeldinova Zh.O.

## **ECOLOGICAL FACTORS OF LANDSCAPES SUSTAINABILITY IN ALAKOL LAKE'S BASIN TO RECREATIONAL LOAD**

**Keywords:** sustainability, landscape, recreation, Alakol Lake

*This article considers impact of recreational activities on the stability of the landscape. Evaluation of landscape sustainability carried out with the aim of to make environmentally sound decisions when determining the suitability of specific recreational landscapes. Recreational resistance of each landscape seen on the following parameters: the angle of the surface in degrees, particle size distribution of soils, heavily wooded areas, the dominant vegetation. Compiled a map evaluation of the sustainability of the Alakol Lake's Basin landscapes to recreational exposure.*



**Валерий Иванович Ли**  
(к 70-летию со дня рождения)

23 апреля 2016 года исполнилось 70 лет со дня рождения кандидата технических наук, доцента, человека, который долгое время возглавлял управление гидрологических исследований в РГП «Казгидромет» – Ли Валерия Ивановича.

Валерий Иванович родился в городе Алма-Ата, где прошли его детство и юность. После окончания школы он поступил в Казахский государственный университет им. С.М. Кирова на географический факультет, который успешно закончил в 1969 г. и получил специальность инженера-гидролога. Сразу после университета он был принят в Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата, где проработал более 30 лет (до 2005 г.) в единой команде с видным казахстанским гидрологом – В.В. Голубцовым.

В начале 70-х годов, освоив программирование и используя полученные знания, он стал соавтором математической модели формирования стока горных и равнинных рек. Эта модель послужила основой для создания методов прогноза притока воды в основные водохранилища Казахстана. В 1988 году Валерий Иванович защитил кандидатскую диссертацию на тему «Долгосрочный прогноз стока рек Верхнего Иртыша и притока воды в Бухтарминское водохранилище на основе использования математической модели формирования стока».

Валерий Иванович Ли известен не только в Казахстане, но и за рубежом, как крупный специалист в области математического моделирования гидрологических процессов и разработки методов гидрологических расчетов и прогнозов. Результаты многих его исследований, например стока в засушливых и горных районах Казахстана, водного и солевого баланса озера Балхаш, нашли широкое практическое применение в республике и принесли значительную социально-экономическую пользу. Методы долгосрочного прогнозирования водности рек и притока воды в крупные водохранилища Казахстана, разработанные совместно с В.В. Голубцовым приняты в качестве основных в Гидрометслужбе Казахстана.

Ли В.И. активно участвовал в разработке международных проектов, так в 1992...1993 гг. он был членом временной научно-проектной группы по подготовке первого тома «Технико-экономического Доклада по проблеме уровня режима Каспийского моря», в 1993...1995 гг. участвовал в выполнении Казахстанско-Американского проекта «Парниковые газы и климат Казахстана», раздел «Водные ресурсы», в 1996...1997 гг. сотрудничал в проекте USAID «Оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков р. Сырдарья в пределах Казахстана», а в 1998...1999 гг. в Казахстанско-нидерландском проекте «Оценка воздействия изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов южного и юго-восточного Казахстана» (раздел «Уровень Каспийского моря»). Ли В.И. являлся локальным экспертом Центра по колебаниям уровня воды Каспийской Экологической Программы TACIS.

С 2005 по 2012 годы Валерий Иванович возглавлял Управление гидрологических исследований и расчетов в РГП «Казгидромет». В эти годы под его руководством в управлении была проведена большая работа по разработке метода оценки ежегодных водных ресурсов по всем водохозяйственным бассейнам и для Казахстана в целом. А в 2009 г., благодаря этим разработкам, был подготовлен макет государственного водного кадастра, который был одобрен к изданию. Так же большое внимание В.И. Ли уделял разработке методов адаптации водных ресурсов в условиях антропогенного изменения климата, и методов оценки ресурсов поверхностных вод Республики Казахстан.

Валерием Ивановичем самостоятельно, и в соавторстве, написано более 60 научных статей. Он принимал активное участие на международ-

ных, региональных и других научно-практических конференциях и являлся участником различных международных проектов.

Своим большим опытом, знаниями и навыками Валерий Иванович всегда делился с молодыми специалистами.

Мы от всей души поздравляем Валерия Ивановича с юбилеем. Желаем ему крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, семейного счастья и благополучия.

Редколлегия журнала

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной текст статьи, не превышающий 12...14 страниц, включая таблицы, рисунки и список литературы, аннотация на русском языке. Эта же аннотация, название статьи и Ф.И.О. авторов дается на казахском и английском языках. **Аннотация должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной (для английского варианта не быть калькой русскоязычной аннотации с дословным переводом, написана качественным английским языком); содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье);- компактной (укладываться в объем от 100 до 250 слов). Сведения о месте работы и занимаемой должности автора, его ученая степень и ученое звание.

Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), а так же ключевые слова, в количестве 10...12 штук. Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется электронный. Для иногородних достаточно электронного варианта.

### **Оформление рукописи:**

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне листа плотной бумаги, формата А4, белого цвета. Интервал – множитель – 1,2. **Параметры поля страницы:** верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 70 мм, правое 15 мм. Абзац начинается с отступа – 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль обычный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, без переноса, шрифт полужирный. Аннотация помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

### **См. примеры**

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 3 2011

УДК 628.394(547.42+547.25)

Доктор геогр. наук  
Канд. физ.-мат. наук

А.Ж. Жуматаев  
А.Т. Иванов

### **ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК**

*ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ВЕТРОВОЙ ПЕРЕНОС, МАССА ПЕСКА, РАСХОД, РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЙ ВЕКТОР, МОДЕЛЬ, ДОЛИНА СЕНЕК*

*Исследован дисперсный состав подвижных песков Туйесу и в долине Сенек. Выполнены расчеты ветрового переноса масс песка по модели КазНИГМИ. Получена роза векторов средних многолетних годовых расходов песка в долине и определен результирующий вектор, имеющий азимут 287° и модуль 773 т/(км·год).*

Интенсивное освоение нефтяных и других полезных ископаемых на полуострове Мангышлак привело к значительному росту воздействия людей...

**Рисунки** готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Paintbrush) и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Подпись рисун-

ка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов – не меньше 1,5 мм.

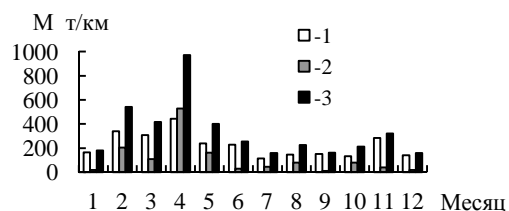


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка. 1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

**Таблицы** оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только «шапка» и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название – над таблицей, примечание – под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Таблица 3

Основные статистические характеристики объемов переноса песка на М Сенек

Атмосферные явления	$\bar{M}$ , т/(км·год)	$\sigma$ , т/(км·год)	$C_v$
Бури	1321	605	0,46
Поземки	2687	786	0,29
Оба явления	4007	1118	0,28

*Примечание:* Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо параллельно дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней официальной редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

**Математические, химические обозначения и формулы** набирать в режиме редактора формул (Microsoft Equation). В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров в строчку (см. пример).

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер песчинок;  $x_0$  – их средний геометрический размер;  $\sigma_{lg x}$  – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

**Список литературы** оформляются в соответствии с ГОСТ 7.5-98. В качестве примера приводятся наиболее распространенных описания – статьи, книги, материалы конференций, патенты и электронные ресурсы удаленного доступа.

**Статья из периодического издания:**

Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Метод количественного определения леукомизина // Вестн. КазНУ. Сер. хим – 2003. – Т. 1. № 8. – С. 40-41

**Книга:**

Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – С. 35-37

**Публикация из материалов конференций (семинара, симпозиума), сборников трудов:**

Абимкульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

**Электронный ресурс:**

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

**При оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).**

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках – [ ].

Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, адреса электронной почты, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени автора.

Статьи, выполненные коллективом авторов, должны быть подписаны всеми авторами.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

С импакт-фактором журнала можно ознакомиться на сайте [auka.kz](http://auka.kz) – Национальные ресурсы НТИ – Казахстанская база цитирования (АО НЦ НТИ).

**РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ, К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.**

## «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ» ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫНА ӨТКІЗІЛЕТІН ҚОЛЖАЗБАЛАРҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Автормен жіберілген қолжазба жинағына кіреді: кестелер, суреттер және әдебиет тізімін қоса есептегенде 12...14 беттен аспайтын мақаланың негізгі мәтіні, 10 қатардан аспайтын мақаланың нәтижесі мен мазмұны жөнінде толық түсініктеме. Осы түсініктеме, мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. қазақ тілінде де беріледі. Мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. ағылшын тілінде де беріледі.

(ГОСТ-қа 7.1-84 сәйкес) әдебиет тізімі алфавит тәртібімен авторлар алдымен орыс, ізінше шетел тілінде беріледі. Әдебиетке сілтеу квадрат жақшада көрсетіледі – [ ]. Суреттер бір мақалада үштен аспау керек. Мақаланың атының алдында Толық ондық жіктеу (ТОЖ) бойынша кеңейтілген индексін келтіру керек. Мақаланың машинкаға басылған нұсқасынан басқа оның дискетада, CD немесе флэшкада жазылған көшірмесі өткізіледі.

### **Қолжазбаны көркемдеу:**

Қолжазбаның бар мәтіні, таблицалармен қоса ПК-де ақ түсті қалың қағаздың бір бетінде, А4 форматта басылады. Аралық – көбейткіш – 1,2. Беттер алаңының параметрлері: жоғарғы 20 мм, төменгі 75 мм, сол 70 мм, оң 15 мм. Азат жол 12,5 мм басталады, теру шарты Microsoft Word, Times New Roman шрифті (қалыпты стилі), шрифт өлшемі 11. Мақала атауы бас әріптермен, бөлусіз, жартылай майлы шрифтпен жазылады. Түсініктеме мақаланың негізгі мәтінінен бұрын аталудан, авторлар тізімінен (бағанада ғылыми дәрежесімен көрсетіледі) кейін орналасады, курсивпен басылады, сол және оң жағынан 5 мм шегінеді.

### **Мысалды қараңыз**

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 1 2010

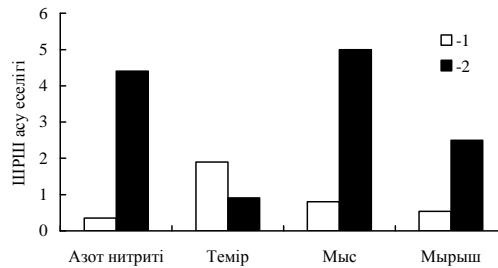
ӨОЖ 577.4:66.046.44.59

## **КЕН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН САҚТАУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУЫН БАҒАЛАУ**

Техн. ғылымд. канд. А.Ж. Жуматаев

*Бұл мақалада Шығыс Қазақстан облысы «Казцинк» АҚ Зыряновск тау-кен байыту кешенінің қоршаған ортаға әсерін бағалау мақсатында қалдық сақтау қоймасы орналасқан ауданның экологиялық карта-схемасын жасау үшін қолданылған есептеу мәліметтері мен әдістері келтірілген....*

**Суреттер** Paint (Painbrush) режимінде ГОСТ-қа сәйкес дайындалып, мәтінге сурет ретінде қойылады. Графиктер, диаграммалар, гистограммалар – Microsoft Excel режимінде және мәтінге Microsoft Excel объектісі ретінде қойылады. Суреттің жазбасы оның астына қойылып, курсивпен басылады (мысалды қараңыз). Толық сандар бөлшек бөлімнен нүктемен емес қайырмамен бөлінеді. Белгілеулерге түсініктеме аталудан кейін сол қатарға жазылады. Сурет алаңына индекстер мен белгілеу сандарынан басқа жазулар рұқсат етілмейді. Суреттегі сандар мен әріптердің өлшемі мәтіндегімен бірдей, ал индекстер 1,5 мм кем болмау болу керек.



Сур. 2. Іле өзенінің ақаба сулардың төгіндісінен 500 м төмен тұсындағы ластану көрсеткіштері: 1 – 2004 жыл, 2 – 2006 жыл.

**Кестелер** қосымша бағаналарсыз безендіріледі, тек кестенің «басы» мен шеткі бағаналары ғана сызылады. Кестенің нөмірі және мағыналы атауы – кестенің үстіне, қосымшалары оның астына (ГОСТ-қа сәйкес) жазылады (мысалды қараңыз).

Кесте 1

Зыряновск қаласы атмосферасында ластаушы заттардың сейілуін анықтайтын коэффициенттер мен метеорологиялық сипаттамалары

Сипаттама аталуы	Көлемі
Атмосфера стратификациясына тәуелді коэффициент, А	200
Қаладағы жер бедері коэффициенті	1...3
Жылдың (шілде) орташа максимал температурасы, °С	26,9
Жылдың (ақпан) орташа максимал температурасы, °С	-28,9

Физикалық көрсеткіштердің өлшем бірліктері Халықаралық жүйеде СИ (ГОСТ 8.417-81) келтіріледі, немесе СИ жүйесіне келтірілген аудармасы қатар көрсетіледі.

Ұйымның, мекеменің, географиялық және т.б. аталуы соңғы ресми редакцияда беріледі. Тарихи аталуларына қоса жақшада кәзіргі аталуы көрсетіледі.

**Математикалық, химиялық белгілеулер мен формулалар** (Microsoft Equation) редактор режимінде басылуы керек. Формулаларда символдар ретінде ГОСТ-пен белгіленген белгілеулерді қолданады. Формулалардың нөмірі беттің оң шетінен домалақ жақшамен көрсетіледі. Мәтінде формуланың кезекті нөміріне сілтеу де жомалақ жақшада көрсетіледі. Мәтінде қатарға міндетті түрде барлық параметрлерді түсініктемесі беріледі (мысалды қараңыз).

$$K = D / 8V_1, \quad (2)$$

қайда  $D$  – байыту қалдықтарын сақтайтын қойма бетінің диаметрі ( $D = 500$  м);  $V_1$  – қалдық сақталынған қойма көлемі.

Барлық қысқартулар ГОСТ-қа және қысқарту сөздігіне сәйкес жасалынады.

Бөлек парақта редакцияға автор туралы мәліметтер: аты-жөні, әкесінің аты (толығымен), үйі мен мекеменің мекен-жайы және телефондары, жұмыс орындалған мекеменің тура аталуы, автордың ғылыми дәрежесі жіберіледі.

Авторлар ұжымымен жазылған мақалар барлық авторлардың қолы қоюлы болу керек.

Редакция қолжазбаларды қабылдамауға немесе редакциялық жөндеулер және қабылданған қолжазбаларға қосулар мен қысқартулар жасауға құқықты. Мақала



авторға толықтыру жасау үшін қайтарылуы мүмкін. Кей жағдайларда редакция сұрауымен мақалаға рецензия талап етіледі.

**ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРҒА СӘЙКЕС БЕЗЕНДІРІЛМЕГЕН  
ҚОЛЖАЗБАЛАР БАСЫЛЫМҒА ЖІБЕРІЛМЕЙДІ ЖӘНЕ АВТОРҒА  
ҚАЙТАРЫЛМАЙДЫ.**

**Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить  
таблицу, приведенную ниже**

**Сведения о статье**

(заполняется на каждую статью журнала)

№	Сведения (статья)	
1	УДК	
2	Основной автор (русс., каз., англ. яз.)	
3	Соавторы (русский, казахский, англ. яз.)	
4	Место работы автора (русский, казахский, англ. яз.)	
5	Название статьи (русский, казахский, англ. яз.)	
6	Название журнала	Гидрометеорология и экология
7	Год издания	
8	Номер издания	
9	Страницы	
10	Ключевые слова (русский, казахский, англ. яз.)	
11	Резюме на русском языке	
12	Резюме на казахском языке	
13	Резюме на английском языке	
14	Список литературы	