



*Қазақстан Республикасының  
Экология, геология және табиғи  
ресурстар Министрлігі*

*Министерство экологии, геологии и  
природных ресурсов  
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  
2019

*ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР* М.П. Кынатов

*РЕДКОЛЛЕГИЯ*

Н.И. Ивкина (*зам. главного редактора*)  
С.Б. Саиров (*зам. главного редактора*)  
Н.Н. Абаев (*ответственный секретарь*)

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

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

**№ 2 (93)**

©

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

*Адрес редакции:* 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 309,307  
*Телефон:* (7272) 67-64-91; 55-84-06;  
*E-mail:* [Hydromet.journal@gmail.com](mailto:Hydromet.journal@gmail.com)  
<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать 25 октября 2019 г.

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

Цена договорная.

Отпечатано в типографии  
ТОО «Жетисуское учебно-производственное предприятие»  
ОО «Казахское общество слепых»  
г. Талдыкорган, ул. Тауелсиздык, 135

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- Т.Н. Самарханов, А.В. Егорина, А.Б. Мырзагалиева,  
К.Т. Сапаров**  
Климатические факторы как компонент оценки рекреационного потенциала Сибирских озер. . . . . 7
- Ф.Ж. Акиянова, Е.М. Каракулов, Н.Б. Зинабдин,  
Н.И. Васильченко**  
Применение методов анализа дистанционных данных для оценки плоскостной эрозии на примере территории Акмолинской области 22
- Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.М. Камалиев**  
Климатический профиль водосборного бассейна реки Шу. . . . . 38
- Э.А. Закарин , Л.А. Балакай, К.А. Бостанбеков,  
Т.В. Дедова, Р.А. Жетписов**  
Математическое моделирование рисков загрязнения воздушного бассейна города. . . . . 50
- М.Ж. Бурлибаев, Р.К. Кайдарова, Д.М. Бурлибаева,  
И.В. Шенбергер, К.М. Кулебаев**  
О современном состоянии изменения гидрохимического режима реки Шу. . . . . 63
- Н.И. Ивкина, Е.И. Васенина, А.Ф. Елтай**  
Сгонно-нагонные явления в северо-восточной части Каспийского моря в современных условиях. . . . . 77
- Р.Г. Абдрахимов, А.Ф. Елтай**  
Принципы оценки площадей затопления рек равнинного Казахстана (на примере реки Нура). . . . . 86
- К.К. Дускаев, А.Г. Чигринец, А.К. Мусина,  
Ж.А. Жанабаева, С.Т. Ахметова, Е.К. Ермаш**  
Оценка максимальных расходов воды рек города Алматы. . . . . 96
- Б.С. Керімбай, К.М. Джаналеева, Н.Н. Керімбай**  
Палеогеографические этапы развития природной среды бассейна реки Шарын. . . . . 111
- Л.Х. Акбаева, Н.С. Мамытова, Е.А. Тулегенов,  
Г.А. Адильбектеги, К. Szoskiewicz**  
Сезонная динамика самоочищающей способности водоемов Акмолинской области. . . . . 121

**А.Н. Омарбаева, Л.Х. Акбаева, Б.К. Жаппарова,  
С.А. Бекбосынова, Н.С. Мамытова**

Оценка экологического состояния реки Нура в зоне техногенного воздействия г. Темиртау. . . . . 131

**Қ.Т. Сапаров, А.М. Нурпейсова**

Қостанай облысы гидронимдерінің номинациялану ерекшеліктері. 142

**В.Н. Тальских, Л.Ю. Шардакова**

Разработка индикаторов экологически допустимого состояния для озерных экосистем бассейна Аральского моря в условиях антропогенного воздействия и изменения климата . . . . . 152

**К.Т. Абдраимова, Э.Қ. Ибрагимова, Ж. Төлеш**

Байқоңыр ғарыш айлағы маңындағы топырақ сынамаларын талдау және қоршаған ортаға әсерін бағалау . . . . . 164

## **ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ**

**А.М. Сергеева, Ә.Ғ. Көшім, Қ.Т. Сапаров**

Каспий теңізі мен оның жағалауын табиғи-рекреациялық тұрғыдан бағалау . . . . . 174

**Б.А. Чашина, Н.Е. Рамазанова**

Теоретико-методологические подходы к определению смыва почвы с сельскохозяйственных угодий. . . . . 187

## **ХРОНИКА**

**Калинин Михаил Юрьевич** (к 70-летию со дня рождения). . . . . 199

**Абдрахметов Мереке Абдрахметович** (к 60-летию со дня рождения) . . . . . 204

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>T.N. Samarkhanov, A.V. Egorina, A.B. Myrzagaliyeva, K.T. Saparov</b> Climatic factors as a component of assessment recreational potential of the Sibiny Lakes. . . . .	7
<b>F.Zh. Akiyanova, Ye.M. Karakulov, N.B. Zinabdin, N.I. Vasilchenko</b> Application of remote data analysis methods for the assessment of sheet erosion on the example of Akmola Region. . . . .	22
<b>Zh.S. Mustafayev, A.T. Kozykeyeva, A.M. Kamaliev</b> Climatic profile of water pump of the Shu River Basin. . . . .	38
<b>E.A. Zakarin, L.A. Balakay, K.A. Bostanbekov, T.V. Dedova, R.A. Zhetpissov</b> Mathematical modeling of the city air pollution risks. . . . .	50
<b>M.Zh. Burlibayev, R.K. Kaidarova, D.M. Burlibayeva, I.V. Shenberger, K.M. Kulebayev</b> About the current state of hydrochemical regime change of the Shu River. . . . .	63
<b>N.I. Ivkina, E.I. Vassenina, A.G. Yeltay</b> Storm surges at the northeastern part of the Caspian Sea in the modern conditions. . . . .	77
<b>R.G. Abdrahymov, A.G. Yeltay</b> Principles of the assessment of areas of flooding of the rivers of plain Kazakhstan (on the example of the Nura River).. . . . .	86
<b>K.K. Duskayev, A.G. Chygrynets, A.K. Mussina, Zh.A. Zhanabayeva, S.T. Akhmetova, E.K. Yermash</b> Assessment of the maximum water discharge of the rivers of Almaty. . .	96
<b>B.S. Kerimbay, K.M. Janaleyeva, N.N. Kerimbay</b> Paleogeographic stages of development of the natural environment of the basin of the Sharyn River. . . . .	111
<b>L. Kh. Akbayeva, N. S. Mamytova, E.A. Tulegenov, G.A. Adilbektegi, K. Szoskiewicz</b> Sonal dynamics of self-purification ability of reservoirs of Akmola Region . . . . .	121

<b>A.N. Omarbayeva, L.Kh. Akbayeva, B.K. Zhapparova, S.A. Bekbossynova, N.S. Mamytova</b>	
Assessment of the ecological state of the Nura river depending on technogenic impact of Temirtau. . . . .	131
<b>K.T. Saparov, A.M. Nurpeisova</b>	
Features nomination hydronyms Kustanai region. . . . .	142
<b>V.N. Talskikh, L.Yu. Shardakova</b>	
Development of indicators for ecologically acceptable state of lake eco- systems in the Aral sea basin under conditions of anthropogenic impact and climate change. . . . .	152
<b>K.T. Abdraimova, E.K. Ibrahimova, Zh. Tolesh</b>	
Analysis of soil samples in the area of Baikonur cosmodrome and environmental impact assessment. . . . .	164
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>A.M. Sergeyeva, A.G. Koshim, K.T. Saparov</b>	
Natural recreational evaluation of the Caspian sea and its coast. . . . .	174
<b>B.A. Chashina, N.E. Ramazanova</b>	
Theoretical and methodological approaches to the definition of soil loss from agricultural land . . . . .	187
<b>CHRONICLE</b>	
<b>Kalinin M.Yu.</b> (the 70-th anniversary) . . . . .	199
<b>Abdrahmetov M.A.</b> (the 60-th anniversary) . . . . .	204

УДК 551.5(574.42)

	Т.Н. Самарханов <sup>1</sup>
Доктор геогр. наук	А.В. Егорина <sup>2</sup>
Доктор биол. наук	А.Б. Мырзагалиева <sup>3</sup>
Доктор геогр. наук	К.Т. Сапаров <sup>1</sup>

### КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК КОМПОНЕНТ ОЦЕНКИ РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СИБИНСКИХ ОЗЕР

**Ключевые слова:** климат, рекреация, Сибинские озера, туристско-рекреационный потенциал, биоклиматический индекс, туризм

*Исследован климато-рекреационный потенциал Сибинских озер. В работе проведен анализ метеорологических данных и определена степень комфортности климата Сибинских озер для развития туризма в регионе. На формирование климата территории особое влияние оказывают: солнечная радиация, циркуляция атмосферы, удаленность территории от морей и океанов и характер рельефа территории. По медико-климатическим характеристикам действие термического режима, режима влажности и осадков на территории Сибинских озер следует отнести к тренирующему воздействию на организм человека. По значениям биоклиматических индексов можно заключить, что для рекреационных целей климат Сибинских озер характеризуется летом как комфортный, а зимой – как умеренно суровый. Практически все сезоны года исследуемой территории пригодны для отдыха и туризма.*

**Введение.** Туризм является одним из наиболее быстро развивающихся секторов экономики. В настоящее время в Республике Казахстан проявляется интерес к туризму. В целом Республика Казахстан обладает большим туристским потенциалом, но занимает незначительную долю (1,5 %) в мировом туристском потоке [3]. В связи с этим актуальны исследования по выявлению конкурентоспособных туристских

<sup>1</sup> ЕНУ им. Л.Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> ВКГУ им. С.Аманжолова, г.Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>3</sup> Международный университет Астана, г.Нур-Султан, Казахстан

комплексов, обеспечивающих потребности как населения Республики Казахстан, так и иностранных граждан в туристско-рекреационных услугах.

На сегодняшний день озера считаются уникальными туристско-рекреационными ресурсами, позволяющими заниматься разнообразными видами туризма в разные времена года и способными удовлетворить широкий круг потребностей населения.

Особое рекреационное значение имеют Сибинские озера, расположенные ступенеобразно у южной окраины массива Коктау Калбинского хребта. Это уникальный рекреационный уголок с живописными ландшафтами, с чистым горным воздухом, чистой озерной водой, историческими достопримечательностями привлекает туристов преимущественно в летне-осенний сезон. В группу Сибинских озер входят пять озер: Кашкербай, Алка, Ульмейс, Дюйсен, Истыкпа подпрудного происхождения. Циркообразные котловины озер замкнуты с трех сторон и как бы врезаны в граниты. Озера между собой разделены узкими грядами. Склоны и вершины гряд практически лишены растительности. Общая площадь озер – 6,1 м<sup>2</sup>, глубины от 2,5 до 40 м, высота над уровнем моря составляет 714...830 м. Объем аккумулированной в озерах чистой пресной воды – 84,3 млн. м<sup>3</sup>. Сюда озера открыты в сторону Аблайкитской долины, отделяющий массив Коктау от гряды Кызылкаин [8, 9, 16].

Климатические факторы определяют рекреационную деятельность любой территории [12, 14]. Основной целью исследования явилось изучение климато-рекреационного потенциала Сибинских озер.

**Методы исследования.** Теоретические и методологические основы исследования включали результаты исследований отечественных и зарубежных ученых в области медицинской, рекреационной географии [8, 10, 18-22]. При проведении исследования применялись методы анализа и классификации фактической информации о метеорологических характеристиках: о температуре воздуха и количестве осадков, солнечной радиации и ветрового режима по данным метеостанции Усть-Каменогорск. Учтены данные об абсолютном максимуме и минимуме температуры воздуха в пределах Калбинского хребта по данным метеостанции Шар, Кокпекты, Самарка филиала РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанский области за период 1988...2018 гг.

Были использованы литературные и справочные материалы, результаты полевых ландшафтно-географических исследований 2017...2018 гг. [7, 11].

Оценку благоприятности климатических условий для здоровья человека проводили с помощью биоклиматических индексов, согласно оценке В.Н. Адаменко, В.В. Виноградовой, И.В. Бутьевой и Т.Г. Швейновой, Е.Г. Головина и В.И. Русанова [1, 2, 4, 5, 13-15]. Континентальность климата была оценена по индексу Л. Горчинского [17].

**Результаты работы.** Климатические условия, воздействующие на организм человека, С.А. Севастьянова называет биоклиматом [15]. Воздействия климата разделяют на раздражающие, тренирующие и щадящие. Неблагоприятные факторы, оказывающие повышенную нагрузку на адаптационные системы организма человека, называют *раздражающими*; метеорологические условия, приводящие к менее выраженному напряжению приспособительных механизмов в организме человека, называют *тренирующими*. *Щадящие* климатические условия благоприятны для всех без исключения людей, в том числе и для находящихся на лечебном отдыхе в санатории или на курорте [15].

На формирование климата территории Сибирских озер особое влияние оказывают: солнечная радиация, циркуляция атмосферы, удаленность территории от морей и океанов и характер рельефа территории. Для туризма особое значение имеют световой и ультрафиолетовые режимы, атмосферная циркуляция.

*Световой (инсоляционный) режим* определяется продолжительностью солнечного сияния, т.е. светлого времени, в течение которого возможно проведение различных рекреационных занятий (табл. 1).

В районе Сибирских озер продолжительность солнечного сияния составляет 2400...2438 ч в среднем за год, что сопоставимо с условиями Крыма. Средняя продолжительность солнечного сияния в течение года колеблется от 102 ч в январе до 327 ч в июле. В летние месяцы она достигает 60...70 % от возможной. Число ясных дней в году достигает 46, в месяц их насчитывается до 5 и более. Исключение составляют июль, октябрь, ноябрь, когда их число снижается до 2...4 дней [8]. Следовательно, биоклиматическое воздействие на отдыхающих на территории Сибирских озер по этому параметру, согласно табл. 1, можно отнести к тренирующему воздействию.

В течение года минимум давления приходится на июль и составляет 740 мм рт. ст. (986,5 гПа), максимум наблюдается в январе – 746,3 мм рт. ст. (995,0 гПа). Радиационный и циркуляционный факторы совместно способствуют формированию температурного режима и режима увлажнения.

Таблица 1

## Инсоляционный режим (по С.А. Севастьяновой)

Параметр	Воздействие		
	раздражающее	тренирующее	щадящее
количество часов солнечного сияния в году	менее 1700	1700...2000 и более 2300	2000...2300
количество часов солнечного сияния в июле	менее 280	280...300 и более 340	300...340
количество дней без солнца в году	более 140	100...140 и более 60	60...100
количество дней без солнца в июле	более 3	2...3	1...2
количество дней без солнца в январе	более 25	20...25 и менее 10	10...20

*Термический режим* характеризуется продолжительностью периодов: безморозного, благоприятного для летней рекреации, комфортного купального периода [15]. Данные медико-климатических характеристик термического режима приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Характеристики термического режима (по С.А. Севастьяновой)

Параметр	Режим воздействия		
	раздражающий	тренирующий	щадящий
Продолжительность безморозного периода (дней)	менее 90	90...180	более 180
Обеспеченность теплом: повторяемость (%) комфортных условий за теплый период (ЭЭТ=17...22)	менее 11 более 30	11...20	21...30
Продолжительность купального сезона	менее 60	60...90	более 90

Фактические данные по биоклиматическим показателям территории Сибирских озер за период 1978...2018 гг. рассматривались по данным метеорологической станции Усть-Каменогорск, отражающей температурные условия (табл. 3).

Средняя многолетняя годовая температура воздуха, по данным станции Усть-Каменогорск составляет 3,2 °С. Наиболее низкие температуры характерны для января – в среднем минус 20,6 °С, самым теплым месяцем является июль (20,8 °С). С поднятием в горы температура воздуха закономерно понижается, на высоте 500 м над уровнем моря температура

июля в среднем равна 19,5 °С, на высотах 1000 м она понижается до 16 °С, а на высотах 1500 м составляет около 13 °С [8].

Таблица 3

Биоклиматические показатели окрестностей Сибирских озер

Месяцы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Количество осадков, мм
Январь	-20,6	76	2,2	4,1
Февраль	-13,3	83	1,0	28,6
Март	-1,7	75	3,1	102,8
Апрель	7,1	66	3,3	41,5
Май	11,0	65	4,1	62,1
Июнь	20,7	56	2,7	12,4
Июль	20,8	65	2,2	46,4
Август	19,1	65	2,0	84,0
Сентябрь	11,2	74	1,3	43,9
Октябрь	6,4	67	2,3	56,7
Ноябрь	-5,2	75	3,3	60,3
Декабрь	-16,8	78	1,3	14,3
Год	3,2	70	2,4	557,1

Абсолютный максимум температур воздуха в пределах Калбинского хребта по данным метеостанции Шар, Кокпекты, Самарка достигает 40...42 °С, а абсолютный минимум составляет минус 46...минус 50 °С. На высотах 500...800 м он повышается до минус 40 °С, на высотах 1000 м – до минус 38...29°С. В июне, августе возможны заморозки до минус 1 °С. Среднемесячная температура июля может опускаться до 4...5 °С [8]. На режим температуры воздуха большое влияние оказывают формы рельефа. На предгорных равнинах годовая амплитуда температуры равна 35...37 °С, на склонах гор – около 30 °С, в котловинах может возрастать до 40...43 °С [8].

*Благоприятный период для летней рекреации* на Сибирских озерах составляет 90...110 дней. Продолжительность купального сезона с температурой воды выше 17 °С составляет 60...65 дней. Оценку благоприятности климатических условий для рекреации можно проводить с помощью биоклиматических индексов [1, 2, 4, 5, 13]. Уравнения биоклиматических индексов в основном включают в себе температуру и влажность воздуха, скорость ветра:

Эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ) высчитаны по формуле:

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10) (1 - f / 100), \quad (1)$$

где  $f$  – относительная влажность воздуха, %;  $t$  – температура воздуха, °С.

Для оценки комфортности климата по ЭТ используются критерии, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Критерии оценки комфортности климата

Диапазон ЭТ, °С	Теплоощущение	Нагрузка
более 30	очень жарко (дискомфорт)	сильная
30...24	жарко (теплый субкомфорт)	умеренная
24...18	тепло (комфортно-тепло)	
18...12	умеренно тепло (комфортно-тепло)	комфортно
12...6	прохладно (прохладный субкомфорт)	
6...0	умеренно прохладно (холодовой дискомфорт)	умеренная
0... минус 12	холодно	
минус 12... минус 24	очень холодно	сильная угроза обмороживания
минус 24... минус 30	крайне холодно	очень сильная угроза обмороживания
ниже минус 30	крайне холодно	чрезвычайно высокая вероятность замерзания

Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) – показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра высчитали по следующей формуле:

$$\text{ЭЭТ} = 37 - \frac{37-t}{0,68-0,0014f+\frac{1}{1,76+1,4v^{0,75}}} - 0,29t(1 - \frac{f}{100}), \quad (2)$$

где  $t$  – температура воздуха, °С;  $f$  – относительная влажность, %;  $v$  – скорость ветра, м/с.

ЭЭТ характеризует теплоощущение человека в тени, или теплоощущение одетого человека. Этот показатель хорошо подходит для диапазона тепла, удовлетворительно – для диапазона охлаждения, а для диапазона холода его можно рассматривать в качестве предположительного критерия. Для большей части людей комфортными являются температура воздуха 22,0...23,0 °С и относительная влажность 56 %, что близко к 18° ЭЭТ. В зависимости от величин ЭЭТ выделяют зону охлаждения (1...17 °С), комфорта (17...21 °С) и нагревания (выше 21 °С).

Радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ) [13]:

$$РЭЭТ = 125 \lg [1 + 0,02t + 0,001(t - 8)(f - 60) - 0,45(33 - t) \sqrt{v + 185B}], \quad (4)$$

где  $t$  – температура воздуха, °С;  $f$  – относительная влажность воздуха, %;  $v$  – скорость ветра, м/с;  $B$  – поглощенная поверхностью солнечная радиация, кВт/м<sup>2</sup>.

РЭЭТ также можно рассчитать по формуле [5]:

$$РЭЭТ = 0,83ЭЭТ + 12. \quad (5)$$

РЭЭТ характеризуется как самый информативный индекс: дискомфорт – при РЭЭТ менее 17 °С; субкомфорт – при РЭЭТ в диапазоне 17...21 °С; комфорт – при РЭЭТ в диапазоне 21...27 °С; субкомфорт – при РЭЭТ в диапазоне 27...32°С; дискомфорт при РЭЭТ более 32°С.

Нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ) [2]: показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра для одетого человека, рассчитан по формуле:

$$НЭЭТ = 0,8ЭЭТ + 7 \quad (6)$$

По НЭЭТ зона комфорта существует для раздетого человека в пределах 17,2...21,7 и для одетого – в пределах 16,7...20,6. Ниже и выше этих пределов означает холод или жару.

Степень благоприятности климатических условий теплого периода на Сибирских озерах оценивалось по данным летних месяцев с июня по август, с помощью ЭТ, ЭЭТ, РЭЭТ и НЭЭТ (табл. 5).

Таблица 5

Значения летних биоклиматических индексов Сибирских озер

Месяц	ЭТ	ЭЭТ	РЭЭТ	НЭЭТ	ЭТ	РЭЭТ	НЭЭТ
Июнь	20,3	14,2	23,7	18,3	комфортно-теплый	комфорт	комфорт
Июль	19,5	14,9	23,8	18,9	комфортно-теплый	комфорт	комфорт
Август	18,0	14,8	24,2	18,8	комфортно-теплый	комфорт	комфорт

Район Сибирских озер в летнее время оценивается по значениям ЭТ как комфортно-теплый, по значениям РЭЭТ и НЭЭТ – комфортный. По характеристике термического режима Севастьяновой С.А. район Сибирских озер по ЭЭТ (14...15) и продолжительности купального сезона (60...65 дней) относится к тренирующему режиму воздействия (табл. 3). Климатические условия в летнее время года благоприятны для активной рекреационной деятельности. Такие условия позволяют совершать экскурсии,

прогулки, оказывать содействие оздоровлению организма и более благоприятному восприятию рекреационных объектов.

Степень благоприятности климатических условий холодного периода года была оценена по метеорологическим данным зимних месяцев, как самого холодного периода в году. Для этого были использованы ЭТ и S (табл. 6).

Индекс суровости (S) рассчитаны по Бодману [1]:

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v), \quad (7)$$

где S – индекс суровости, баллы, t – температура воздуха, °С, v – скорость ветра, м/с.

Для оценки суровости зимы используются следующие критерии по S: при S = 1 – зима не суровая, мягкая; при S = 1...2 зима характеризуется как мало суровая; при S = 2...3 как умеренно суровая; при S = 3...4 как суровая; при S = 4...5 как очень суровая; при S = 5...6 как жестко суровая; при S > 6 как крайне суровая.

Климат Сибирских озер по значениям ЭТ оценивается в декабре и январе как очень холодный, в феврале как холодный. По значениям суровости (S) декабрь и январь оценивается как умеренно-суровые, февраль как мало суровый (табл.6).

Таблица 6

Значения зимних биоклиматических индексов Сибирских озер

Месяц	ЭТ	S	ЭТ	S
Декабрь	-14,4	2,2	очень холодно	умеренно суровая
Январь	-17,6	2,8	очень холодно	умеренно суровая
Февраль	-11,7	1,8	холодно	мало суровая

Таким образом, по значениям биоклиматических индексов можно заключить, что для рекреационных целей климат Сибирских озер характеризуется летом как комфортный, а зимой – как умеренно суровый.

По данным МС Усть-Каменогорск средняя продолжительность безморозного периода составляет 125 дней. По продолжительности безморозного периода согласно Севастьяновой С.А. температурный режим также относится к тренирующему режиму воздействия (табл. 3).

Континентальность климата (k) была оценена по индексу Л. Горчинского [17]. Годовой размах температуры воздуха ( $At_{год}$ ), определяющийся как разность температур самого теплого и холодного месяцев, по территории Сибирских озер составляет 43,5 °С.

По данному индексу: в мягком морском климате  $k < 20$ ,

$k = 20,1 \dots 30\%$  в умеренно морском;  $k = 30,1 \dots 50\%$  в умеренно континентальном;  $k = 50,1 \dots 70\%$  в континентальном;  $k = 70,1 \dots 90\%$  в резко континентальном;  $k > 90\%$  в сильно континентальном климате (в Верхоянске  $k = 100\%$ ). По территории Сибирских озер индекс континентальности равен 76,9 и соответственно климат является резко континентальным.

*Ветровой режим.* Среднемесячные скорости ветра изменяются от 1,7 до 2,3 м/с. В центральных районах нагорья она несколько выше. Внутри года более значительные скорости ветра отмечаются в осенне-зимние и весенние месяцы с максимумом в январе и в мае – до 3,1 м/с. Перепады давления летом меньше, чем зимой, поэтому наблюдаются слабые скорости ветра [8]. Зимой преобладают юго-восточные ветры из континентальных умеренных широт. С юго-востока проникают циклоны, тогда устанавливается погода со снегопадами и метелями (табл. 7).

Таблица 7

Повторяемость направлений ветра и штилей, %

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Январь	5	3	15	32	14	7	10	14	55
Февраль	5	4	13	28	12	9	15	14	56
Март	6	4	11	20	10	10	20	19	54
Апрель	12	6	15	18	7	8	15	19	35
Май	9	4	12	18	10	12	17	18	31
Июнь	13	7	14	17	6	8	14	21	36
Июль	14	10	17	14	6	6	12	21	39
Август	12	7	14	13	6	7	18	23	42
Сентябрь	8	4	13	17	8	11	19	20	43
Октябрь	3	3	16	27	13	10	16	12	40
Ноябрь	3	3	18	28	13	10	14	11	44
Декабрь	4	4	16	34	12	6	12	12	53
Год	8	5	15	21	10	9	15	17	44

Летом, весной и осенью преобладают западные и северо-западные ветры, которые приносят континентальный воздух умеренных широт. С юго-востока поступает воздух, приносящий суховеи и засуху.

Важной характеристикой климата являются *атмосферные осадки*. Годовое количество осадков изучаемой территории по станции Усть-Каме-ногорск составляет 557,1 мм, а среднемноголетняя годовая сумма осадков – 542 мм. Распределение осадков неравномерное. На наветренных склонах гор с высотами 1000 м и более за год осадков выпадает 600...800 мм. В районе Синегорской пихтовой рощи их годовое количество достигает 800...1000 мм.

В предгорьях и котловинах с сухостепными ландшафтами за год выпадает всего 300...400 мм осадков [8]. В летний период имеет значение не количество самих осадков, а повторяемость дождливых погод, которые препятствуют туристским занятиям. Зимой по продолжительности залегания снежного покрова определяют пригодность территории к занятиям зимними видами туризма, в частности – катанием на лыжах, санках. На территории Сибирских озер выпадает порядка 350 мм осадков в год в виде снега.

Территория Сибирских озер характеризуется неравномерностью выпадения осадков в течение года (табл. 3). Влага на Калбинский хребет приносится в основном западными и юго-западными потоками, поэтому на наветренных склонах высота снега составляет 1,5...2 раза больше, чем на северо-восточных. Мощность снежного покрова увеличивается с высотой, а его распределение тесно связано с экспозицией склонов и характером растительности. Средняя мощность снежного покрова на побережье Сибирских озер составляет 40...50 см, а в окрестностях, где развита горнокустарниковая степь, до 50...100 см, в открытой горной степи – до 5...10 см. Максимальная высота снега была отмечены в логах юго-западной экспозиции и достигает до 2...3 метров. Такое распределение снега связано с развитием метелевой деятельности. За зиму отмечается до 20...25 дней с метелями. В результате ветровой деятельности в отдельные годы сплошной снежный покров может существовать лишь на 30...40 % территории, что затрудняет развитие зимнего туризма, в частности – катание на лыжах [9].

По данным МС Усть-Каменогорск, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 147 дней. Высота снежного покрова наибольших значений достигает в конце февраля и изменяется от 44...47 см (табл. 8), в отдельные годы колеблется в больших пределах от 70 см до 100 см, а иногда на открытой местности снега не бывает совсем, так как снег выдувается ветрами.

Таблица 8

Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке h, см

Месяц	X			XI			XII			I			II			III			IV		
Декада	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	
h, см	3	6	10	14	18	24	29	33	37	40	44	46	47	47	43	32	19				

*Период, благоприятный для зимнего отдыха, устанавливается в декабре, когда среднемесячная температура достигает минус 13,3 °С, но не опускается ниже минус 25 °С. Территория Сибирских озер расположена в*

пределах одного из самых благоприятных для организации зимних видов отдыха. Характер снежного покрова предопределяет возможность организации зимних туристско-рекреационных занятий, в частности катание на лыжах и санках. Для этого необходимо прокладывать спортивные лыжные трассы, разбивать их на участки, оборудовать снежные горки.

Средняя дата образования устойчивого снежного покрова колеблется от 1 ноября до 12 ноября (самая поздняя – 17 декабря). Высота снежного покрова на зиму в среднем составляет 50...60 см. Распределение снега по территории определяется характером рельефа. На наветренных западных и юго-западных склонах гор высота снега в 1,5...2 раза больше, чем на подветренных северо-восточных и даже юго-восточных. В горной кустарниковой степи высота снега может достигать 50...100 см, в сосново-березовых колках и сосновых лесах – от 80 до 100 см.

В закрытых котловинах на высотах 600...800 м снежный покров не превышает 30...35 см. На открытых участках горной степи чаще всего его высота составляет 5...10 см. В логах юго-западной и западной экспозиции она может достигать 2...3 м, чему способствует метелевый перенос. Число дней с метелями в районе озер может достигать 20 при скоростях ветра до 10...13 м/с [8].

Итак, согласно методике С.А. Севастьяновой по медико-климатическим характеристикам действие термического режима на территории Сибирских озер следует отнести к тренирующему воздействию на организм человека.

Оценку рекреационного потенциала Сибирских озер мы также проводили по методике Л.Н. Деркачевой, согласно которой выделяются комфортные, субкомфортные и дискомфортные климатические условия (табл. 9) [6].

Таблица 9

Матрица для определения уровня комфортности климата территории для целей рекреации (по Л.Н. Деркачевой)

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Высота снежного покрова, см	Тип климата для рекреации
Летняя рекреация				
15...25	30...100	менее 3	-	комфортный
15, 25...30	30...80	более 3	-	субкомфортный
Зимняя рекреация				
0...минус 10	60...70	менее 4	30...40	комфортный
0...минус 15	60...70	4...7	40...60	субкомфортный

Используя климатические параметры, нами была составлена таблица уровня комфортности Сибирских озер на основе матрицы Л.Н. Деркачевой (табл. 10).

В летние месяцы на Сибирских озёрах благоприятный температурный режим и влажность воздуха, отсутствие ветра создают комфортные условия для отдыха. Для зимней рекреации более комфортным является декабрь, январь-февраль характеризуются как субкомфортные.

Таблица 10

Уровень комфортности климатических условий Сибирских озер

Месяц	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Высота снежного покрова, см	Тип климата для рекреации
Летняя рекреация					
Июнь – август	18,0...20,6	30...100	1...2	-	комфортный
Зимняя рекреация					
Декабрь	-13,3	60...70	до 3	30...40	комфортный
Январь – февраль	-21,0...-22,9	60...70		50...60	субкомфортный

**Заключение.** Климат территории Сибирских озер является резко континентальным. Биоклиматическое воздействие на отдыхающих на территории Сибирских озер по инсоляционному и термическому режиму относится к тренирующему воздействию на организм человека. Для Сибирских озёр характерно благоприятное сочетание температурного режима и влажности воздуха, низкие скорости ветра, что создает в летние месяцы комфортные условия. Степень благоприятности климатических условий теплого периода на Сибирских озерах оценивается по значениям ЭТ как комфортно-теплые, по значениям РЭЭТ и НЭЭТ – как комфортные. Декабрь месяц оценивается по значениям ЭТ как холодный, январь и февраль – очень холодные. По значениям суровости (S) декабрь и январь оцениваются как умеренно-суровые, февраль – как суровый. Зимой ясная, солнечная и умеренно-морозная погода, достаточное количество снега дают возможность заниматься активными видами зимнего спорта. Таким образом, по значениям биоклиматических индексов можно заключить, что для рекреационных целей климат Сибирских озер характеризуется летом как комфортный, а зимой – как умеренно суровый. Исследуемая территория в целом комфортна для отдыхающих и пригодна для отдыха и туризма. Кроме того, район озер обладает уникальными ландшафтными богатствами

и историческими достопримечательностями, что является основой для расширения действующих и создания новых баз отдыха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко В.Н., Хайруллин К.Ш. Оценка условий пребывания человека на открытом воздухе зимой с учетом микроклимата застройки // Труды ГГО. – 1969. – Вып. 248. – С. 74-81.
2. Бутьева И.В., Швейнова Т.Г. Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий // Комплексные биоклиматические исследования. М., 1988. – С. 97-108.
3. Весельская Н.Р., Феткулов А.Х., Кусаинова С. Правовое обеспечение туристской деятельности в Республике Казахстан: проблемы и пути их решения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 4-5. – С.67-73.
4. Виноградова В.В. Биоклиматические индексы в оценке воздействия современного потепления климата на условия жизни населения России // Известия РАН. Сер. Геогр. – 2009. – № 3. – С. 82-89.
5. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии: учеб. пособие. – СПб.: изд. РГГМИ, 1993. – 90 с.
6. Деркачева, Л.Н. Методические подходы к интегральному анализу климатических условий для рекреационных целей // География и природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 41-53.
7. Егорина А.В. Агроклиматические ресурсы Восточного Казахстана // Избранные труды конференций: сборник научных статей. – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2006. – С.19-28 с.
8. Егорина А.В. Рекреационный потенциал Сибирских озер // Избранные труды конференций: сборник научных статей. – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2006. – С.231-236.
9. Егорина А.В., Дюкарев А.Д. Основные закономерности формирования снежного покрова Восточно-Казахстанской области // Избранные труды конференций: сборник научных статей. – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2006. – С.29-39.
10. Егорина А.В., Логиновская А.Н. Географические аспекты развития рекреации и туризма в Восточном Казахстане. Опыт и практика: монография. – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2016. – 280 с.
11. Климат Усть-Каменогорска (эколого-географический аспект) / под ред. Егориной А.В. – Усть-Каменогорск, 2009. – 240 с.

12. Монкаева Г.Е. Климатические условия рекреационных объектов: курортной зоны боровое, высокогорного катка «Медеу» и горнолыжного курорта «Шымбулак» // Гидрометеорология и экология. –2018. – № 3. – С.63-72.
13. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. – Томск: ТГУ, 1981. – 86 с.
14. Сапаров Қ.Т., Егорина А.В., Женсикбаева Н.Ж. Оңтүстік Алтайдың биоклиматын рекреациялық бағалау // Гидрометеорология и экология. – 2017. – № 4. – С.109-121.
15. Севастьянова, С.А. Экологический менеджмент в туризме: учебное пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2004. – С.156-158.
16. Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (Озера, водохранилища и ледники). – Алма-Ата: Наука, 1981. – 292 с.
17. Хромов С.П., Петросянец М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
18. Hounan С.Е. Meteorological factors affecting physical comfort (with special reference to Alice Springs, Australia) // International Journal of Biometeorology. – 1967. – Issue 2 – Vol. 11. – P.151-162.
19. Meade M.S., Emch M. Medical Geography. 3d ed. – New York: Guilford, 2010. – 498 p.
20. Mieczkowski Z. The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism // The Canadian Geographer. – 1985. –Issue 29(3). – P. 220-233.
21. Nazgul Zh. Zhensikbayeva, Kuat T. Saparov, Saltanat M. Kulzhanova, Emin Atasoy, Jan A. Wendt Determination of Southern Altai geography propitiousness extent for tourism development // Geojournal of Tourism and Geosites. – 2017. – Vol. 20. – Issue 10(2). – P. 158-164.
22. Perry A.H. Weather, climate and tourism // Weather. – 1972. – Vol. 27. – Issue 5. – P. 199-203.

Поступила 11.01.2019

	Т.Н. Самарханов
Геогр. ғылымд. докторы	А.В. Егорина
Биол. ғылымд. докторы	А.Б. Мырзағалиева
Геогр. ғылымд. докторы	Қ.Т. Сапаров

## КЛИМАТ ФАКТОРЛАРЫ СІБЕ КӨЛДЕРІНІҢ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТІН БАҒАЛАУ КОМПОНЕНТІ РЕТІНДЕ

**Түйін сөздер:** климат, рекреация, Сібе көлдері, туристік-рекреациялық мүмкіндік, биоклиматтық индекс, туризм

*Сібе көлдерінің климаттық-рекреациялық мүмкіндігі зерттелген. Жұмыс барысында Сібе көлінің туризм жағынан дамуы үшін метеорологиялық деректерге талдау жүргізілді және климатының жайлылық дәрежесі анықталды. Климаттық аймақтың қалыптасуына: күн радиациясы, атмосфераның айналымы, аумақтың теңіздер мен мұхиттардан алыстығы және де аймақтың рельефінің сипаты ерекше әсер етеді. Медициналық-климаттық сипаттамалар бойынша Сібе көлдерінің аумағындағы термиялық режимнің әсерін, ылғалдылық пен жауын-шашын режимін адам ағзасына жаттықтырушы жағдайда әсер етуіне жатқызуға болады. Биоклиматтық индекстердің мәні бойынша рекреациялық мақсаттар үшін Сібе көлдерінің климаты жазда жайлы, ал қыста - орташа қатал деп сипатталады. Жылдың барлық мезгілдері зерттелінген аймақтарда демалу мен туризм үшін жарамды.*

T.N. Samarkhanov, A.V. Egorina, A.B. Myrzagaliyeva, K.T. Saparov

### CLIMATIC FACTORS AS A COMPONENT OF ASSESSMENT RECREATIONAL POTENTIAL OF THE SIBINY LAKES

**Key words:** climate, recreation, Sibiny lakes, tourist and recreational potential, bioclimatic index, tourism

*The paper studies the climatic and recreational potential of the Sibiny lakes. Meteorological data are analyzed and the degree of comfort of the Sibiny lakes' climate for development of tourism in the region is determined. Solar radiation, atmospheric circulation, remoteness of the territory from the seas and oceans, and the relief of the territory plays important role in the formation of the territories' climate. According to the medical-climatic characteristics, the effect of the thermal regime, the regime of humidity and precipitation on the territory of the Sibiny Lakes can have training impact on the human body. For recreational purposes, based on values of bioclimatic indices, it can be concluded that the climate of the Sibiny Lakes is characterized as comfortable in summer and moderately severe in winter. The study area is suitable for recreation and tourism all year round.*

---

УДК 504.453; 004.94; 61 4.87

Доктор геогр. наук

Ф.Ж. Акиянова<sup>1</sup>

Е.М. Каракулов<sup>1</sup>

Н.Б. Зинабдин<sup>1</sup>

Канд. с.-х. наук

Н.И. Васильченко<sup>2</sup>

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОСКОСТНОЙ ЭРОЗИИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** плоскостная эрозия, факторы развития эрозии, цифровая модель рельефа, Акмолинская область, Казахстан.

*В статье изложены результаты количественной оценки эрозионных процессов на примере активно осваиваемых территорий крупного зерносеющего региона Казахстана – Акмолинской области. Впервые для оценки и картографирования эрозионных процессов, наряду с анализом значительного массива климатических и почвенных данных, полевых исследований, использованы геоинформационные технологии и данные дистанционного зондирования Земли. В результате создана «Карта плоскостной эрозии территории Акмолинской области» с количественными показателями эрозионных процессов. Для большей части территории области характерны значения плоскостного смыва до 0,5 т/га в год, а для обрабатываемых склонов волнистых и увалистых водораздельных равнин, обрамляющих низкогорно-мелкосопочные массивы, характерно увеличение показателя до 13,2 т/га в год. В связи с тем, что процессами плоскостной эрозии выносятся наиболее ценный верхний слой почв, получение количественных параметров развития процесса имеет большое практическое значение. Результаты должны быть учтены при освоении земель и обустройстве противоэрозионной защиты почв.*

---

<sup>1</sup>Институт географии и природопользования Международного научного комплекса «Астана», г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> Департамент земельного кадастра и технического обследования недвижимости, Филиал НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» по г. Нур-Султан

**Введение.** Территория Акмолинской области по морфогенетической классификации И.П. Герасимова [8] относится к Центрально-Казахстанскому мелкосопочнику. Рельеф представлен мелкосопочными останцовыми возвышенностями с древними поверхностями выравнивания. Большую часть области занимают денудационные равнины зоны умеренного пояса с годовым количеством осадков 250...400 мм [10-11]. К этой области приурочено более половины всех посевных площадей Казахстана.

В структуре земельного фонда области на 01.11.2018 г. земли сельскохозяйственного назначения занимают наибольший удельный вес – 74,1 % (10828,8 тыс. га), из которых 54,9 % заняты пашней, 41 % – пастбищами, остальные залежью, сенокосами и многолетними насаждениями [13]. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (МСХ РК) на территории республики *эрозия почв*, наряду с ее дегумификацией, являются наиболее распространенным видом деградации почв. Связано это в том числе и с происходящими на значительной площади Акмолинской области процессами плоскостного смыва [1]. Плоскостная эрозия приводит к разрушению и переносу верхнего слоя почвы, потере гумусового слоя, формированию различных форм линейной эрозии, и, как следствие, снижению плодородия и деградация земель, риску развития овражной эрозии и выводу земель из сельскохозяйственного оборота.

Анализ качественного состояния сельскохозяйственных угодий области, в том числе и пашни, свидетельствует об усилении воздействия эрозионных процессов. Территория Акмолинской области, наряду с территориями Туркестанской и Восточно-Казахстанской областей, относится к региону с наибольшими площадями смытых почв в составе пашни [13]. Мощность верхнего горизонта, по результатам исследований мониторинговых площадок в пределах Акмолинской области, уменьшилась на 25 % и более, а содержание гумуса в горизонте (А) уменьшилось на 10...30 % [1]. Как следствие, можно считать данные Комитета РК по статистике о снижении роли сельского, лесного и рыбного хозяйства в валовом региональном продукте Акмолинской области за рассматриваемый период до 15,8 % [4]. И это с учетом того, что площадь пашни за последние 13 лет увеличилась на 15,7 %.

Таким образом, количественная оценка эрозионных процессов методами дистанционного зондирования, которую можно сопровождать полевыми замерами только на ключевых участках, становится одной из актуаль-

ных как для региона, так и для Казахстана в целом. При этом широкому использованию методов обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли в картографических, оценочных и мониторинговых исследованиях способствует наличие в свободном доступе космических снимков различной разрешающей способности и достаточной временной повторяемости, имеющих архив данных [16, 19, 25].

**Методы, исходные данные и основные результаты исследования.** Для оценки параметров развития эрозионных процессов применены методы количественной оценки анализа цифровой модели рельефа Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [25]. Обработка пространственных данных проведена в специализированных модулях программного обеспечения ArcGIS 10.6. и ENVI 5.4.

Для определения территорий, подверженных эрозионным процессам, использовано универсальное уравнение “потери почвы”, разработанное W.H. Wischmeier, D.D. Smith в 1978 г. [26]:

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

где  $A$  – прогнозируемая расчетная величина среднегодовой эрозии почвы в тоннах на единицу площади;  $R$  – осадки за теплый период года и за год (с учетом таяния снега), в мм;  $K$  – коэффициент эрозионного потенциала почвы (тип, структура и текстура почв);  $LS$  – длина и углы наклона рельефа;  $C$  – проективное покрытие или биомасса растительности;  $P$  – применяемые противоэрозионные мероприятия, типы обработки земель.

Уравнение было составлено для района, расположенного восточнее Скалистых гор (США), но применялось и для территорий других стран с некоторыми изменениями и дополнениями [18, 22].

*Определение количества осадков (Factor-R).* Factor-R, по данным W.H. Wischmeter и D.D. Smith, учитывает максимальный объем дождя за 30 минут [26]. В связи с тем, что получение достаточного количества данных по кинетической энергии дождя вызывает затруднение, для определения Factor-R принят расчет на основе среднего количества осадков в год [16] по уравнению 2:

$$R = 0,548257 \cdot P - 59,9, \quad (2)$$

где  $P$  – средние за год осадки, мм/год.

Для расчета Factor-R использованы данные РГП “Казгидромет” по среднемноголетним осадкам за год и за теплый период года с 1980 по

2014 гг. по 12 метеостанциям Акмолинской области и данные из открытых источников по 2018 г. [7, 9]. Для более точной экстраполяции параметров в пределах границ исследуемой территории использованы также данные 52 метеостанций соседних областей. В результате обработки данных по осадкам в модуле Spatial Analyst программы ArcGIS 10.6 получено растровое изображение с численными значениями показателя для каждого пикселя площадью в 1 км<sup>2</sup> по среднегодовому годовому и среднегодовому за теплый период года (апрель-октябрь). В дальнейшем для расчетов осадков возможно применение стандартизированного индекса осадков, который может рассматривать распределение осадков за любой временной период и применяться также для выявления увлажненности территорий [3, 23].

*Эрозионный потенциал почвы (Factor-K).* Коэффициент эрозионного потенциала почвы зависит от типа, структуры и текстуры почвы, в т. ч. ее гранулометрического состава и наличия органических веществ. Для расчета коэффициента (*K*) использована формула 3 [26]:

$$K=2,73 \cdot 10^{-6} M^{1,14}(12-OM)+3,25 \cdot 10^{-2}(S-2)+2,5^{-2}(p-3), \quad (3)$$

где *M* – текстура верхнего 15 см слоя почвы; *OM* – содержание органического вещества в %; *S* – структура почвы; *p* – класс проницаемости почвы.

Показатель текстуры верхнего 15 см слоя почвы (*M*) рассчитывается в процентах с помощью уравнения на основании размерности частиц почвы в процентах:

$$M = [(100 - A_c) \cdot C \cdot (L + A_{mf})], \quad (4)$$

где *A<sub>c</sub>* – содержание в почве глины (<0,002 мм), в %; *L* – содержание в почве ила (0,002...0,05 мм), в %; *A<sub>mf</sub>* – содержание в почве мелкого песка (0,05...0,1 мм) [20].

Для расчета коэффициента эрозионного потенциала почв использованы данные карты эрозионных процессов и карты типов почв Акмолинской области в масштабе 1:500000. Показатели по текстуре, механическому составу и содержанию органических веществ в почвах взяты из данных Научно-производственного Центра земельного кадастра Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по 137 стационарным мониторинговым экологическим площадкам почв Акмолинской области и 69 площадкам прилегающих областей за 2015 г.

*Расчет показателей длины и углов наклона рельефа (Factor-LS).* Длина ( $L$ ) и углы наклона склонов ( $S$ ) существенно влияют на скорость развития эрозии почв и являются одними из основных показателей, определяющих потенциал развития эрозионных процессов. Показатель определяется по формуле 5 [26]:

$$LS = (\lambda / 22,13)^m \cdot (65,41 \sin^2 \theta + 4,56 \sin \theta + 0,065), \quad (5)$$

где  $\lambda$  – длина склона;  $\theta$  – угол склона;  $m$  – равен 0,5, если угол склона равен 5 или больше, 0,4 – если угол склона 3,5...4,5, 0,3 – если угол склона 1...3, 0,2 – если угол склона меньше 1 % [24].

Для определения длины и углов наклона склонов в пределах территории Акмолинской области за основу взята цифровая модель рельефа (SRTM) [25].

*Показатель биомассы и проективного покрытия растительного покрова (Factor-C).* При определении значений индекса NDVI (нормализованный дифференциальный вегетационный индекс) использованы космические снимки со спутника TERRA с разрешающей способностью 500 м за период 2010...2018 гг. с наиболее низким процентом облачности [25]. Индекс рассчитан по формуле NDVI [17], в которой используются каналы диапазона красный (620...670 нм) и ближний инфракрасный (841...876 нм):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R), \quad (6)$$

где  $NIR$  – отражение в ближней инфракрасной области спектра;  $R$  – отражение в красной области спектра.

На основе указанных значений  $NDVI$  рассчитаны значения  $FVC$  (Fraction of Vegetation Cover):

$$FVC = (NDVI - \min NDVI) / (\max NDVI - \min NDVI) \cdot 100, \quad (7)$$

где  $NDVI$  – нормализованный относительный индекс растительности;  $\min NDVI$  – минимальное содержание растительности;  $\max NDVI$  – максимальное содержание растительности. Индекс NDVI широко применяется также и при оценке сезонной динамики состояния растительности [14].

Для вычисления коэффициента проективного покрытия растительного покрова (Factor-C) применено уравнение с логарифмированием значений  $FVC$  ( $c$ ), используя функцию регрессии [21]:

$$C = 0,6508 - 0,343 \log c, \quad (8)$$

*Фактор хозяйственной освоенности территории (Factor-P).* Введение данного коэффициента связано с тем, что эрозионный потенциал зависит от степени и типа хозяйственного освоения территории. При расчете данного коэффициента учитывается тип обработки земель, который может препятствовать или активизировать процессы смыва. Так, развитие эрозионных процессов многие исследователи связывают с использованием технологии паровых полей. В тоже время необходимо изучить и влияние применения технологии “нулевой” обработки на развитие эрозионных процессов.

**Результаты исследований.** *Фактор эрозионного потенциала территории (Factor-R)* рассчитан и картографирован на основе среднегодовых и среднегодовых за теплый период года показателей осадков. Пространственный анализ показал увеличение среднегодовых осадков за год и за теплый период года северо-восточнее оси Астана–Атбасар (рис. 1). В целом это правобережная часть р. Есиль в пределах области, представленная в рельефе низкогорно-мелкосопочными массивами Кокшетауской возвышенности и гор Ерейментау. На этих территориях осадки в год изменяются от 300 до 381 мм, за теплый период – от 200 до 274 мм. На территориях юго-западнее оси Астана–Атбасар осадки за год уменьшаются от 300 до 245 мм, за теплый период года от 200 до 157 мм. Выделяются три района с максимальными (с. Новоникольское, г. Акколь, г. Ерейментау) значениями осадков, которые по данному показателю имеют высокий потенциал развития эрозионных процессов и два района с минимальными значениями (с. Западное, с. Каскатау).

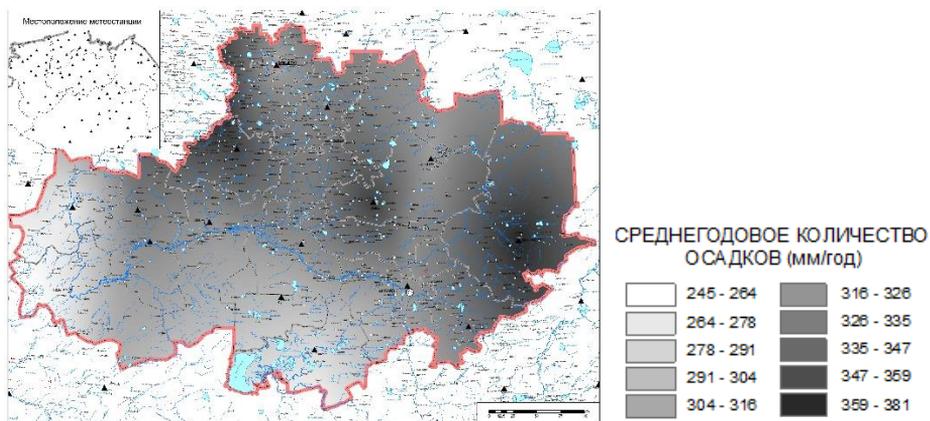


Рис. 1. Карта среднегодовых значений осадков (*Factor-R*), мм/год.

Коэффициент эрозионного потенциала почвы (*Factor-K*) рассчитан для каждой из 206 площадок, на основании которых создана карта. В связи с тем, что некоторые территории области оказались мало охваченными мониторинговыми наблюдениями, для них были введены дополнительные значения в соответствии с типами почв, определенных по почвенной карте, а также результаты исследований физических и биохимических свойств почв региона по отдельным территориям [12]. Полученные значения показателей интерполированы на основе применения метода “естественной окрестности” в наборе инструментов *Spatial Analyst*. В результате для каждого пикселя карты, равного 1 км<sup>2</sup>, определен коэффициент эрозионного потенциала почвы (рис. 2). Показатели варьируют от -0,145 до 1,217. Анализ свидетельствует об увеличении эрозионного потенциала почв на крайнем северо-западе, западе и юге Акмолинской области до 1...1,2. Уменьшение значения показателя до -0,14 наблюдается в восточной и юго-восточной частях региона. Кроме того, в центральной и южной частях области наблюдается значительная дифференциация показателей с наличием нескольких районов с максимальными и минимальными значениями показателя. Это связано с довольно резкой сменой почвенных разностей и их механического состава в пределах интразональных типов почв речных долин и многочисленных озерных понижений.

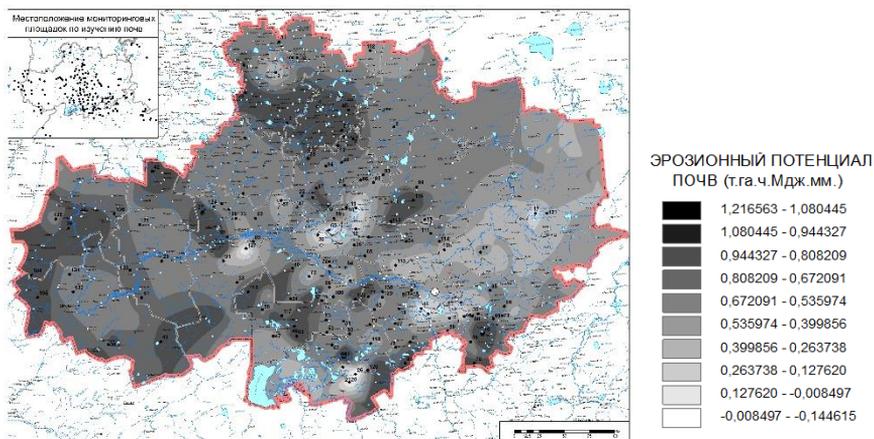


Рис. 2. Карта эрозионного потенциала почв (*Factor-K*).

Расчет показателей длины и углов наклона рельефа (*Factor-LS*). Результат обработки данных в наборе инструментов *Spatial Analyst* для каждого пикселя позволил создать карту с отображением территорий с различным соотношением длины и крутизны склонов. Карта с дифференциацией

территории по данным показателям явилась основой для выделения речных бассейнов различных порядков (рис. 3). Для более корректного выделения бассейнов и водотоков цифровая модель прошла предварительную обработку [15] с корректировкой погрешностей и получением исправленного растрового изображения территории области. Далее были определены направление стока [15] и суммарный сток для каждой ячейки раstra, как суммарного веса всех ячеек, впадающих в каждую ячейку вниз по склону выходного раstra.

На карте показаны территории с наименьшими значениями (до 0,001), характерные для выположенных водораздельных территорий, речных и озерных террас. Наибольшие значения (от 15,4 до 28,1) характерны для склонов низкогорных массивов и мелкосопочника, для которых эрозионный потенциал наиболее высок.

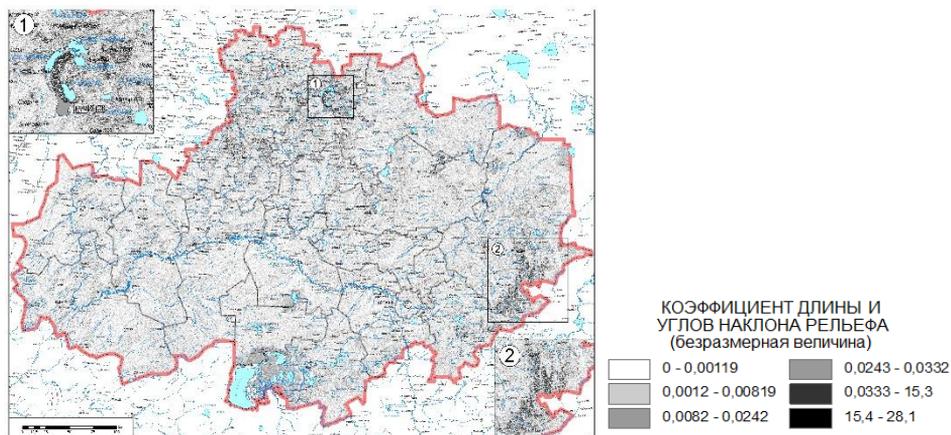


Рис. 3. Карта соотношения длины и углов наклона рельефа (*Factor-LS*).

В программном комплексе ArcGis 10.6 были вычислены площади классифицированных территорий (табл. 1.). Анализ свидетельствует о том, что для большей части территории области характерны значения коэффициента до 0,00819 (88,6 %).

Для определения биомассы и проективного покрытия растительного покрова (*Factor-C*) рассчитаны показатели максимального, минимального и среднего содержания биомассы растительности. Получены растровые изображения с показателями содержания биомассы растительного покрова по территории Акмолинской области.

Таблица 1

Площади территорий по соотношению длины и крутизны склонов

Градации	Площадь, км <sup>2</sup>	Площадь, %
0...0,00119	82963,25	57,2
0,00119...0,00819	45580,02	31,4
0,00819...0,0242	12585,35	8,7
0,0242...0,0332	1460,65	1,0
0,0332...15,3	2510,40	1,7
15,3...28,1	0,30	0,0002

Анализ показателя проективного покрытия растительного покрова (Factor-C) на карте (рис. 4) и по табл. 2 с площадными характеристиками показывают, что наибольшие значения проективного покрытия растительности характерны для лесного фонда, приуроченного к низкогорно-мелкосопочным массивам (4,5 % территории) и долинам рек (тугайные заросли) примерно для одной трети территории. Наименьшие характеристики – для водораздельных поверхностей денудационных равнин в западной части области.

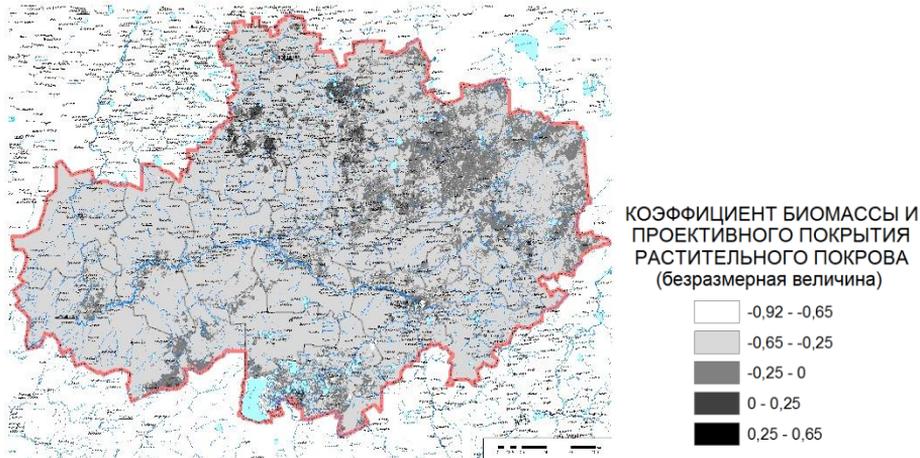


Рис. 4. Карта наличия растительного покрова, Factor-C.

Известно, что интенсивность смыва почв при высоком проективном покрытии поверхности растительностью не превышает 0,2...0,5 мм/год [24]. Даже на склонах с уклонами свыше 10° смыв наблюдается только при снижении проективного покрытия почвы до 50 % [5].

Таблица 2

Площади распространения различных значений проективного  
покрытия растительности по территории области

Градации	Площадь, км <sup>2</sup>	Площадь, %
-3,6...-0,747	589,45	0,4
-0,747...-0,678	98,31	0,07
-0,678...-0,61	248,36	0,2
-0,61...-0,542	4909,89	3,4
-0,542...-0,473	22342,53	15,4
-0,473...-0,405	30234,24	20,9
-0,405...-0,337	29426,70	20,4
-0,337...-0,268	25571,00	17,7
-0,268...-0,2	16343,47	11,3
-0,2...-0,132	7993,03	5,5
-0,132...-0,0632	3461,59	2,4
-0,0632...0,00514	1570,23	1,09
0,00514...0,587	1631,84	1,1

**Фактор хозяйственной освоенности территории (Factor-P).**

Наибольшее воздействие процессы плоскостного смыва оказывают на распаханые территории, особенно при использовании технологии парового поля. Здесь на сток талых и дождевых вод оказывают влияние нарезка и ориентация полей, экспозиция склонов, которые изучались на основе актуальных снимков Landsat-8 за 2018 г. При этом развиваются процессы плоскостного смыва, мелкоструйчатого размыва, на некоторых территориях и оврагообразования.

**Выводы.** Рельеф и формирующие его процессы являются одними из базовых компонентов природной среды, определяющих особенности хозяйственной организации территории и типы ее функционального использования. Поверхностная склоновая эрозия почв одно из самых экологически значимых, имеющих не только экологические, экономические, но и социальные последствия [6]. В соответствии с этим, изучены, рассчитаны и картографированы с применением геоинформационных технологий, актуальных космических снимков и массива мониторинговых данных основные факторы, влияющие на развитие эрозионных процессов Акмолинской области: осадки за год (Factor-R), эрозионный потенциал почвы (Factor-K), углы

наклона и длина склонов (Factor-LS), проективное покрытие растительности (Factor-C), а также степень хозяйственного освоения территории (Factor-P).

Основные расчеты проведены с использованием цифровой модели рельефа SRTM, космических снимков TERRA и Landsat-8 за лето-осень 2018 г. Для оценки значений и картографирования территорий, подверженных эрозионным процессам, использовано универсальное уравнение W. Wischmeier и D. Smith. На основе проведенных расчетов, с множеством изученных показателей, получены значения среднегодовой плоскостной эрозии почвы в тоннах на единицу площади с точностью для каждого пикселя, которые отражены на заключительной карте (рис. 5).

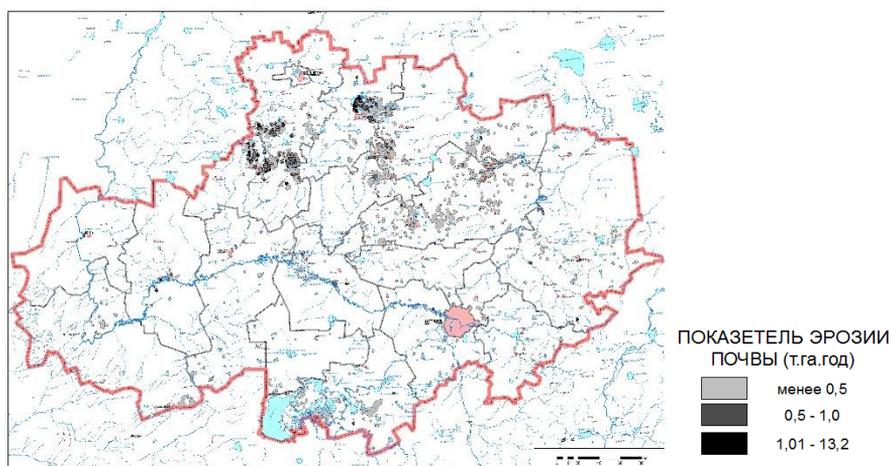


Рис. 5. Карта расчетной величины плоскостной эрозии по территории Акмолинской области, Factor-A, т/га в год.

Для оценки и картографирования воздействия хозяйственной освоенности территории на развитие эрозионных процессов, проведено районирование территории области по типу землепользования на основе космических снимков Landsat-8 (июль-сентябрь 2018 г.). При этом с *высоким* эрозионным потенциалом определены территории пашни и заселенные территории, *средним* – территории пастбищ, *низким* – территории сенокосов и лесного фонда. Результаты отражены на карте типов хозяйственного освоения (рис. 6).

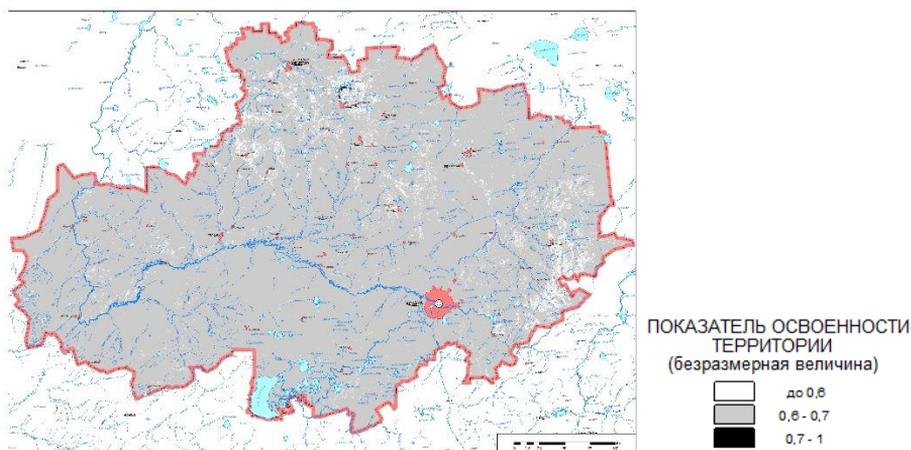


Рис. 6. Карта хозяйственной освоенности территории (Factor-P).

За период с 2000...2010 гг. произошло увеличение доли слабо смытых и среднесмытых почв области, а некоторое уменьшение доли сильносмытых почв связано с их переходом в состав прочих земель – менее эродлируемых за счет процессов пролювиальной аккумуляции.

В то же время площади смытой пашни, по данным МСХ РК, остались на прежнем уровне. Скорее всего, это связано с тем, что последний мониторинг качественной оценки земель проводился в 2010 г.

Анализ карты свидетельствует о том, что для большей части территории области характерны процессы аллювиально-пролювиальной и озерно-аллювиальной аккумуляции. Менее чем на 7 % территории области плоскостная эрозия не превышает 0,5 тонны с гектара в год. Наиболее активно плоскостная эрозия проявляется на отдельных участках склонов Зерендинского, Бурабайского, Сандыктауского и Ерейментауского низкогорно-мелкосопочных массивов и обрабатываемых склонах волнистых и увалистых водораздельных равнин. В пределах Астанинской агломерации наибольшая активность процессов плоскостного смыва характерна для западной части Аккольского, юго-западной части Целиноградского и юго-восточной части Аршалынского районов Акмолинской области.

Таким образом, применение новейших геоинформационных технологий в оценке и визуализации сложного многофакторного процесса, позволило, на основе обработки большого массива данных, получить количественные параметры высокой детальности. Полученные результаты могут стать основой для выработки комплекса превентивных противоэрозионных мероприятий в регионе.

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке ГУ «Комитет науки» Министерства образования и науки Республики Казахстан (программа ИРН №АР05136087).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона // Материалы Международной конференции “Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития”. Том 1. Улан-Батор (Монголия), 8-11 сентября 2015 г. – Улан-Батор, 2015. – С. 372-376.
2. Голосов В.Н., Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. – М.: ГЕОС, 2006. – 296 с.
3. Кожакметов П.Ж., Искаков Е.А., Байбазаров Д.К. Использование стандартизированного индекса осадков (СИО) для выявления засух в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 1. – С.22-31.
4. Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: <http://stat.gov.kz/> (дата обращения: 12.03.2019).
5. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.
6. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
7. Погода и климат. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodai-klimat.ru/> (дата обращения: 2.03.2019).
8. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан / Отв. ред. И.П. Герасимов. М.: Наука, 1969. – 482 с.
9. Расписание погоды. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rp5.kz/> (дата обращения: 2.03.2019).
10. Республика Казахстан. Охрана окружающей среды и экология. Т. 3 / Под ред. А.Р. Медеу. 2-е изд. Алматы: «Print-S», 2010. – 520 с.
11. Республика Казахстан. Природные условия и ресурсы. Т. 1 / Под ред. А.Р. Медеу. 2-е изд. Алматы: «Print-S», 2010. – 506 с.
12. Салихов Т. К., Салихова Т. С. Биохимические свойства почвенного покрова геосистем Зерендинского сельского округа // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 3. – С. 112-118.

13. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2018 год. МНЭ РК, 2019. – С. 275.
14. Спивак Л. Ф. и др. Возможность использования спутниковых данных при оценке засушливости на территории Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 3. – С. 26-36.
15. Справочная библиотека Arcgis (Arcgis resources) [Электронный ресурс]. – URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/> (дата обращения: 22.03.2019).
16. Copernicus Open Access Hub. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sci-hub.copernicus.eu> (дата обращения: 15.02.2019).
17. Deering D. W. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors // Ph. D Dissertation. Texas A&M University. – 1978. – 338 p.
18. Ha N. M., Van Dung N., Ngoc H. H. Application of USLE and GIS tool to predict soil erosion potential and proposal land cover solutions to reduce soil loss in Tay Nguyen // VIETNAM JOURNAL OF EARTH SCIENCES. – 2013. – Vol. 35. – № 4. – P. 403-410.
19. PlanetLab. [Электронный ресурс]. – URL: <https://planet.com> (дата обращения: 20.02.2019).
20. Rasool Imani, Hoda Ghasemieh, Mohammad Mirzavand. Determining and Mapping Soil Erodibility Factor (Case Study: Yamchi Watershed in Northwest of Iran) // Faculty of Natural Resources and Geoscience, University of Kashan, Kashan, Isfahan, Iran, Open Journal of Soil Science. – 2014. – Issue 4. – P.168-173.
21. Sarah Schönbrodt, Patrick Saumer, Thorsten Behrens, Christoph Seeber, Thomas Scholten. Assessing the USLE Crop and Management Factor C for Soil Erosion Modeling in a Large Mountainous Watershed in Central China // Journal of Earth Science. – 2010. – Vol. 21, No. 6. – P. 835–845.
22. Schönbrodt S. et al. Assessing the USLE crop and management factor C for soil erosion modeling in a large mountainous watershed in Central China // Journal of Earth Science. – 2010. – Т. 21. – № 6. – P. 835-845.
23. Svoboda M., Hayes M., Wood D. Standardized precipitation index user guide // World Meteorological Organization. – Geneva, Switzerland, 2012. – №1090. – 18 p.
24. Tiwary P., Bhattacharyya T., Mandal C., Dasgupta Dipanwita and Telpande B. Pedometric mapping of soil organic carbon loss using soil

erosion maps of Tripura // Current Science. – 2015. – Vol. 108. – № 7. – P. 1326-1339.

25. Web-приложение EarthExplorer. [Электронный ресурс]. – URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 13.02.2019).
26. Wischmeier, W. H., Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning // U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No, 1978. – 537 с.

Поступила 11.01.2019

Геогр. ғылымд. докторы

Ауыл шаруаш. ғылымд. кандидаты

Ф.Ж. Ақиянова

Е.М. Каракулов

Н.Б. Зинабдин

Н.И. Васильченко

## **АҚМОЛА ОБЛЫСЫ АУМАҒЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА ЖАЗЫҚТЫҚ ЭРОЗИЯНЫ БАҒАЛАУ ҮШІН ҚАШЫҚТЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ**

**Түйін сөздер:** жазықтық эрозия, эрозияның даму факторлары, жер бедерінің сандық моделі, Ақмола облысы, Қазақстан.

*Мақалада Қазақстанның ірі бидай егін аймағы – Ақмола облысының белсенді игерілген аумақтарының мысалында эрозиялық үдерістерді сандық бағалау нәтижелері баяндалған. Алғашқы рет эрозиялық үдерістерді бағалау және картографиялау үшін климаттық және топырақтық елеулі массив деректерін, далалық зерттеулер нәтижелерін талдаумен қатар геоақпараттық технологияларымен Жерді қашықтықтан зондау деректері пайдаланылды. Нәтижесінде эрозиялық үдерістерінің сандық көрсеткіштерімен "Ақмола облысы аумағының жазықтық эрозиясының картасы" құрылды. Облыс аумағының үлкен бөлігіне жылдық жазықтық шайындылардың көрсеткіштері 0,5 т/га дейін тән, ал толқындық су бөлу жазықтықтарының өнделетін баурайлары және төменгі таулы-ұсақ шоқ алқаптарын жиектейтін массивтер үшін көрсеткіштің жылына 13,2 т/га дейін ұлғаюы тән. Топырақтың ең құнды жоғарғы қабаты жазықтық эрозия үдерістерісімен шығарылуымен байланысты, үдерістің дамуының сандық параметрлерін алуының практикалық маңызы зор. Нәтижелер жерді игеру және топырақты эрозияға қарсы қорғауды жайластыру кезінде ескерілуі тиіс.*

F.Zh. Akiyanova, Ye.M. Karakulov, N.B. Zinabdin, N.I. Vasilchenko  
**APPLICATION OF REMOTE DATA ANALYSIS METHODS FOR THE  
ASSESSMENT OF SHEET EROSION ON THE EXAMPLE OF  
AKMOLA REGION**

**Keywords:** sheet erosion, erosion development factors, digital elevation model, Akmola Region, Kazakhstan.

*The article shows the results of a quantitative assessment of erosion processes on the example of actively developed territories of a large grain-producing region of Kazakhstan - Akmola Region. Geoinformation technologies and Earth Remote Sensing Data are first used for the assessment and mapping of the erosion processes along with the analysis of a significant array of climatic and soil data and field studies. As a result of research, the map with quantitative indicators of sheet erosion on the territory of Akmola region has been made. For most of the area minimum values of planar flushing are representative (up to 0,5 t/ha per year), the increase of this rate to 13,2 t/ha per year is typical for cultivated slopes and watershed steeply sloping plains, flanking lowland-hummocky arrays. Due to the fact that the most valuable topsoil is removed by processes of sheet erosion, obtaining quantitative parameters of the development of the process is of great practical importance. The results should be taken into account in the development of land and arrangement of soil erosion protection.*

УДК 551.583

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>

Доктор техн. наук

А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>А.М. Камалиев<sup>1</sup>

### КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА РЕКИ ШУ

**Ключевые слова:** климат, водосбор, река, бассейн, изменение, анализ, оценка, температура воздуха, атмосферные осадки, тренд

*На основе многолетних информационно-аналитических материалов «Кыргызгидромет» (Кыргызской Республики) и «Казгидромет» (Республики Казахстан) о среднегодовых температурах воздуха и осадках, охватывающих период 1930...2017 гг., выполнена оценка изменения климата, характеризующая климатический профиль территории водосборного речного бассейна р. Шу. Выявлено повышение среднегодовых температур воздуха и уменьшение атмосферных осадков.*

**Актуальность.** Обеспечение водной безопасности в Центральной Азии, где возобновляемые водные ресурсы региона формируются в горных экосистемах Тянь-Шаня и Памира за счет таяния сезонного снежного покрова и ледников, относится к глобальной проблеме изменения климата, рассмотренной в Рамочной конвенции ООН об изменении климата и принятой на «Саммите Земли» в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Изменение средообразующих или экологических функций снежно-ледового покрова в зоне формирования стока, обусловленное глобальным потеплением климата и оказывающее влияние на гидрологический режим речных бассейнов и водных ресурсов Центральной Азии, приводит резкому обострению проблемы обеспечения водой населения и отраслей экономики региона [1, 3, 8].

Среди огромного количества задач, связанных с исследованием климатического профиля водосборных речных бассейнов, центральной является проблема предсказания будущего состояния климатической системы.

---

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

**Цель исследований** – анализ уровня наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений в водосборном бассейне р. Шу для принятия эффективного решения необходимых действий по адаптации.

**Объект исследований.** Река Шу – главная река северного Кыргызстана, берущая начало в ледниках Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, образуется при слиянии рек Кочкор и Джуванарык. Общая площадь бассейна 68 тыс. км<sup>2</sup>, 57 % этой территории приходится на Кыргызстан и 43 % – на Казахстан. Главными притоками р. Шу являются р. Чон-Кемин и р. Курагаты. На равнинной территории русло реки разделяется на несколько рукавов – Гуляевские (Фурмановские) разливы, Уланбельские разливы, аккумулирующие зимний сток, и Камкалинские разливы, аккумулирующие весенний сток [6, 9].

**Материалы и методы исследований.** Для описания поведения и изменчивости метеорологических параметров, оценки линейных взаимосвязей, определения экстремальных состояний климата использованы традиционные методы математической статистики.

Таблица 1

Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосбора бассейна р. Шу [2].

Природно-климатические зоны			Метеостанция	Абсолютная высота поверхности земли, м	Административные районы
класс ландшафтов	фация	зоны увлажнения			
Горная	Элювиальная	Влажная горная	Тео-Ашуу	3090	Кеменский, Чуй-Токмаский (КР)
Предгорная	Транс-элювиальная	Засушливая горная	Байтик	1590	Чуй-Токмаский, Иссык-Атинский (КР)
Предгорная равнинная	Трансаккумулятивная	Сухая предгорная	Кордай	1145	Чуй-Токмаский, Аламундунский, Сокулукский, Московский, Жайылский, Панфиловский (КР)
			Бишкек	756	
Равнинная	Супер-аквальная Субаквальная	Очень сухая	Толе би	456	Мойынкумский, Сарыусуский (РК)
			Мойынкум	351	
			Уланбель	266	

Основными исходными данными являются ряды среднемесячной температуры воздуха и атмосферных осадков с 1931 по 2017 гг. по метеорологическим станциям, расположенным на территории водосборного бассейна трансграничной р. Шу [4, 7].

Для оценки изменения климата использован катенарный подход, который предполагает геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосборных речных бассейнов: в зоне горного класса ландшафтов (элювиальная фация), предгорного подкласса ландшафтов (трансэлювиальная фация), предгорного равнинного подкласса ландшафтов (трансаккумулятивная фация) и равнинного класса ландшафтов (супераквильная и субаквильная фация) (табл. 1) [2, 5, 10].

Таким образом, применение геоморфологической схематизации водосбора р. Шу, базирующейся на положениях стокообразования речных бассейнов, как термодинамической системы, границы которой совпадают с высотной поясностью, позволило оценить изменения климата с учетом природно-территориальных различий, выполняющих важные средообразующие или экологические функции.

**Результаты исследований.** По характеру рельефа и морфоструктурным особенностям в бассейне р. Шу можно выделить два класса ландшафтов: горный и равнинный. По особенностям дифференциации рельефа внутри горных и равнинных морфоструктур водосбора выделены природно-территориальные комплексы [2, 5]:

- горный (элювиальный) – в зоне формирования стока;
- предгорный (трансэлювиальный) – в зоне трансформации стока;
- предгорная равнина (трансаккумулятивная) – в зоне ослабления скорости трансформации и появления признаков аккумуляции стока;
- равнинный (супераквальный и субаквальный) – в зоне аккумуляции стока.

Изменение климата для заданной области, или для Земного шара в целом, характеризуется разностью между некоторыми климатическими переменными для двух заданных интервалов времени. Это изменение может считаться реальным, если оно превосходит вероятную ошибку расчета соответствующих климатических переменных, и статистически значимым, в рамках принятой стохастической модели климата (гипотезы), если оно выходит за пределы доверительного интервала, соответствующего этой гипотезе и заданному уровню значимости [11, 12].

Для оценки изменения климата, то есть климатического профиля горной (элювиальной) зоны формирования стока водосборного бассейна р. Шу использованы данные, представленные Кыргызгидрометом, по метеорологической станции Тео-Ашуу за период 1953...2017 гг., расположенной в зоне формирования ледников Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, на высоте 3090 м (рис. 1-2).

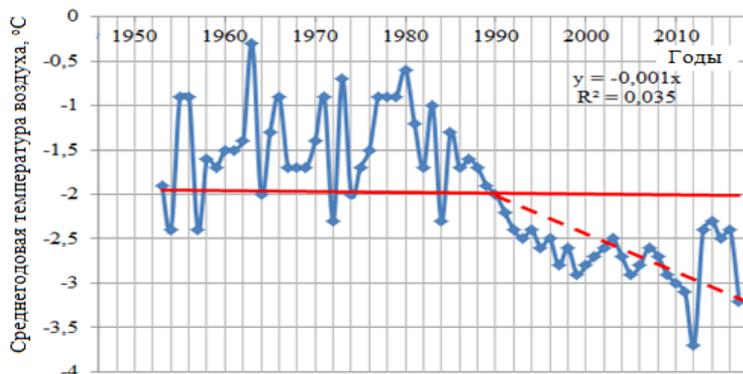


Рис. 1. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха горной (элювиальной) зоны формирования стока водосбора р. Шу.

Как видно из рис. 1, в ходе среднегодовой температуры воздуха можно выделить два периода: первый период с 1953 по 1990 гг., где амплитуда колебания среднегодовой температуры повторяется через 5...6 лет; второй период с 1991 по 2017 гг., где наблюдается постоянное снижение ее величины.

Тенденция изменения годовых атмосферных осадков горной (элювиальной) зоны формирования стока бассейна р. Шу положительная (рис. 2), годовые суммы атмосферных осадков увеличивались в среднем на 0,35 мм/год. В 1970...1992 гг. рост несколько уменьшился (0,32 мм/год), а в последние 16 лет опять увеличился (0,37 мм/год), то есть можно сказать, что сохраняется субаридный климат и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха. Климатический профиль предгорной (трансэлювиальной) зоны трансформации стока бассейна р. Шу характеризуется данными метеорологической станции Байтик, являющейся частью стационарной сети Кыргызгидромета, и расположенной в предгорной зоне Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, на высоте 1590 м (рис. 3-4).

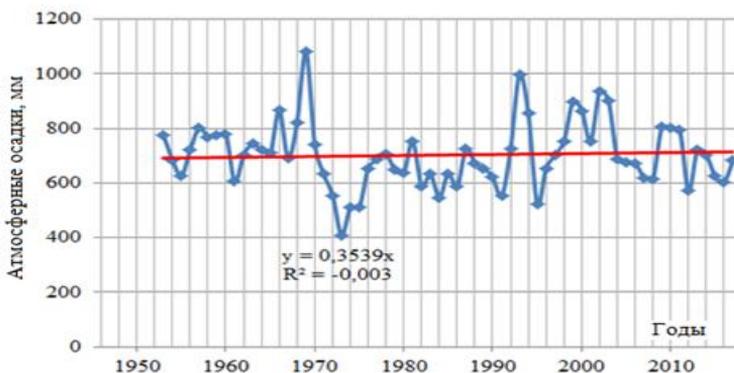


Рис. 2. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков горной (элювиальной) зоны формирования стока бассейна р. Шу.

Анализ изменения среднегодовой температуры воздуха предгорной зоны (рис. 3) показывает, что в период с 1914 по 2017 гг. скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляла  $0,0033\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , температура воздуха находилась в пределах  $4,9\dots 7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а последние 17 лет темп роста среднегодовой температуры воздуха составлял  $0,0034\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , а температура воздуха находилась  $6,2\dots 7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

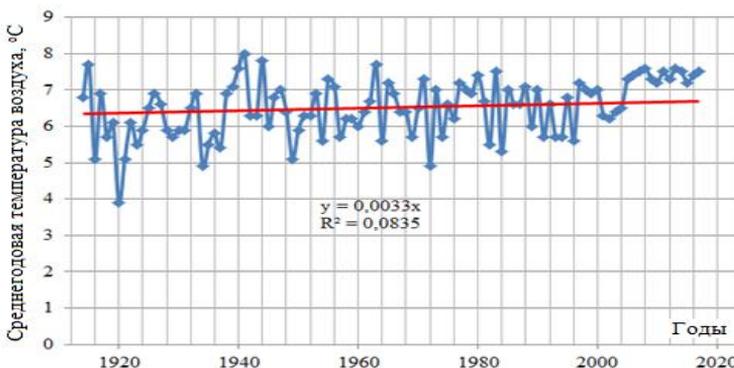


Рис. 3. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха предгорной (трансэлювиальной) зоны формирования стока водосборного бассейна р. Шу.

Темп роста годовых атмосферных осадков предгорной зоны составляет  $0,26\text{ мм}/\text{год}$  (рис. 4), однако в последние десять лет (2007...2017 гг.) атмосферные осадки снизились с 501 до 363 мм, то есть наблюдается аридизация климата и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха.

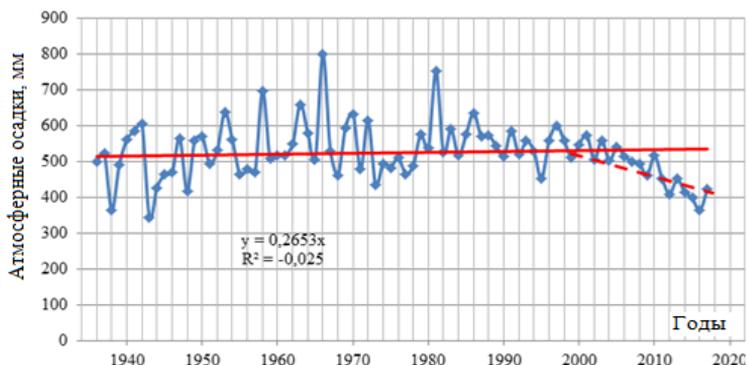


Рис. 4. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков предгорной (трансэлювиальной) зоны формирования стока водосборного бассейна реки Шу.

Климатический профиль предгорной равнины (трансаккумулятивной) в зоне замедления трансформации стока водосборного бассейна р. Шу, которая включает Кочкарскую и Ортогайскую впадины, входящие в Шуйскую впадину через Боомское ущелье, характеризуется данными метеорологической станции Бишкек, расположенной на высоте 756 м (рис. 5-6).

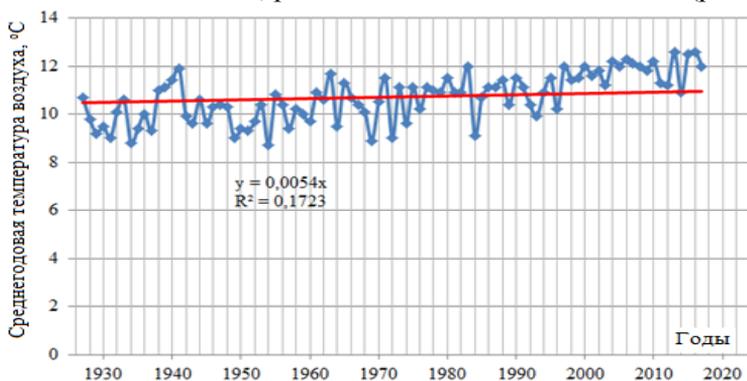
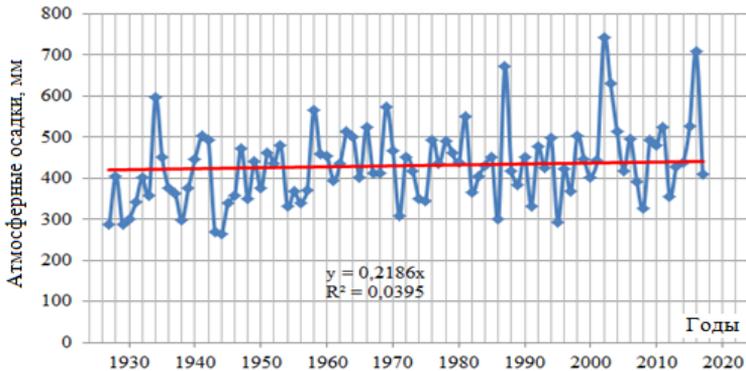


Рис. 5. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха предгорной равнины (трансаккумулятивной) в зоне формирования стока водосборного бассейна р. Шу.

Как видно из рис. 5, в период с 1927 по 2017 гг. скорость повышения среднегодовой температуры воздуха в сравнении с предгорной (трансэлювиальной) зоной, достаточно высокая и составляет 0,0054 °C/год. При этом, среднегодовая температура воздуха в период наблюдений изменяется от 8,8 до 12,6 °C, а за последние десять лет (2007...2017 гг.) составляет 10,9...12,6 °C (рис. 5).



*Рис. 6. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков предгорной равнины (трансаккумулятивной) в зоне формирования стока водосборного бассейна р. Шу.*

Изменение годовых атмосферных осадков за период с 1927 по 2017 гг. составляет 0,22 мм/год и они колеблются в пределах от 287 до 740 мм. Однако, суммы атмосферных осадков выше 700 мм встречается только два раза, а 600...700 мм один раз и 500...600 мм девять раз, то есть в основном атмосферные осадки колеблются в пределах от 287 до 400 мм, что показывают аридизацию климата предгорной равнины (трансаккумулятивной) зоны формирования стока в водосборном бассейне р. Шу и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха.

Климатический профиль равнинной (супераквальной) зоны пониженной трансформации стока бассейна р. Шу охватывающей Шуйскую впадину и входящей в пески Мойынкума, характеризуется данными метеорологической станции Тобе би, расположенной на высоте 456 м Шуйской долины (рис. 7-8).

Диапазон изменения среднегодовой температуры воздуха в период наблюдений с 1950 по 2017 гг. составил 6,7...11,6 °С, а в последние 37 лет, то есть с 1980 по 2017 гг. – 9,3...11,6 °С (рис. 7).

Как видно из рис. 7, скорость повышения среднегодовой температуры воздуха в сравнении с предгорной (трансэлювиальной) зоной, достаточно высокая и составляет 0,0054 °С/год, а предгорной равнине составляет 0,0049 °С/год (рис. 7).

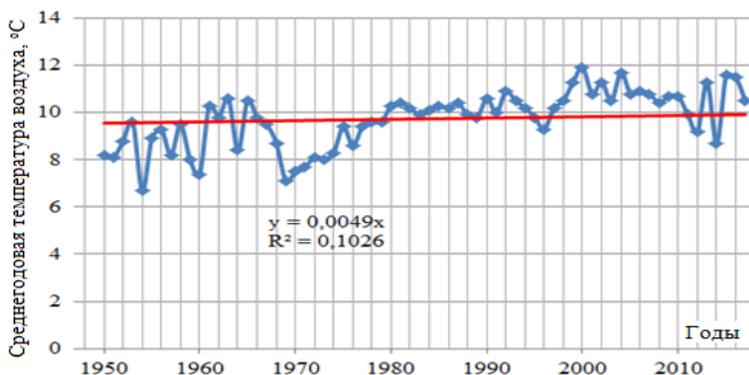


Рис. 7. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха равнинной (супераквальной) зоны формирования стока водосборного бассейна р. Шу.

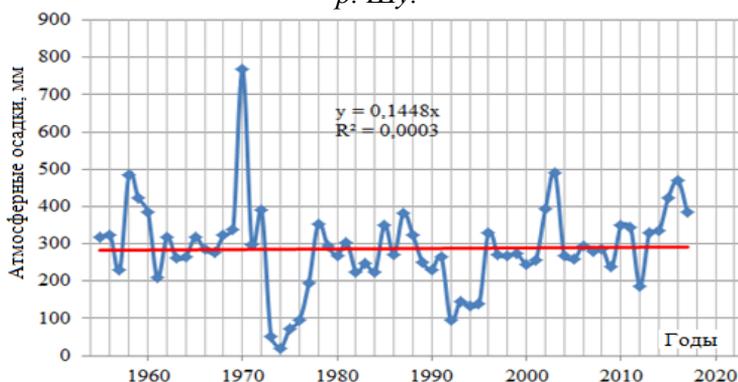


Рис. 8. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны формирования стока водосборного бассейна р. Шу.

Изменение сумм годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны составляет 0,14 мм/год и, в сравнении с предгорной (трансэлювиальной) и предгорной равнинной (трансаккумулятивной) зонами, достаточно низкая, т.е. проявляется сильная аридизация климата и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха (рис. 8).

В климатическом профиле равнинной (субаквальной) зоны аккумуляция стока водосборного бассейна р. Шу, представляющей собой внутриконтинентальную дельту, то есть Гуляевские (общей протяженностью около 140...150 км и шириной до 50...60 км), Уланбелские (протяженностью 100 км и шириной до 6...8 км) и Камкалинские (протяженностью около 150 км и шириной до 3...25 км) разливы, которые характеризуются данными метеорологической станции Уланбель за период 1951...2017 гг. (рис. 9-10).

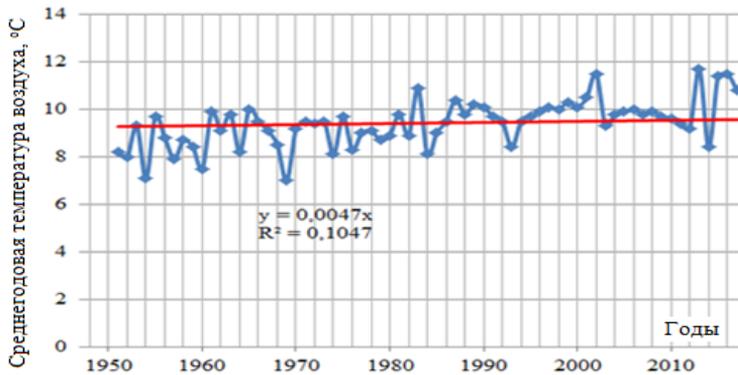


Рис. 9. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха равнинной (субаквальной) зоны формирования стока бассейна р. Шу.

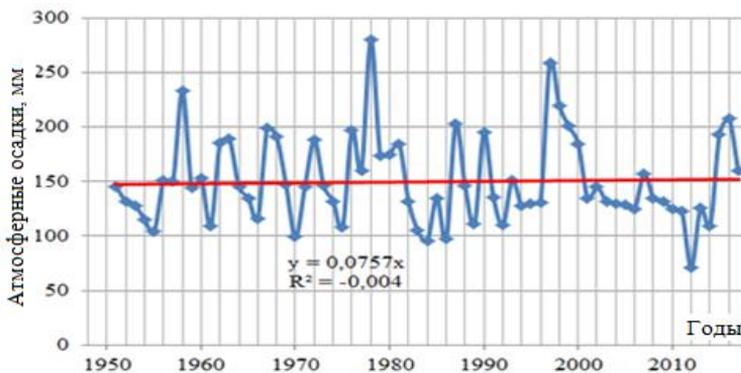


Рис. 10. Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (субаквальной) зоны формирования стока бассейна р. Шу.

Сравнительный анализ среднегодовых температурных трендов в равнинной (супераквальной) зоне формирования стока, приведенный на рис. 9 показывает, что температура за период с 1951 по 2017 гг. значительно изменилась, причем скорость изменения в последние шестнадцать лет существенно возросла. Если за весь период наблюдений она составляла плюс 0,0047 °С/год, а температура колебалась в пределах от 7,0 до 11,5 °С, то в последние 30 лет – пределах от 9,2 до 11,5 °С, что говорит о повышении температура воздуха равнинной (субаквальной) зоны (рис. 9).

Результаты прогнозных расчетов годовых атмосферных осадков данной зоны показывают, что скорость их изменения составляет 0,076 мм/год, то есть наблюдается сильная аридизация климата и неопределенность практически совпадает со среднегодовой температурой воздуха.

Таким образом, скорость роста среднегодовой температуры воздуха в равнинной (субаквальной) зоне несколько выше, чем предгорной (трансэлювиальной) зоне, предгорной равнине (трансаккумулятивной) и равнинной (супераквальной) зоне.

Из представленных графоаналитических материалов (рис. 2, 4, 6, 8 и 10), можно сделать вывод, что годовые атмосферные осадки значительно изменялись, и в последние двадцать лет произошли довольно резкие изменения в природных зонах водосборного бассейна р. Шу. Атмосферные осадки увеличились в горной (элювиальной) зоне и уменьшились в предгорной (трансэлювиальной) зоне, предгорной равнине (трансаккумулятивной) и равнинной (супераквальной и субаквальной) зонах. Причем общая тенденция в последние годы направлена именно в сторону уменьшения годовых атмосферных осадков от горной (элювиальной) зоны до равнинной (супераквальной) зоны, что необходимо в перспективе учитывать при планировании хозяйственной деятельности в этих зонах.

Таким образом, современная тенденция изменения климата водосборного бассейна р. Шу показывает, что среднегодовая температура воздуха постепенно повышается, а годовые атмосферные осадки уменьшаются, что, в ближайшее время, может привести к усилению аридизацию климата региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов Ш., Забенко О., Гайдамак Н., Кириленко А., Мырсалиев Н., Шевченко В., Пенкина Л. Климатический профиль Кыргызской Республики. – Бишкек, 2013. – 99 с.
2. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Комплексное обустройство реки Шу.– Saarbrucken. Deutschland, 2016.–140 с.
3. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г.): Информационный обзор.– Новосибирск: Российская Академия наук Сибирское отделение, 1992.– 62 с.
4. Мустафаев Ж.С. Адильбектеги Г.А., Сейдуалиев М.А. Экологическая оценка продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу (Аналитический обзор). – Тараз, 2004. – 81 с.
5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология, 2014.– № 2.– С.111-122.

6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч. 1-6, Вып. 32: Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.– 589 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч.1-6, Вып.18: КазССР.– Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Кн. 2. – 656 с.
8. Развитие сотрудничества по адаптации к изменению климата в трансграничных бассейнах рек Чу и Талас Казахстан и Кыргызстан (Краткое изложение).– Zoï Environment Network, 2014.– 40 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Серии: Средняя Азия, Бассейн оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т.14, Вып. 2. – 566 с.
10. Хафизов А. Р., Кутляров Д. Н., Кутляров А. Н. Комплексное обустройство степных водосборов Республики Башкортостан. – Уфа: Изд. БГАУ, 2009. – 94 с. – ISBN 978-5-86477-110-5.
11. Хохлов В.Н. Количественное описание изменения климата Европы во второй половине XX века // Український гідрометеорологічний журнал. – 2007.– № 2.– С. 35-42.
12. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Чередниченко А.В. О цикличности в рядах температуры. Начало цикла похолодания // Гидрометеорология и экология. – 2014. –№ 2. – С.7-15

Поступила 22.02.2019

Техн. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. докторы

Ж.С. Мұстафаев  
Ә.Т. Қозыкеева  
А.М. Камалиев

## ШУ ӨЗЕНІНІҢ СУЖИНАУ АЛАБЫНЫҢ КЛИМАТТЫҚ ПІШІНІ

**Түйін сөздер:** климат, сужинау, өзен, алқап, өзгеріс, талдау, бағалау, ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, тренд, ландшафт

*«Қырғызгидромет» (Қырғыз Республикасы) және «Қазгидромет» (Республика Қазақстан) мекемелерінің көпжылдық ақпараттық-талдау, яғни шекара аралық Шу өзенінің сужинау алабына орналасқан метеорологиялық бекеттердің 1930...2017 жылдарды қамтитын мәліметтерінің негізінде табиғи-географиялық аймақтар: таулы (элювиалдық), тау етегі (трансэлювиалдық), тау етегіндегі жазықтық*

*(трансаккумулятивтік) және жазықтық (супераквалдық және субаквалдық) бойынша, өзеннің сужинау алабының аймағының климаттық пішінін бейнелеу үшін, орташа жылдық ауаның температурасы және атмосфералық жауын-шашынның сандық мөндерін пайдалану арқылы аймақтағы климаттық өзгеру дәрежесі бағаланған және ол көрсеткендей орташа жылдық ауаның температурасы аймақта жоғарлайтыны, ал атмосфералық жауын-шашынның төмендейтіні байқалады.*

Zh.S. Mustafayev, A.T. Kozykeyeva, A.M. Kamaliev

## **CLIMATIC PROFILE OF WATER PUMP OF THE SHU RIVER BASIN**

**Keywords:** climate, catchment, river, basin, change, analysis, assessment, air temperature, precipitation, trend, landscape

*Based on multi-year informational and analytical materials «Kyrgyzhydromet» (Kyrgyz Republic) and «Kazhydromet» (Republic of Kazakhstan), that is, meteorological stations located in the catchment area of the transboundary Shu River, covering the years 1930...2017, in terms of natural and geographical zones: mountainous (eluvial), piedmont (transeluvial), piedmont plain (transaccumulative) and flat (superaqual and subaqual) using average annual air temperatures and precipitation, estimated to be changed I climate that characterizes the climate profile of the catchment area of river basins, which showed that the average temperature increase and precipitation decrease.*

---

УДК 504.3.054; 004.942; 519.25

Доктор техн. наук

Канд. техн. наук

PhD

Канд. техн. наук

Э.А. Закарин<sup>1</sup>

Л.А. Балакай<sup>1</sup>

К.А. Бостанбеков<sup>1</sup>

Т.В. Дедова<sup>1</sup>

Р.А. Жетписов<sup>1</sup>

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА

**Ключевые слова:** математическое моделирование, экологические риски, загрязнение атмосферы города, WRF, HYSPLIT, стохастическая модель.

*Предлагается методика рискованного картирования загрязнения атмосферы города точечными источниками (например, трубами ТЭЦ). Методика основана на наборе статистики путем решения прямых задач метеорологии и экологии (загрязнения атмосферы). При этом, предусмотрено использование моделей WRF и HYSPLIT, адаптированных к условиям города Алматы, и приведены примеры расчетов по этим моделям. Алгоритм стохастической модели включает расчет мер риска в виде математического ожидания и дисперсии в каждой ячейки GRID-карты.*

**Введение.** Проблемы оценки экологических рисков сложны и многообразны. С одной стороны, трудно количественно определить или предсказать тот негативный «выхлоп», который производит тот или иной вид человеческой деятельности. С другой стороны, сама окружающая среда является очень сложной системой и ее реакция на воздействие («выхлоп») трудно предсказуема.

В данной работе предлагается методика риск-анализа загрязнения атмосферы города, предприятиями теплоэнергетики, выбросы которых заданы, а рискованные карты рассчитываются на основе моделирования атмосферных процессов и статистической обработке результатов расчетов.

Излагаемая методика является развитием на атмосферные процессы стохастической модели загрязнения природной среды [13], которая была

---

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

использована в работе [2] для решения задачи нефтяного загрязнения акватории моря.

Работа выполнена в рамках программы МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» по приоритету: «Энергетика и машиностроение» по теме № AP05132380 «Риск-анализ влияния предприятий теплоэнергетики на загрязнение воздушного бассейна города (на примере г. Алматы)».

**Моделирование метеорологических процессов.** На первом этапе разработки стохастической модели стоит задача моделирования атмосферных процессов, протекающих в воздушном бассейне города. Формально эти процессы описываются системой уравнений газодинамики атмосферы, но при этом возникает проблема постановки граничных условий. Воздушный бассейн не является замкнутой системой – на его боковых границах идут интенсивные процессы тепло-массообмена с соседними областями атмосферы. Их учет диктует необходимость моделирования метеопроцессов в объеме этих областей, при этом возникают новые «соседи» и так далее по цепочке. Для разрешения этой проблемы в настоящее время активно разрабатывается подход, в основу которого положена принятая в метеорологии [4] иерархия атмосферных процессов в соответствии с их масштабом.

Выделяют, как правило, четыре масштаба – синоптический, региональный, мезометеорологический и локальный. Поля метеоэлементов синоптического масштаба восстанавливаются методами объективного анализа (вариационного усвоения) данных метеонаблюдений [1, 11] и используются как начальные данные в моделях метеопрогноза. Далее эти поля методом реанализа уточняются и накапливаются во всемирных базах метеоданных (ERA Interim, GFS и др.) [12]. Отталкиваясь от метеополей синоптического масштаба, путем дробления вычислительной сетки (downscaling) пошагово уменьшают расчетную территорию (домен) с нацеливанием на выбранный город (телескопизация). При этом на каждом шаге дробления формируются граничные условия, используя результаты расчетов на более грубой сетке. Кроме того, пошагово детализируются подстилающая поверхность и ее воздействие на атмосферный пограничный слой, используя все более сложные процедуры параметризации.

Эту процедуру можно условно представить в операторном виде. С этой целью обозначим через  $\mathbf{d}$  совокупность значений метеорологических элементов (скорости, давления, температуры, влажности и др.), наблюдаемых в определенном момент времени и в определенной точке пространства.

В метеорологии эта комплексная характеристика атмосферы носит название *погода*. Введем также понятие домена как множество значений  $\mathbf{d}$ , связанных к ячейкам вычислительной сетки:

$$\mathbf{D}\{\mathbf{d}_{i,j,k,l} | i = 1,2,3 \dots I; j = 1,2,3 \dots J; k = 1,2,3 \dots K; l = 1,2,3 \dots L\}, \quad (1)$$

где  $i, j, k, l$  – индексы сетки по координатам  $x, y, z$  и времени  $t$  соответственно. Если обозначить через  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  и  $\Delta t$  шаги сетки, то координаты ячейки будут равны  $x = i\Delta x, y = j\Delta y, z = k\Delta z$ , а расчетное время –  $t = l\Delta t$ . Таким образом, домен – это массив данных, описывающих некую метеоситуацию (погоду), развернутую в пространстве на сетке размером  $X \times Y \times Z$ , где  $X = I\Delta x, Y = J\Delta y, Z = K\Delta z$ , и во времени длительностью  $T = L\Delta t$ .

Используя принятые обозначения, сформулируем процедуру телекопирования:

$$\mathbf{D}_1\{\mathbf{d}_{ijkl}\} \xrightarrow{\text{down scaling}} \mathbf{D}_2\{\mathbf{d}_{ijkl}\} \xrightarrow{\text{down scaling}} \mathbf{D}_3\{\mathbf{d}_{ijkl}\} \xrightarrow{\text{down scaling}} \mathbf{D}_4\{\mathbf{d}_{ijkl}\} \quad (2)$$

Здесь индексы 1, 2, 3, и 4 относятся к доменам синоптического, регионального, мезометеорологического и локального масштаба соответственно.

Процедура *downscaling* представляет собой сложный вычислительный комплекс, основанный на численном решении уравнений атмосферной газодинамики и параметризации различных процессов – от образования облаков до взаимодействия с подстилающей поверхностью.

В настоящее время наиболее продвинутой является модель WRF (Weather Research and Forecasting Model) [9]. Привлекательной чертой этого проекта является его исследовательская направленность (Research) и участие в нем большой группы ученых. Особое внимание уделяется моделированию сложных атмосферных процессов в горной местности [8], что очень важно для целей данной работы, т.к. город Алматы расположен в предгорьях хребта Алатау. В связи с этим модель WRF была положена в основу данной работы и по ней выполнены ряд предварительных расчетов (рис. 1).

Результаты расчетов показали, что модель WRF при сгущении расчетной сетки до размера ячейки (1 км × 1 км) отражает закономерности формирования местных ветров в зимний период. Иллюстрацией этого являются поля ветра в горизонтальном и вертикальном разрезах, рассчитанные на 26.01.2016 00:00 часов по местному времени. Из рисунка видно, что вследствие сложной орографии местности формируется пестрая ветровая

картина с преобладанием ночного горного ветра в приземном слое. В жилых районах города устанавливается режим слабого проветривания (1–2 м/с).

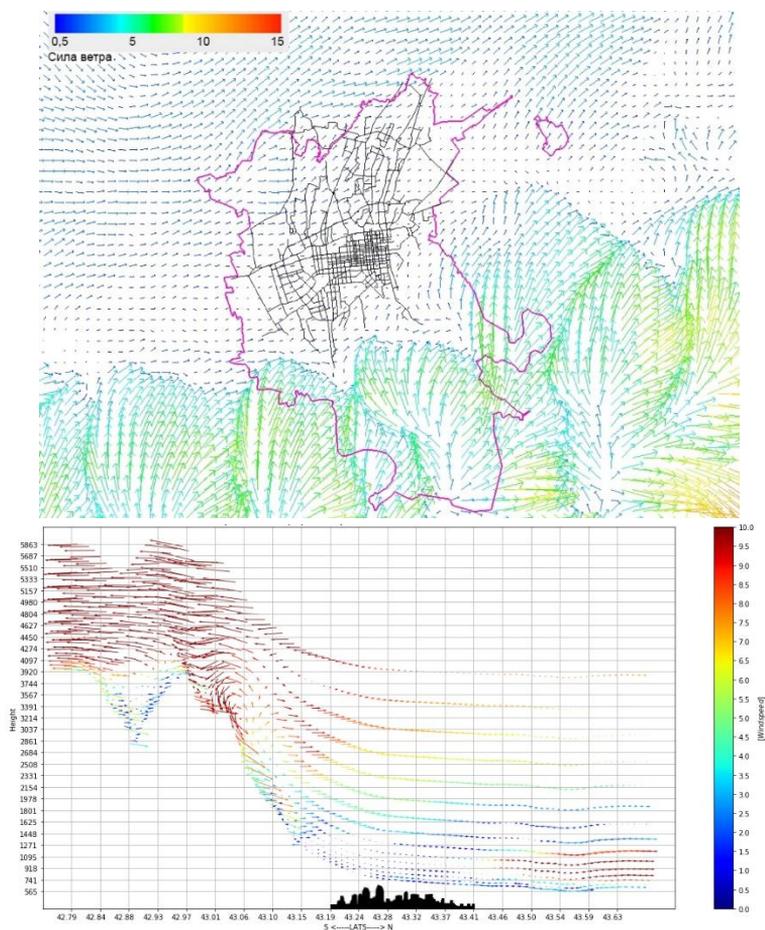


Рис. 1. Результаты расчетов по модели WRF: горизонтальный (а) и вертикальный (б) разрезы поля ветра за 26 января 2016 г. 00:00.

**Формирование пакета возможных метеоситуаций.** Статистику возможных метеоситуаций в атмосфере города можно накопить, численно решая ряд прямых задач на базе пакета метеорологических данных, содержащихся в мировых базах данных ERA-Interim, ERA5, GFS и др.

Сформулируем задачу набора статистики в терминах теории множеств. С этой целью введем математическое понятие множества метеоситуаций в виде многомерного домена:

$$D\{d_{ijkl}^n | n = 1, 2, 3 \dots N\}, \quad (3)$$

где  $n$  – индекс, определяющий порядковый номер метеоситуации,  $N$  – максимальное число метеоситуаций. Важно подчеркнуть, что выбор метеоситуации осуществляется по данным синоптического масштаба или используются метеополя более мелкого масштаба, если они представлены в мировых базах данных.

Суммируя вышесказанное, выпишем процедуру формирования множества метеоситуаций в масштабе воздушного бассейна города в виде ряда параллельных операции:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{D}_1 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^1 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_2 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^1 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_3 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^1 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^1 \} \\
 & \mathbf{D}_1 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^2 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_2 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^2 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_3 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^2 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^2 \} \\
 & \mathbf{D}_1 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^3 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_2 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^3 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_3 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^3 \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^3 \} \\
 & \dots \\
 & \mathbf{D}_1 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^N \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_2 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^N \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_3 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^N \} \xrightarrow{WRF} \mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^N \}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Пусть множество  $\mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^n \mid n = 1, 2, 3 \dots N \}$  составляет искомым пакет возможных метеоситуаций, но следует иметь в виду, что в зависимости размера расчетной области и требуемой детализации для городской системы может быть выбран мезометеорологический масштаб, т.е. домен  $\mathbf{D}_3$ .

**Моделирование загрязнения атмосферы города.** На первом этапе построения вероятностной модели необходимо выполнить множественные расчеты возможных экологических состояний атмосферы города, опираясь на пакет метеоситуаций  $\mathbf{D}_4 \{ \mathbf{d}_{ijkl}^n \mid n = 1, 2, 3 \dots N \}$ . Согласно поставленной задаче, будем считать совокупность концентраций в атмосфере выбрасываемых загрязняющих веществ показателем экологического состояния городского воздуха. Для расчета их распространения и трансформации будем использовать модель, совместимую с метеорологической моделью атмосферы WRF.

В рамках проекта WRF разработаны эйлеровы (WRF CHEM) [6], лагранжевые (WRF STILT) [7, 5] и гибридные (WRF HYSPLIT) [10] модели. Для точечных источников, каковыми являются предприятия теплоэнергетики, наиболее часто используется модель HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangial Integrated Trajectory Model). В пользу этой модели в данной работе говорит тот факт, что имеется возможность выполнить расчет переноса, турбулентного рассеяния и химической трансформации выбра-

сываемых веществ на фоне заданных полей метеозлементов. Следовательно, наиболее сложные и трудоемкие расчеты по формированию пакета метеоситуаций можно выполнить один раз и далее накапливать статистику, рассчитывая различные варианты загрязнения атмосферы с помощью модели HYSPLIT.

Формирование пакета возможных экологических ситуаций, распределенных в пространстве и во времени, в общем случае можно выразить в следующем виде:

$$\{D_4, Q, C_0\} \xrightarrow{HYSPLIT} C\{c_{ijkl}^n\}, \quad (5)$$

где  $C$  – множество, каждый элемент которого  $c_{ijkl}^n$  является совокупностью концентраций ингредиентов в ячейке пространственной сетки  $(ijk)$  в момент времени  $l$  метеоситуации  $n$ ,  $Q$  – мощность выбросов загрязняющих веществ,  $C_0$  – начальное поле концентраций примеси.

Инфраструктура города включает, как правило, десятки предприятий теплоэнергетики, включая общегородские и районные системы теплоснабжения. Формально выбросы множество этих источников можно представить в виде:

$$Q \{ q_r (x_r, y_r, z_r | r = \overline{1, R}), \quad (6)$$

где  $q_r$  – мощность  $r$ -го источника,  $x_r, y_r, z_r$  – координаты  $r$ -го источника,  $R$  – количество рассматриваемых источников. В сеточной области координаты можно представить через индексы (например,  $x_r = i_r \Delta x$ ), но, избегая использование «двухэтажных» индексов, оставим физические координаты. В выражении (6) опущены для удобства также индексы, идентифицирующие конкретный ингредиент в суммарном выбросе. Но при реализации расчетного метода конкретизация состава выбрасываемых загрязняющих веществ обязательна.

Предприятия теплоэнергетики работают в непрерывном режиме с возможными суточными и сезонными колебаниями мощности выбросов. Начальное условие  $C_0$  определим путем замены непрерывного источника на импульсный с условием сохранения массы и состава выбрасываемого вещества. Предположим при этом, что время пребывания порции выбрасываемого вещества в воздушном бассейне города не превышает  $\theta$  (для города Алматы  $\theta$  оценивается в 7-8 часов [3]).

Разобьем на  $P$  отрезков период  $\theta$ , предшествующий начальному моменту расчета загрязнения атмосферы. Обозначим через  $E_p$  мощность мгно-

венного выброса на  $p$ -ом отрезке ( $p = 1, 2, 3 \dots P$ ) и  $D_\theta$  - совокупность метеополей в период  $\theta$ . Тогда процедуру расчета переноса этого выброса можно формально представить в виде операции:

$$\{E_p, D_\theta\} \xrightarrow{HYSPLIT} C_p, \quad (7)$$

где  $C_p$  – поле загрязнения атмосферы мгновенным выбросом на  $p$ -ом отрезке. В итоге начальное поле рассчитывается простым суммированием:

$$C_0 = \sum_{p=0}^P C_p. \quad (8)$$

Если непрерывный источник заменить импульсными для всего расчетного периода, то тогда достаточно сдвинуть начало расчета на время  $\theta$  и начинать с нулевого поля загрязняющих веществ.

Пробные расчеты применительно к задаче шлейфа сернистого ангидрида от ТЭЦ-2 города Алматы (рис. 2) показали эффективность и быстродействие этой модели.



Рис. 2. Поле загрязнения в приземном слое на 25.01.2016 09:30 (время местное), источник – ТЭЦ-2, загрязняющее вещество –  $SO_2$ .

**Вероятностная модель загрязнения атмосферы.** Дальнейший анализ будем выполнять, используя понятие карты. С этой целью наложим на заданную территорию плоскую сетку с ячейками  $g_{ij}$ , т.е. конечное множество:

$$G\{g_{ij} \mid i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}\}, \quad (9)$$

элементы которого покрывают всю территорию без разрывов и пересечений. Введем далее понятие карты как множество объектов на карте:

$$M\{m_{ij} \mid i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}\}, \quad (10)$$

где  $m_{ij}$  – параметр или набор параметров, сцепленный с указанной ячейкой. В картографии для этого набора используется термин «нагрузка». Например, инфраструктура города, сельскохозяйственные угодья, рельеф и т.п. – это нагрузки на карту.

Если в качестве нагрузки выбрать загрязнение атмосферы города, то множество  $C$ , рассчитанное по алгоритму (5), представляет собой набор карт:

$$C = \{(c_{ij})_{kl}^n | k = \overline{1, K}; l = \overline{1, L}; n = \overline{1, N}\}. \quad (11)$$

Выражение (11) идентифицирует множество многослойных карт, каждый слой содержит распределение концентрации какого-либо ингредиента из всей совокупности выбрасываемых и химически трансформированных веществ. Чтобы не усложнять последующие выкладки, будем оперировать одним ингредиентом (например, двуокисью серы  $SO_2$ ) и заменим обозначение  $C$  и  $c_{ij}$  на  $C$  и  $c_{ij}$  (не жирные) соответственно.

При дальнейшем анализе ограничимся приземным слоем атмосферы, где осуществляется основная деятельность человека. Положим, что этот слой соответствует индексу  $k = 1$ , и опустим этот индекс во всех формулах, т.е.

$$(c_{ij})_{k=1,l}^n \equiv (c_{ij})_l^n$$

Отметим далее, что токсичные вещества оказывают вредное воздействие в любой момент пребывания в приземном слое городской атмосферы. Поэтому в статистический пакет включим карты всех метеоситуаций (индекс  $n$ ) со всеми их временными слоям (индекс  $l$ ). При этом примем, что в задаче риска эти карты равнозначны независимо от порядка перебора указанных индексов. На базе этих индексов введем множество испытаний (элементарных исходов):

$$\Omega = \{\omega | \omega = 1, 2, 3 \dots S\} \text{ где } S = |L \times N| \quad (12)$$

и множество карт – результатов этих испытаний:

$$C = \{c_{ij}(\omega) | \omega = \overline{1, S}\}. \quad (13)$$

Отметим, что основанием для (13) является равенство:

$$(c_{ij})_l^n = c_{ij}(\omega), \omega \in \Omega.$$

Для построения карты риска загрязнения приземного слоя атмосферы рассмотрим отдельную ячейку  $g_{ij}$  сетки  $G$ , заданной в (10). Предположим, что для любого  $\omega \in \Omega$  в ячейке  $g_{ij}$  рассчитана концентрация вещества  $c_{ij}(\omega)$ .

Введем некую шкалу на интервале возможных изменений концентрации рассматриваемого ЗВ, т.е. разобьем ее на равные отрезки с шагом  $\Delta c$ , пронумеруем их и далее рассмотрим некий  $r$ -й участок:

$$[r\Delta c, (r + 1)\Delta c) \quad r = 0, 1, 2, \dots$$

Пусть из всего множества испытаний  $S \in \Omega$  успешными оказались  $S_+$  испытаний, т.е. их результаты попали в  $r$ -й участок и образовали множество:

$$c_{ij}^s (s = \overline{1, S_+}) = c_{ij}(\omega) \in [r\Delta c, (r + 1)\Delta c).$$

Для определения математического ожидания, связанного с ячейкой  $g_{ij}$ , построим на множестве  $\Omega$  две функции: функцию случайной величины  $\xi(\omega)$  и вероятностную функцию  $P(\omega)$ :

$$\xi_{ij}: \Omega \rightarrow R \quad (14)$$

$$P_{ij}: \Omega \rightarrow R \quad (15)$$

$$\xi_{ij}(\omega) = \mathbf{E} [c_{ij}^s] \quad (16)$$

$$P_{ij}(\omega) = S_+ / S \quad (17)$$

Здесь принято, что все результаты (т.е. значения концентрации ЗВ) в пределах  $r$ -го интервала имеют одинаковую вероятность  $P_{ij}(\omega)$  и, соответственно, операция математического ожидания в выражении (16) является расчетом средне арифметической величины.

Отметим, что пара  $(\Omega, P_{ij})$  составляет вероятностное пространство, связанное с ячейкой  $g_{ij}$ .

Выберем в качестве меры риска в ячейке  $g_{ij}$  математическое ожидание случайной величины  $\xi_{ij}$ :

$$R_{ij} = \mathbf{E}[\xi_{ij}] = \sum_{\omega \in \Omega} \xi_{ij}(\omega) P_{ij}(\omega). \quad (18)$$

Объединяя меры рисков во всех ячейках в одно множество:

$$\mathbf{R} = \cup_{i=1}^I \cup_{j=1}^J \mathbf{E}[\xi_{ij}], \quad (19)$$

получим искомую карту риска загрязнения атмосферы:

$$\mathbf{R}\{R_{ij} \mid i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}\}. \quad (20)$$

Если наложить на случайную функцию  $\xi_{ij}(\omega)$  дополнительное условие

$$\xi_{ij}(\omega) \geq \text{СН},$$

то выражение (20) определит карту риска превышения санитарной нормы СН. За санитарную норму в зависимости от поставленной задачи можно

принять предельно допустимую концентрацию (ПДК), референтную норму (РН) или любой другой стандарт.

Иллюстрацией изложенной методики является рис. 3, где для ясности в качестве случайной величины указана концентрация загрязняющего вещества.

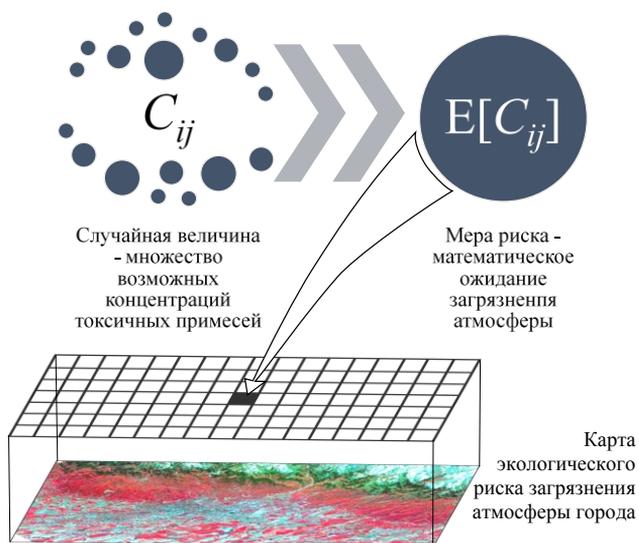


Рис. 3. Схема рискованного картирования загрязнения атмосферы города.

Математическое ожидание не характеризует неопределенность состояния окружающей среды, оно определяет только взвешенное среднее значение случайной величины. Эту неопределенность можно оценить, вычисляя в каждой ячейке дисперсию случайной величины:

$$\text{Var}[\xi_{ij}] = E[(\xi_{ij} - E[\xi_{ij}])^2] \quad (21)$$

и объединяя эти значения в единую карту дисперсии:

$$\text{Var}\{\text{Var}[\xi_{ij}] \mid i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}\}. \quad (22)$$

Совместный анализ карт риска (20) и дисперсии (22) дает возможность оценить риски загрязнения атмосферы и определить неопределенность (возможную погрешность) этой оценки.

**Заключение.** Излагаемая в данной статье методика легла в основу проекта «Риск-анализ влияния предприятий теплоэнергетики на загрязнение воздушного бассейна города (на примере г. Алматы)». Ее реализация потребует выполнения целой серии работ по моделированию атмосферных процессов. Остановимся на основных моментах планируемой работы.

Наиболее серьезной проблемой является адаптация (настройка) моделей вычислительного комплекса WRF к очень сложным условиям атмосферы города Алматы. Речь идет о выборе наиболее эффективных процедур параметризации процессов в планетарном пограничном слое и на границе между подстилающей поверхностью и атмосферой.

Далее, модель WRF необходимо использовать для формирования пакета штилевых и близких к штилевым метеоситуациям, способствующих накоплению загрязняющих веществ в атмосфере города. При этом эти метеоситуации могут отвечать различным синоптическим условиям – отрог Сибирского антициклона, малоградиентное поле повышенного давления и др.

Модели семейства WRF по переносу, рассеянию и химической трансформации загрязняющих веществ также необходимо приспособлять к поставленной задаче, включая краевые условия и кинетику химических реакций, которые протекают в воздушном бассейне города.

Необходимость множественного расчета прямых задач для набора статистики диктует ограничения по скорости расчета и заполнению дискового пространства. Вероятно, оптимальный вариант – это единожды сформировать пакет метеоситуаций и дальнейшие эпизоды загрязнения атмосферы рассчитывать на фоне уже известных полей метеоэлементов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. Л., Гидрометеиздат, 1963. – 287 с.
2. Закарин Э.А., Балакай Л.А., Бостанбеков К.А., Дедова Т.В., Ким Д.К., Кобегенова С.С., Миркаримова Б.М., Нурсеитов Д.Б. Моделирование экологических рисков при нефтяном загрязнении акватории Северо-Восточного Каспия. – Алматы: Курсив, 2016. – 256 с.
3. Климат Алма-Аты / под ред. Ахметжанова Х.А., Швер И.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 266 с.
4. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и Климатология. Учебник. – М.: Изд. МГУ, 2001. – 527 с.
5. Arnold D, Morton D., Schicker I., Seibert P., Rotach M.W., Horvath K., Dudhia J., Satomura T., Müller M., Zängl G., Takemi T., Serafin S., Schmidli J., Schneider S. Issues in high-resolution atmospheric modeling in complex topography—the HiRCoT workshop // Croat Meteorol J. – 2012. –Vol. 47. – P. 3-11.

6. Grell G.A., Peckham S.E., McKeen S., Schmitz R., Frost G., Skamarock W.C., Eder B. Fully coupled “online” chemistry within the WRF model // *Atmosph. Env.* – 2005. – Vol. 39. – P. 6957-6975.
7. Nehr Korn T., Eluszkiewicz J., Wofsy S.C., Lin J.C., Gerbig C., Longo M., Freitas S. Coupled Weather Research and Forecasting–Stochastic Time-Inverted Lagrangian Transport (WRF-STILT) model // *Meteor. Atmos. Phys.* – 2010. – Vol. 107. – P. 51-64.
8. Nehr Korn T., Henderson J., Leidner M., Mountain M., Eluszkiewicz J. WRF Simulations of the Urban Circulation in the Salt Lake City Area for CO<sub>2</sub> Modeling // *Journal Of Applied Meteorology And Climatology.* – 2012. – Vol. 52. – P. 323-340.
9. Skamarock W.C., and Klemp J.B. A time-split nonhydrostatic atmospheric model for Weather Research and Forecasting applications // *J. Comput. Phys.* – 2008. – Vol. 227. – P. 3465–3485.
10. Stein A.F., Draxler R.R, Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F. NOAA’s HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* – 2015. –Vol. 96. – P. 2059-2077.
11. Tsyrlunikov M.D., Svirenko P.I. A covariance model based on 3-D spatial filters: potential for flowdependent covariance modeling // *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling.* – WMO, 2007. – Rep. N 35. – P. 1.39–1.40.
12. Uppala S., and coauthors The ERA-40 Re-Analysis // *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* – 2005. – Vol. 131. – P. 2961-3012.
13. Zakarin E.A., Kim D.K. A Stochastic Model of Biota Damage in the Case of Accidental Pollution of Environment // *Journal of Applied and Industrial Mathematics.* – 2014. – Vol. 8, No. 1. – P. 143-151.

Поступила 23.07.2019

Техн. ғылымд. докторы  
Техн. ғылымд. кандидаты  
PhD  
Техн. ғылымд. кандидаты

Э.А. Закарин  
Л.А. Балакай  
К.А. Бостанбеков  
Т.В. Дедова  
Р.А. Жетписов

## ҚАЛАНЫҢ АУА АЛАБЫ ЛАСТАНУЫНЫҢ ҚАУІП-ҚАТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

**Түйін сөздер:** математикалық модельдеу, экологиялық қауіп-қатерлер, қала атмосферасының ластануы, WRF, HYSPLIT, стохастикалық модель.

*Нүктелік көздерінен (мысалы, жылу электр станцияларының құбырлары) қала атмосферасының ластану қауіп-қатер картасын жасау әдістемесі ұсынылған. Әдіс метеорология мен экология (атмосфераның ластануы) есептерін тікелей шешу арқылы статистика жинақтауға негізделген. Сонымен бірге, Алматы қаласының жағдайына бейімделген WRF және HYSPLIT модельдерін пайдалану қарастырылған және осы модельдер бойынша есептеулер мысалдары келтірілген. Стохастикалық моделінің алгоритмі GRID картасының әрбір ұяшығында математикалық күтім және дисперсия түрінде қауіп-қатер өлшемін есептеуді қамтиды.*

E.A. Zakarin, L.A. Balakay, K.A. Bostanbekov, T.V. Dedova,  
R.A. Zhetpissov

## MATHEMATICAL MODELING OF THE CITY AIR POLLUTION RISKS

**Keywords:** mathematical modeling, environmental risks, city atmosphere pollution, WRF, HYSPLIT, stochastic model.

*The technique of risk mapping of city atmospheric pollution by point sources (for example, pipes of thermal power plants) is proposed. The method is based on a set of statistics by solving direct problems of meteorology and ecology (air pollution). At the same time, the use of WRF and HYSPLIT models adapted to the conditions of the city of Almaty is provided for, and examples of calculations for these models are given. The algorithm of the stochastic model includes the calculation of risk measures in the form of the expectation and dispersion in each GRID cell.*

---

УДК 614.8.084+504.061.2.69.05(075.8)

Доктор техн. наук  
Канд. хим. наук  
PhD

М.Ж. Бурлибаев<sup>1</sup>  
Р.К. Кайдарова<sup>1</sup>  
Д.М. Бурлибаева<sup>2</sup>  
И.В. Шенбергер<sup>1</sup>  
К.М. Кулебаев<sup>2</sup>

### О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ ШУ

**Ключевые слова:** гидрология, гидрохимия, токсикология, антропогенное загрязнение, трансграничная река, загрязнение со стороны сопредельного государства, группа главных ионов, тяжелые металлы, органические и биогенные вещества, ядовитые вещества

*В современных условиях не уделяется внимания изменению гидрохимического режима р. Шу, тогда как совместная Шу-Таласская комиссия между Республикой Казахстан и Кыргызской Республикой занимается только делением транзитного стока, т.е. количественными характеристиками речного стока. Однако настало время для рассмотрения вопроса загрязнения речного стока. Откладывание этого вопроса на далекую перспективу чревато необратимыми процессами. Данная статья посвящается изучению изменений гидрохимического режима р. Шу и ее притоков.*

При исследовании современного состояния гидрологического и гидрохимического режимов р. Шу необходимо уделить пристальное внимание работе Совместной Комиссии Республики Казахстан и Кыргызской Республики по эксплуатации водохозяйственных сооружений межгосударственного использования на реках Шу и Талас, где решаются вопросы вододеления.

К сожалению, данная Комиссия при рассмотрении вопроса вододеления руководствуется «Положением о делении стока реки Чу», подписанным заместителем Министра мелиорации и водного хозяйства СССР И.И. Бородавченко от 24.02.1983 г. и дополнением № 6/2-12-67 от 18.02.1985 г.

---

<sup>1</sup> Казахстанское Агентство Прикладной Экологии, г. Алматы, РК.

<sup>2</sup> Институт географии МОН РК, г. Алматы, РК.

Данные документы регламентируют, что деление вод между двумя республиками в среднемноголетнем объеме составляет  $6,64 \text{ км}^3$ , из них естественный сток составляет  $4,863 \text{ км}^3$  и возвратные воды –  $1,78 \text{ км}^3$ . При этом другие обеспеченности по водности года не рассматриваются. Отсюда становится понятным, что Республика Казахстан на основе этого циничного документа изначально обречена потреблять не чистую воду, а смесь стока реки и сточных вод. Выше названная Комиссия до сих пор обращает внимание только на количественные характеристики делимой воды, тогда как качественные характеристики транзитного стока игнорируются полностью. Между тем в современных условиях наблюдаются постоянное ухудшение качества воды [1, 5, 8].

### **Современный режим гидрохимических параметров реки Шу.**

Проблема изучения загрязненности природных водотоков и водоемов, в т.ч. комплексная оценка загрязненности, включает в себя целый ряд самостоятельных и в то же время тесно переплетающихся между собой задач. Например, степень очистки сточных вод, методику химического анализа как больших, так и малых концентраций загрязняющих ингредиентов, изучение процессов смешения и разбавляемости сточных и природных вод от одного к другому пункту наблюдения, изучение химических, физико-химических, физико-географических, макро- и микрогидробиологических, гидрохимических закономерностей трансформации загрязняющих веществ в естественных водоемах и водотоках, нормирование качества как природных, так и загрязненных вод и т.д. Накопление и развитие знаний о токсичности, а также о влиянии различных загрязняющих веществ на гидробионтные и бентосные сообщества поверхностных вод, заболеваемость населения, непрерывное расширение количества обнаруживаемых загрязняющих веществ, придают особую актуальность работам, отражающим современное состояние качества поверхностных вод и особенно для трансграничных водных объектов.

Для комплексной оценки качества водных ресурсов одним из необходимых условий является наличие научно обоснованных систематических наблюдений, как по всем обязательным показателям гидрохимического режима, так и по степени загрязненности водных объектов. Комплексная оценка качества поверхностных вод в настоящее время затруднена по многим факторам. Эти оценки базируются на сопоставлении и сравнении средних концентраций отдельных ингредиентов, которые вытекают из совокупности эпизодических и случайных наблюдений.

**Методика обработки исходных данных.** В основу оценки качества воды положены Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям /под общей редакцией академика РАВН, д.т.н., профессора М.Ж. Бурлибаева, утвержденные вице-министром МООН РК от 12.12.2012 г. [5]. В соответствии с «Методическими рекомендациями...» загрязняющие вещества разделяются на группы, объединенные между собой по идентичности - по таким показателям как генетическое происхождение, химическое строение, применение, степень влияния, токсичность и др. Исходя из этого положения, и как уже отмечалось ранее весь перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, разделен на следующие 6 условных групп:

- главные ионы (Ca, Mg,  $\Sigma(\text{Na}+\text{K})$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl и др.);
- биогенные элементы ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $P_{\text{общ}}$ , фосфаты, Si и др.);
- тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd,  $\text{Cr}^3$ ,  $\text{Cr}^6$ , Mn, Hg,  $\text{Hg}^2$ , Ni, Co, Sn, Bi, Mo,  $\text{Fe}^2$ ,  $\text{Fe}^3$  и др.);
- ядовитые вещества (CN, SCN, F,  $\text{H}_2\text{S}$ , AS, нитробензол и др.);
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ и др.);
- хлорорганические пестициды (ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГХЦГ, севин ялан, диктофол, гексахлорбензол и др.).

Такое объединение загрязняющих веществ на условные группы не противоречит выводам О. Алекина, А. Никанорова и др., аналогично подходящих к изучению химического состава природных вод [1-2, 5]. Оценка загрязненности воды производится с использованием комплексного индекса загрязненности вод (КИЗВ), который рассчитывается для каждой группы загрязняющих веществ. Хотелось бы отметить, что по методу Бурлибаева М.Ж. при расчете КИЗВ не включается растворенный кислород и БПК<sub>5</sub>, они классифицируются отдельно [5]. То есть степень загрязненности водных объектов оценивается по величине КИЗВ в соответствии с приведенной ниже классификацией (табл. 1).

При расчете КИЗВ необходимо учитывать следующие положения:

- в расчет КИЗВ для каждой группы загрязняющих веществ включаются только те контролируемые ингредиенты, содержание которых в воде равно ПДК или превышает ПДК, т.е.  $C \geq 1$ ;
- расчет КИЗВ производится по среднеарифметическим величинам.

Таблица 1

## Классификация загрязненности водных объектов по различным показателям

Степень загрязнения воды	Оценочные показатели загрязнения		
	по КИЗВ	по растворенному кислороду, мг/л	по БПК <sub>5</sub> , мг/л
Нормативно чистая	<1,0	<4,0	<3,0
Умеренно загрязненная	1,1...3,0	4,0...3,1	3,1...7,0
Высокого уровня загрязнения	3,1...10,0	3,0...1,1	7,1...8,0
Чрезвычайно высокого уровня загрязнения	>10,1	<1,0	>8,1

Постоянная гидрометрическая сеть начала действовать с конца 1920-х годов. А систематические наблюдения за изменением стока рек бассейнов р. Шу были начаты в 1930-х годах Управлением гидрометслужбы СССР (УГМС СССР). До 1930-х годов наблюдения за гидрологическими элементами велись на 10 гидропостах, в 1930-е годы – на 38 гидропостах, в 1970-е годы – на 98, в 1985 г. – на 39, а в 2000-х годах – на 9 гидропостах [8].

Посты, расположенные на территории Республики Казахстан, и по ведомственной принадлежности относились в 1960-х годах: по бассейну р. Шу 12 гидропостов – к УГМС Каз ССР, 44 гидропоста – к Министерству мелиорации и водного хозяйства КазССР (ММиВХ), 1 гидропост – к Институту водного хозяйства (ИВХ), 2 гидропоста – к Казгипроводэлектро; по бассейну реки Талас 12 гидропостов – к УГМС КазССР, 16 гидропостов – к ММВХ, 3 гидропоста – к ИВХ. В 1985 г. из 39 гидропостов 27 принадлежали УГМС КазССР – 15 гидрологических постов в бассейне р. Шу, 12 гидропостов ММВХ – 7 в бассейне р. Шу. В 2000...2005 гг. все 9 гидропостов относились к системе Республиканского государственного предприятия «Казгидромет». Наибольшую длительность наблюдений в исследуемом районе имеют посты, открытые в начале XX века и находящиеся непосредственно на самой р. Шу у п. Тасоткель – более 70 лет наблюдений. За весь период наблюдений в бассейнах рек Шу, Талас, Аса действовало 195 гидропостов. Следует отметить, что ведомственные посты характеризуются низким качеством материалов наблюдений. Необходимость в использовании неполноценных данных по стоку рек вызвана недостаточностью оснащенности территории постами. К основным недостаткам материалов по стоку рек следует отнести малую продолжительность наблюдений и неравномерное размещение постов по территории.

Сеть наблюдений за качеством поверхностных вод суши включает действующие гидропосты Национальной гидрометеорологической службы. Первое издание справочника «Основные гидрологические характеристики» (ОГХ) представляет составную часть материалов, издаваемых Госкомгидрометом СССР под общим названием «Ресурсы поверхностных вод СССР». Первое издание указанного справочника, завершено для всей территории бывшего Советского Союза в 1967 г., включает данные наблюдений на сети гидрологических станций и постов с начала их открытия по 1962 г. Результаты анализов воды за указанный период опубликованы в Гидрологических ежегодниках (Т. 5, Вып. 0-4,9). В ОГХ опубликованы также таблицы о химическом составе воды рек бассейна Шу с учетом их водности (осенне-зимняя межень, весенний паводок, летнее половодье). Во втором издании, которое включает данные за 1963...1970 гг., и в последующие издания таблицы о химическом составе воды рек в основные фазы их режима уже не включены, потому что данные наблюдений публиковались отдельным изданием, именуемым вначале «Гидрохимическим обзором состояния загрязнения поверхностных вод Казахской ССР», далее: «Гидрохимический бюллетень (материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории Казахской ССР)», «Ежегодник качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий на территории Казахской ССР», «Ежегодник качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям и эффективности проведенных водоохраных мероприятий на территории Республики Казахстан» (с 1994 г.) и с 2000 г. – «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод». В них приводятся обобщенные сведения по источникам загрязнения, химическому составу и уровню загрязнения поверхностных и морских вод на территории деятельности Казгидромета. Для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов трансграничных бассейнов рек Шу и Талас использовались «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» (далее ЕДК) за период с 1988 по 2017 гг. [5].

В результате обработки исходных данных ЕДК (ранее – Гидрохимические бюллетени) была создана база данных по качеству поверхностных вод бассейна р. Шу. Согласно проведенным работам, в разное время по бассейну р. Шу действовало 10 створов, где велись наблюдения за гидрохимическим режимом рек, ниже приведен их перечень:

- р. Шу – с. Мойынкум (ранее с. Фурмановка), 4 км ниже села;

- р. Шу – с. Благовещенское (0,5 км ниже села);
- р. Шу – с. Чапаево (Амангелды);
- вдхр. Тасоткелское – с.Тасоткел (2,5 км к югу от ст. 0,5 км ю-в пл.вдх);
- вдхр. Тасоткелское – с.Тасоткел (0,15 км А162 от ОГП);
- р. Аксу – а. Аксу (0,5 км выше а. Аксу, 10 км от устья Аксу);
- р. Карабалта – гр. с Кыргызстаном (112 км от устья реки);
- р. Карабалта – гр. с Кыргызстаном с. Баласагаун (26 км от устья реки);
- р. Токташ – гр. с Кыргызстаном (78 км от устья реки окраины с. Жаугаш Батыра);
- р. Сарыкау – граница с Кыргызстаном (35 км до впадения в р. Шу, 63 км от с. Мерке).

После обработки первичной информации стало понятно, что не все периоды и не все створы полностью охвачены наблюдениями по гидрохимическому составу вод. Так, по бассейну р. Шу за период с 1988 по 1997 гг. имеются ряды наблюдений по трем гидрохимстворам: р. Шу –с. Мойынкум (с. Фурмановка), (4 км ниже села); р. Шу – с. Благовещенское (0,5 км ниже села); р. Шу – с. Чапаево (Амангелды). Далее в период с 1997 по 2003 гг. наблюдения велись только по створу р. Шу– с. Благовещенское (0,5 км ниже села). Начиная с 2004 г. наблюдения начинают постепенно возобновляться.

### **Оценка качества вод и экологического состояния водных объектов бассейна реки Шу на основе расчетов КИЗВ за период 1988...2017 гг.**

Основная задача камеральной обработки исходных данных заключалась в обобщении материалов натуральных наблюдений и представлении их в табличном и картографическом виде, позволяющем в наглядной и аргументированной форме дать экологическую оценку современного состояния водных объектов рассматриваемых трансграничных бассейнов. Весь имеющийся период наблюдений (1988...2017 гг.) условно был разделен на 4 расчетных периода, характеризующихся различной активностью отраслей экономики Республики Казахстан:

- Исходный период (1988...1990 гг.) – период наиболее активной и стабильной деятельности промышленного и сельскохозяйственного производства до распада СССР;

- Переходный период (1991...2000 гг.) – период спада и кризисного состояния промышленного и сельскохозяйственного производства. В результате распада СССР произошла постепенная остановка многих промышленных материалоемких и, как следствие, низкорентабельных предприятий, загрязняющих поверхностные воды. В сельском хозяйстве происходит разукрупнение сельскохозяйственных производителей, прекращение использования дорогостоящих минеральных пестицидосодержащих удобрений;
- Современный период, этап 1 (2001...2005 гг.) – период возрождения промышленного и сельскохозяйственного производства. Период возрождения промышленности, ориентированной на добычу сырьевых ресурсов. Открываются небольшие частные предприятия, интенсивно эксплуатирующие природные ресурсы региона, пополняется автомобильный парк, особенно в крупных городах, идет интенсивное строительство в водоохраных зонах и полосах частного жилого сектора и предприятий сферы услуг;
- Современный период, этап 2 (2006...2017 гг.) – период дальнейшего роста промышленного и сельхоз производства. Характеризуется развитием промышленности, но все больше уделяется внимание модернизации очистных сооружений и сокращению вредных выбросов. Продолжается строительство частного сектора и развитие малого бизнеса на берегах рек.

Месячные концентрации ингредиентов  $C_i$  по каждому году наблюдений (мг/л или мкг/л) пересчитывались в средние значения за год, а затем – в среднесуточные значения за расчетный период. Кроме того, определялись максимальные и минимальные концентрации анализируемых ингредиентов за год, а также максимальные и минимальные концентрации за расчетный период. Коэффициенты загрязнений рассчитывались по показателям ПДК<sub>рх</sub> и ПДК<sub>хб</sub>. Для хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования использованы ПДК<sub>хб</sub>, указанные в Санитарных правилах «Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов», утвержденные Приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 г. № 209. [9-10].

Как показывает анализ, экстремальные значения концентраций загрязняющих веществ в разные годы могут достигать превышений ПДК в несколько раз, а иногда и в десятки раз. Очевидно, что такие превышения носят не циклический характер, а скорее всего эпизодический, который объясняется тем, что они могли быть фиксированы вследствие одноразовых выбросов. Однако такие исследования являются важными, т.к. позволяют проследить диапазон возможных максимальных концентраций и их превышений ПДК в реках, для того чтобы оценить возможные последствия.

Химический состав воды в пределах территории деятельности РГП «Казгидромет» МЭГПР РК формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих в реку с территории Кыргызстана. В районе с. Благовещенское (пограничный створ) вода р. Шу поступает с повышенным содержанием органических веществ, азота аммонийного, нитритов, кроме того в отдельных пробах наблюдаются повышенные концентрации фенолов и нефтепродуктов. Наблюдения на Тасоткелском водохранилище проводятся в 0,5 км выше (юго-восточнее) плотины водохранилища 2,5 км к югу от с. Тасоткель. Ниже села Благовещенское р. Шу зарегулирована Тасоткелским водохранилищем и уровень загрязненности в основном равномерен на всем протяжении. При анализе исходных данных были определены основные загрязняющие вещества, которые являлись характерными для бассейна р. Шу, они регулярно превышали нормативы ПДК:

- главные ионы: магний (Mg), хлориды (Cl), сульфаты (SO<sub>4</sub>), минерализация;
- органические вещества: летучие фенолы (Фен), нефтепродукты (Нф), СПАВ;
- биогенные элементы: азот аммонийный (NH<sub>4</sub>), азот нитритный (NO<sub>2</sub>), фосфаты (P<sub>2</sub>O<sub>4</sub>);
- тяжелые металлы: железо общее (Fe), медь (Cu), цинк (Zn);
- ядовитые вещества: фториды (F).

В связи с тем, что наиболее важным периодом для оценки экстремальных значений является современный период, ниже приводится анализ экстремумов характерных загрязняющих веществ для бассейна реки Шу за современный период с 2006 по 2017 гг.

За период 2006...2017 гг. по всем гидрохимическим створам наблюдались экстремальные значения концентраций загрязняющих веществ, как по рыбохозяйственным, так и по хозяйственно-бытовым критериям, следующих групп элементов: тяжелые металлы, органические вещества и биогенные элементы (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация экстремальных значений загрязняющих веществ по бассейну реки Шу за период 2006...2017 гг.

Загрязняющие вещества	Створы							
	р. Шу - с. Благовещенское	вдхр. Тасоткелское - с. Тасоткел (2,5км)	вдхр. Тасоткелское - с. Тасоткел (0,15км)	р. Карабалга - гр. с Кыргызстаном	р. Аксу - а. Аксу	р. Токташ - на гр. с Кыргызстаном	р. Сарыкау - на гр. с Кыргызстаном	
Биогенные элементы								
БПК <sub>5</sub> , мг/л	кол-во	36,5	12,2	7,11	29,3	11,2	12,0	5,00
	мес/год	5,2014	2,2012	11,2009	5,2011	4,2010	11,2009	2,2014
Азот аммон., мг/л	кол-во	6,05	2,68	0,64	1,04	0,98	1,20	0,27
	мес/год	5,2014	2,2012	9,2005	10,2010	6,2010	10,2010	6,2014
Азот нитрит., мг/л	кол-во	0,58	0,05	0,04	0,04	0,28	0,32	0,04
	мес/год	4,2007	1,2013	11,2007	1,2008	5,2007	11,2012	11,2014
Азот нитрат., мг/л	кол-во	7,36	4,51	4,00	5,90	8,80	6,95	2,57
	мес/год	2,2005	9,2010	2,2006	10,2009	4,2010	10,2009	2,2014
Фосфаты, мг/л	кол-во	0,12	2,61	0,06	0,04	0,07	0,10	0,02
	мес/год	3,2008	2,2012	1,2007	3,2008	3,2007	4,2009	11,2014
Органические вещества								
Летучие фенолы, мг/л	кол-во	0,006	0,002	0,002	0,006	0,005	0,004	0,003
	мес/год	3,2008	2,2012	1,2005	2,2008	4,2014	2,2009	1,2014
Нефтепродукты, мг/л	кол-во	0,10	0,08	0,08	0,12	0,22	0,09	0,06
	мес/год	5,2009	1,2013	1,2005	9,2013	11,2016	10,2016	6,2012
СПАВ, мг/л	кол-во	0,22	0,06	0,08	0,06	0,11	0,06	0,04
	мес/год	3,2006	1,2012	11,2006	11,2008	11,2006	8,2009	4,2014
Тяжелые металлы								
Железо общее, мг/л	кол-во	1,22	0,92	0,20	1,14	0,99	0,70	0,34
	мес/год	7,201	11,2014	9,2008	2,2011	2,2011	7,2009	3,2014
Медь, мкг/л	кол-во	11,8	5,90	7,80	9,30	9,60	9,80	4,40
	мес/год	3,2008	2,2013	9,2008	12,2012	3,2006	8,2010	9,2014
Цинк, мкг/л	кол-во	27,5	7,30	9,90	20,0	24,2	13,9	6,10
	мес/год	3,2006	2,2014	2,2009	7,2008	3,2011	2,2009	1,2014
Хром, мкг/л	кол-во	1,00		1,00		1,00		
	мес/год	9,2005		9,2005		2,2008		

Так, например, в створе р. Шу – с. Благовещенское, по рыбохозяйственным критериям, превышение по железу составило 12,2 ПДК (июль

2008 г.). Так же значительное превышение ПДК<sub>рх</sub> было отмечено для следующих элементов: медь, цинк, летучие фенолы, нефтепродукты, азотосодержащие и ядовитые вещества. Максимальное превышение по меди составило 11,8 ПДК (март 2008 г.), цинк 2,8 ПДК (март 2006 г.), фенолы 6 ПДК (март, февраль 2008 г.), нефтепродукты 2,4 ПДК (сентябрь 2013 г.), азот нитритный 29 ПДК (апрель 2007 г.), азот аммонийный 15,9 (май 2014 г.), фосфаты 10,4 ПДК (февраль 2008 г.), магний 4,2 ПДК (июль 2008 г.), сульфаты 22,3 ПДК (октябрь 2008 г.), фториды 3,3 ПДК (декабрь 2006 г.). По створу вдхр. Тасоткел (2,5 км к югу от ст. 0,5 км ю-в пл.вдхр), максимальные превышения по железу составило 9,2 ПДК (ноябрь 2014 г.), медь 5,9 ПДК (февраль 2013 г.), азот аммонийный 7,1 ПДК (февраль 2012 г.), азот нитритный 2,7 ПДК (январь 2013 г.), фенолы 10,4 ПДК (февраль 2012 г.), фториды 1,2 ПДК (ноябрь 2014 г.). По створу вдхр. Тасоткел (0,15 км А162 от ОГП), максимальные превышения по меди составило 7,8 ПДК (сентябрь 2008 г.), железо 2,0 ПДК (сентябрь 2008 г.), цинк 1 ПДК (февраль 2009 г.), азот аммонийный 1,7 ПДК (сентябрь 2005 г.), азот нитритный 2,1 ПДК (ноябрь 2007 г.), фториды 1,1 ПДК (январь 2009 г.).

По створу р. Карабалта (гр. с Кыргызстаном 10 км от устья реки; 1,12 км от устья реки; с. Баласагун – 26 км от устья реки) максимальные превышения по железу составило 11,4 ПДК (февраль 2011 г.), медь 9,3 ПДК (декабрь 2012 г.), цинк 2 ПДК (июль 2008 г.), азот аммонийный 2,7 ПДК (октябрь 2010 г.), азот нитритный 2 ПДК (январь 2008 г.), фенолы 6 ПДК (февраль 2008 г.), нефтепродукты 2,4 ПДК (сентябрь 2013 г.), магний 4,2 ПДК (июль 2008 г.), сульфаты 22,3 ПДК (октябрь 2008 г.), фториды 2,5 ПДК (октябрь 2013 г.).

По створу р. Аксу (с. Аксу (0,5 км выше с. Аксу, 10 км от устья Аксу) максимальные превышения по железу составило 9,9 ПДК (февраль 2011 г.), медь 9,6 ПДК (март 2006 г.), цинк 2,4 ПДК (март 2011 г.), азот аммонийный 2,6 ПДК (июнь 2010 г.), азот нитритный 14 ПДК (май 2007 г.), фенолы 5 ПДК (апрель 2014 г.), нефтепродукты 4,4 ПДК (ноябрь 2016 г.), СПАВ 1,1 ПДК (ноябрь 2006 г.), магний 2,5 ПДК (март 2006 г.), сульфаты 5,8 ПДК (май 2008 г.), фториды 2,5 ПДК (июнь 2010 г.), кальций 0,6 ПДК (январь 2015 г.).

По створу р. Токташ – на гр. с Кыргызстаном (78 км от устья реки окраины с. Жаугаш Батыра) максимальные превышения по меди составило 9,8 ПДК (август 2010 г.), железо 7 ПДК (июль 2009 г.), цинк 1,4 ПДК (февраль 2009 г.), азот аммонийный 3,2 ПДК (октябрь 2010 г.), азот нитритный 16 ПДК (ноябрь 2012 г.), фенолы 4 ПДК (февраль 2009 г.), нефтепродукты 1,8 ПДК

(октябрь 2016 г.), магний 2,1 ПДК (май 2015 г.), сульфаты 9,9 ПДК (сентябрь 2014 г.), кальций 0,9 ПДК (май 2015 г.), (фториды 2 ПДК (август 2013 г.).

По створу р. Сарыкау – на границе с Кыргызстаном (35 км до впадения в р. Шу, 63 км от с. Мерке), максимальные превышения по меди составило 4,4 ПДК (сентябрь 2014 г.), железо 3,4 ПДК (март 2014 г.), азот нитритный 1,9 ПДК (ноябрь 2014 г.), фенолы 3 ПДК (январь 2014 г.), магний 2,5 ПДК (май 2014 г.), сульфаты 9,9 ПДК (май 2014 г.), фториды 2,0 ПДК (ноябрь 2014 г.).

Что же касается максимальных превышений по хозяйственно-бытовым критериям, на всем протяжении реки, то тут основными загрязняющими веществами выступают группы такие как: органические вещества; тяжелые металлы, ядовитые вещества.

Расчет комплексных показателей по р. Шу, был проведен по каждому гидрохимическому створу, расположенных на реке, при условии отбора в течение года не менее четырех проб.

Согласно проведенному расчету и анализу комплексного индекса загрязняющих веществ по рыбохозяйственным критериям (ПДК<sub>рх</sub>), река Шу на всем своем протяжении в разные периоды характеризуется следующими классами загрязнения:

- В исходный период (1988...1990 гг.) концентрации загрязняющих веществ по рыбохозяйственным критериям по длине реки находятся в диапазоне «умеренного» уровня загрязнения, загрязнители представлены всеми группами: биогенные элементы; органические вещества; главные ионы; тяжелые металлы; ядовитые вещества.

- Переходный период (1991...2000 гг.) также характеризуется умеренным уровнем загрязнения, основными загрязнителями те же: группа тяжелых металлов, биогенные элементы, главные ионы и ядовитые вещества.

- Современный период (2001...2005 гг.), недостаточное количество данных наблюдений не дает полной картины для анализа, хотя на р. Шу – с. Благовещенское можно видеть небольшую тенденцию по снижению уровня загрязнения, находится в зоне умеренного загрязнения, основными загрязнителями: группа тяжелых металлов, биогенные элементы и ядовитые вещества.

- Современный период (2006...2017 гг.), данный период так же имеет недостаточно данных для проведения качественного анализа вод р. Шу, но в отличии от предыдущего периода здесь можно видеть появление данных наблюдений по притокам таких как: р. Карабалта, р. Токташ и р. Сарыкау, что

в свою очередь дают более полное представление о качестве вод за данный период. Здесь наблюдается «умеренный уровень загрязнения», основными загрязнителями являются: тяжелые металлы, биогенные вещества, органические и ядовитые вещества.

Согласно проведенного анализа во все периоды отмечались превышения показателей ПДК<sub>рх</sub> по всем группам загрязняющих веществ. Основными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы: медь, цинк, железо. На втором месте по кратности превышения нормативов находятся биогенные вещества, затем главные ионы, органические и ядовитые вещества.

В целом, за весь рассматриваемый период, воды р. Шу и притоков по рыбохозяйственным показателям на разных участках находится стабильно в зоне умеренного загрязнения. Рыбохозяйственные критерии жестче, чем хозяйственно-бытовые, в связи с этим, по полученным результатам можно сделать вывод о том, что экологическое состояние поверхностных вод бассейна по хозяйственно-бытовым нормативам (в сравнении с рыбохозяйственным критериям) отличаются в лучшую сторону.

Согласно проведенному расчету и анализу комплексного индекса загрязняющих веществ по хозяйственно-бытовым критериям ПДК<sub>хб</sub>, можно сделать вывод, что в период 1988...1990 гг. уровень загрязнения вод р. Шу по длине реки находится в диапазоне умеренного уровня загрязнения.

Далее в переходный период (1991...2000 гг.) во всех створах фиксируется «умеренный уровень загрязнения».

В современный период 1 (2001...2005 гг.) уровень загрязнения находится в зоне умеренного уровня загрязнения, основными загрязнителями явились тяжелые металлы, органические и ядовитые вещества.

Современный период 2 (2006...2017 гг.) во всех створах характеризуется так же умеренным уровнем загрязнения в диапазоне от 1,14 до 1,70 ПДК<sub>хб</sub>, основными загрязнителями явились тяжелые металлы, органические вещества, главные ионы и ядовитые вещества.

Согласно проведенного анализа, во все периоды фиксировались превышения уровней ПДК<sub>хб</sub> всеми группами загрязняющих веществ, основными загрязняющими веществами является главные ионы, на втором месте – органические вещества, затем – тяжелые металлы, биогенные и ядовитые вещества. В целом, за весь рассматриваемый период, воды р. Шу и притоков по хозяйственно-бытовым показателям на разных участках находится стабильно в нижней части зоны умеренного загрязнения. Для снижения загрязнений вод р. Шу должен быть модифицированы городские очистные сооружения г. Бишкек.

Для адекватных оценок загрязнения р. Шу и притоков РГП «Казгидромет» МЭГПР РК следует строго придерживаться «Методических указаний по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана», утвержденных МООС РК 11.05.2012 г. [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Общая гидрохимия. – Л.: ЛГУ, 1948. – 186 с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Республики Казахстан. – РГП «Казгидромет» МЭ РК (1986...2016 гг.).
4. Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. – М.: Колос, 1971. – 248 с.
5. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Под ред. М.Ж. Бурлибаева. – Астана: МООС РК, – 2012. – 83 с.
6. Методические указания по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана / Под ред. М.Ж. Бурлибаева. – Астана: МООС РК, 2012. – 140 с.
7. Никаноров А.М. Гидрохимия – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.14. Средняя Азия. Вып. 2. Бассейны оз. Иссык-Куль и рек Чу, Талас, Тарим / Под ред. М.Н. Большакова. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 308 с.
9. СанПиН № 4630–88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР. – 1988. – 74 с.
10. «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемосточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» (утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан 16 марта 2015 г. № 209). – 31 с.

Поступила 25.01.2019

Техн. ғылымд. докторы  
Хим. ғылымд. канд.  
PhD

М.Ж. Бурлибаев  
Р.К. Кайдарова  
Д.М. Бурлибаева  
И.В. Шенбергер  
К.М. Кулебаев

**ШУ ӨЗЕНІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ӨЗГЕРУІНІҢ  
ҚАЗІРГІ АХУАЛЫ ЖӨНІНДЕ**

**Түйін сөздер:** гидрология, гидрохимия, токсикология, антропогенді ластанулар, трансшекаралық өзен, көршілес мемлекеттер тарапынан ластанулар, басты иондар тобы, ауыр металдар, органикалық және биогенді заттар, уытты заттектер

*Қазіргі кезде Шу өзенінің гидрохимиялық режимінің өзгерісіне аса қатты мән берілмейді, Қазақстан Республикасы мен Қырғыз Республикасы арасындағы бірлескен Шу-Талас комиссиясы тек транзиттік ағындарды бөлуден, яғни өзен ағынының мөлшерлі сипаттамасымен айналысады. Алайда, қазіргі уақытта өзендер ағындарының ластануы жөніндегі мәселелерді қарастыратын уақыт жетті, өйткені бұл мәселе-лені кейінге қалдыру орны толмайтын олқылықтарға әкеліп соқтыруы мүмкін. Бұл мақала Шу өзені мен оның тармақтарының гидрохимиялық режимдерінің өзгерісін зерттеуге арналған.*

M.ZH. Burlibayev, R.K. Kaidarova, D.M. Burlibayeva, I.V. Shenberger,  
K.M. Kulebayev

#### **ABOUT THE CURRENT STATE OF HYDROCHEMICAL REGIME CHANGE OF THE SHU RIVER**

**Key words:** hydrology, hydrochemistry, toxicology, anthropogenic pollution, transboundary river, pollution from neighboring country, group of major ions, heavy metals, organic and biogenic substances, toxic substances

*In modern conditions, no attention is paid for the changes in hydrochemical regime of the Shu river, while the joint Shu-Talas Commission between the Republic of Kazakhstan and the Kyrgyz Republic deals only with the division of transit flow, i.e. the quantitative characteristics of river flow. However, it is time to consider the issue of pollution of river runoff, because postponing this issue for the long term is fraught with irreversible processes. This article is devoted to the study of changes in hydrochemical regime of the Shu River and its tributaries.*

---

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина<sup>1</sup>

Е.И. Васенина<sup>1</sup>

А.Ф. Елтай<sup>2,1</sup>

## СГОННО-НАГОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Ключевые слова:** сгонно-нагонные явления, колебания уровня, Каспийское море.

*В статье рассматривается характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части Каспийского моря за различные периоды. Исследуются особенности развития сгонно-нагонных процессов на фоне подъема и спада фонового уровня Каспийского моря за последние 40 лет.*

**Введение.** История Каспийского моря характеризуется сложным ходом природных процессов. В первую очередь это выражается в резких колебаниях его уровня и сгонно-нагонных явлениях, развивающихся на этом фоне. Для Каспийского моря основным видом короткопериодных колебаний уровня моря являются сгонно-нагонные явления анемобарического происхождения, при которых за небольшой период времени (несколько часов) уровень может измениться на 1,5...2,5 м. Статистика сгонно-нагонных явлений в исследуемом районе Каспия, выполненная по данным морских станций МГ З.В. Шальга и М Пешной за период наблюдений 1940...2018 гг., показывает, что за месяц здесь происходит в среднем 3...5 нагонов и 4...5 сгонов различной интенсивности. Поэтому 80...85 % времени береговая черта у северо-восточного побережья Северного Каспия неустойчива и практически все время мигрирует. При средних ветровых условиях размах этой миграции составляет 3...5 км, в экстремальных – при сгоне величина осушки может достигать 8...12 км, а при нагоне вода проникает вглубь суши до 15 км [2]. При сильном нагоне побережье затапливается более чем на 30 км от постоянного уреза воды. Наиболее высокие

---

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

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

нагонные волны (2...2,5 м) наблюдаются в заливе Комсомольский, на прибрежных участках полуострова Бузачи и сора Мертвый Култук.

**Используемые методы.** На основе анализа многолетнего ряда архивных данных получены представления об основных характеристиках и параметрах нагонов и сгонов. Характеристики сгонно-нагонных колебаний уровня Северного Каспия определяются ветром, глубиной, морфологическими особенностями дна и берегов, растительностью, ледяным покровом и стоком реки Жайык (в устье). Ветер, дующий в сторону мелководного берега вызывает нагон, а с берега – сгон. Эффективным считался ветер, направление которого при одинаковой скорости вызывало наибольший подъем (или спад) уровня [4]. За отсчетный горизонт для сгонно-нагонных колебаний уровня принималось положение уровня моря до начала явления (самое низкое положение при нагоне и самое высокое – при сгоне).

Для определения пространственно-временных характеристик сгонно-нагонных явлений использовался статистический метод – биномиальная асимметричная кривая обеспеченности или кривая распределения Пирсона III типа. Для получения модельных карт зон возможного затопления и осушения использовалась гидродинамическая модель Каспийского моря, основанная на технологии MIKE 21 Датского гидравлического института (DHI Water&Environment).

**Характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части в период подъема уровня Каспийского моря.** Если рассматривать последние 40 лет, то в изменениях уровня Каспийского моря можно выделить два периода: быстрого повышения – 1978...1995 гг. и медленного снижения – 1996...2018 гг., хотя надо отметить, что, начиная с 2006 г. темпы снижения уровня заметно возросли [1]. За период 1978...1995 гг. уровень Каспийского моря повысился с абсолютной отметки минус 29 м до минус 26,6 м, в результате чего значительная часть побережья попала под затопление, в том числе нефтеразведочные и нефтепромысловые скважины [7-8]. Долговременный подъем уровня моря усугубил влиянием ветровых (штормовых) нагонов, характерных для побережья Северного Каспия. Повышение уровня моря вызвало ряд негативных экологических процессов: затопление и подтопление прибрежных зон, в том числе нефтяных скважин, размыв пляжей и интенсивное загрязнение морских вод. В качестве примера можно привести нагон 20...22.04.1987 г., продолжительность которого составила 36 ч.

Причиной которого стал сильный шторм. Скорость ветра северо-западной четверти достигала 28 м/с. В результате нагона на 70 % был затоплен остров Новинский. На участке побережья от о. Новинского до Севрюжьей косы ширина зоны затопления была 2...3 км, на участке Севрюжьей Коса – Атаманская Коса она составила 5...8 км. Было подтоплено или затоплено около 20 животноводческих ферм. От дельты р. Жайык на восток ширина зоны затопления увеличилась до 20...25 км. На участке Жилая Коса – Тенгиз была затоплена территория шириной 15...20 км. Затоплены нефтепромыслы Терень-Узьяк, Каратон, Тажигали, Тенгиз, Прорва, разведочная площадь Южная Сарга. На нефтепромысле Каражанбас в двух местах размыва защитная дамба.

В акте обследования состояния защитных дамб месторождений на восточном побережье Северного Каспия ПО «Тенгизнефтегаз» отмечено, что после нагона 8...9 мая 1989 г. на месторождении «Западная Прорва» в дамбе образовались прораны 50 и 70 м, подмыты откосы дамбы высотой до 1 м. На месторождении «Западная Прорва» нагонными водами размыв 40-метровый участок автодороги. На Тенгизском месторождении воды вплотную подошли к обочине автодороги Каратон-Тенгиз. На месторождении «Тажигали» полностью размыв обвалование месторождения. На месторождении «Терень-Узьяк» образовался 100-метровый проран в дамбе, а с южной стороны произошел перелив воды через верхнюю отметку на протяжении 150...200 м. Данный нагон был вызван ветрами западного и юго-западного направления скорость которых достигала 14 м/с.

Статистика этих явлений показала, что наиболее часто они фиксировались осенью (рис. 1), экстремальные – в апреле-мае и ноябре.

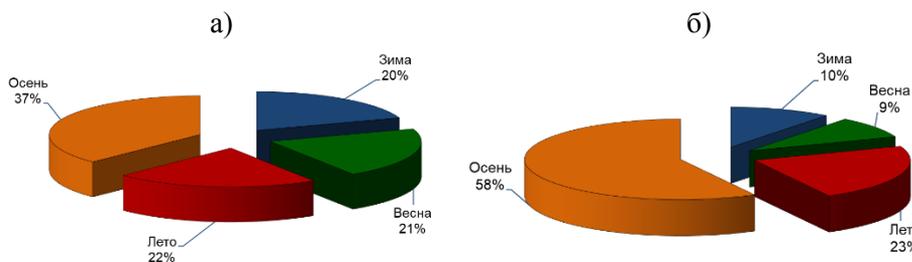


Рис. 1 Повторяемость сгонно-нагонных явлений по данным М. Пешиной за период с 1978 по 1995 гг. а) – нагонные явления, б) – сгонные явления.

Уровень воды у восточного побережья поднимался более чем на 2 м и в зону затопления попадала территория с абсолютными отметками ниже минус 24,5 м. Продолжительность подъема уровня менялась от 6 до 360 ч.

Наибольшая величина спада уровня была зафиксирована станцией М Пешной и составила 97 см, море отступало до отметки – 29,14 м БС. Амплитуда колебаний с учетом сгонно-нагонных явлений составила 4,6 м [2].

Средняя высота значимого нагона за этот период составила 58 см, а сгона – 64 см.

**Характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части в период падения уровня Каспийского моря.** В период 1996...2018 гг. уровень Каспийского моря понизился с абсолютной отметки минус 26,8 м до минус 28,03 м и зона затопления сместилась в сторону моря (рис.2).



*Рис. 2. Положение береговой линии в северо-восточной части Каспийского моря в 2005 и 2018 гг.. а) – космический снимок NASA за 08.07.2005 г.; б) – космический снимок NASA за 09.07.2018 г.*

Падение уровня моря составило 1,42 м, и он вплотную приблизился к отметке минус 28,0 м. Средняя интенсивность падения составила 9 см/год, а в отдельные годы ее величина доходила до 24...25 см/год (2011 и 2015 гг. соответственно). В 2016 и 2017 гг. средний фоновый уровень достиг отметки – 27,99 м БС, в 2018 г. его отметка составила – 28,03 м БС, а в декабре 2018 г. уровень доходил до отметки – 28,23 м БС (табл.1).

Как видно из рис. 2 такое снижение уровня моря способствовало изменению положения береговой линии Каспийского моря, особенно в его северо-восточной части. Вышли на дневную поверхность значительные пространства дна прибрежного участка моря (более 20 км шириной). Конфигурация береговой черты изменилась, береговая черта изрезана эрозионными сточными ложбинами. По этим ложбинам талая вода весной стекает в сторону моря, а во время нагона морская вода с моря поступает в прибрежные соры и затопливает территорию. Данный район моря имеет малые уклоны дна и прилегающей к нему суши (падение в сторону моря – 4...7 см на 1 км) и даже небольшие изменения уровня моря приводят к значительным затоплениям или осушениям побережья [5-6].

Таблица 1

Среднемесячный фоновый уровень Каспийского моря за период  
2011...2018 гг., м [1]

Месяц	Год							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	-27,50	-27,61	-27,73	-27,73	-28,00	-28,19	-28,10	-28,07
Февраль	-27,50	-27,58	-27,72	-27,74	-27,98	-28,16	-28,07	-28,09
Март	-27,51	-27,59	-27,68	-27,72	-27,94	-28,09	-28,04	-28,06
Апрель	-27,47	-27,56	-27,64	-27,69	-27,91	-28,02	-28,03	-28,02
Май	-27,42	-27,52	-27,54	-27,64	-27,86	-27,95	-27,95	-27,93
Июнь	-27,36	-27,48	-27,46	-27,60	-27,81	-27,80	-27,88	-27,87
Июль	-27,36	-27,42	-27,44	-27,58	-27,82	-27,78	-27,83	-27,85
Август	-27,44	-27,46	-27,49	-27,64	-27,91	-27,81	-27,84	-27,89
Сентябрь	-27,59	-27,55	-27,57	-27,73	-28,01	-27,95	-27,94	-28,02
Октябрь	-27,62	-27,63	-27,66	-27,88	-28,13	-27,99	-28,03	-28,15
Ноябрь	-27,63	-27,68	-27,70	-27,93	-28,19	-28,03	-28,05	-28,20
Декабрь	-27,63	-27,70	-27,74	-27,98	-28,20	-28,12	-28,08	-28,23
Год	-27,50	-27,57	-27,61	-27,74	-27,98	-27,99	-27,99	-28,03

Сгонно-нагонные явления также, как и в предшествующем периоде, наиболее часто фиксировались осенью (рис. 3), экстремальные – в апреле и ноябре, но количество сгонов увеличилось в весенний период. Уровень воды в районе станции М Пешной поднимался на 172 см и в зону затопления попадала территория с абсолютными отметками ниже минус 26,0 м. Наибольшая величина спада уровня была зафиксирована станцией М Пешной и составила 117 см, море отступало до отметки – 29,52 м БС. Амплитуда колебаний с учетом сгонно-нагонных явлений – 3,5 м.

Средняя высота значимого нагона и сгона (более 40 см) за этот период составила 60 см.

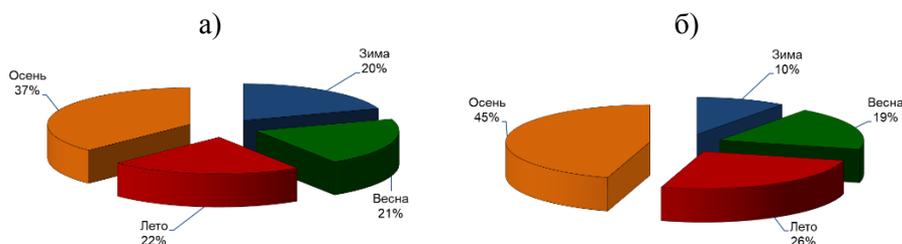
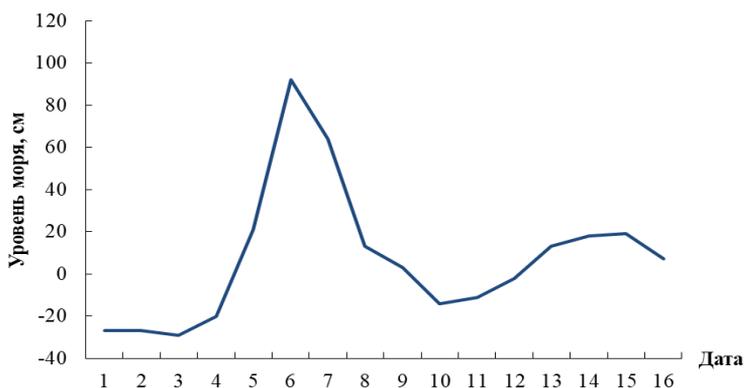


Рис. 3 Повторяемость сгонно-нагонных явлений по данным М Пешной за период с 1996 по 2018 гг. а) – нагонные явления, б) – сгонные явления.

Анализ каталога сгонно-нагонных явлений [3], созданного в управлении гидрометеорологических исследований Каспийского моря РГП «Казгидромет» показал, что за последние 10 лет количество нагонов в

районе северо-восточной части Каспийского моря значительно уменьшилось, а сгонов – увеличилось. Необходимо отметить, что в северной части Каспийского моря наблюдаются наибольшие по величине сгоны, однако они изучены слабо. Основной причиной является чрезвычайная отмелость берегов в этом районе: при сгонах образуется осушка, вода может уходить от водомерного поста на несколько километров в сторону моря и при сильных сгонах взять отсчёт по рейке невозможно. Ниже приведем два случая опасных сгонно-нагонных явлений, зафиксированных в 2017 и 2019 гг.

Так со 2 по 11 декабря 2017 г. наблюдалась классическая сгонно-нагонная ситуация (рис. 4). При устойчивом юго-восточном направлении ветра с максимальной скоростью ветра до 12 м/с произошёл подъём уровня моря до отметки минус 28,30 м БС, а затем спад до отметки минус 27,02 м БС, следом началось критическое падение уровня Каспийского моря с отметки минус 27,08 м до отметки минус 28,14 м. По критериям опасности произошёл особо опасный нагон (затопление побережья более 10 км, разрушение дамб и построек) и особо опасный сгон (суда могут оказаться на мели).



*Рис 4. Ход уровня Каспийского моря по данным М Пешиной в период сгонно-нагонной ситуации в декабре 2017 г.*

Еще один экстремальный случай наблюдался в период с 16 по 22 апреля 2019 г. (рис. 5). При низком значении уровня Каспийского моря (минус 28,22 м БС) началось опасное падение уровня до отметки минус 28,96 м. Скорость ветра в этот период достигала 16 м/с, направление ветра – северо-восточное. Затем, по классической схеме, наблюдался подъем уровня Каспийского моря до отметки минус 27,65 м БС при максимальном юго-западном направлении ветра до 8 м/с.

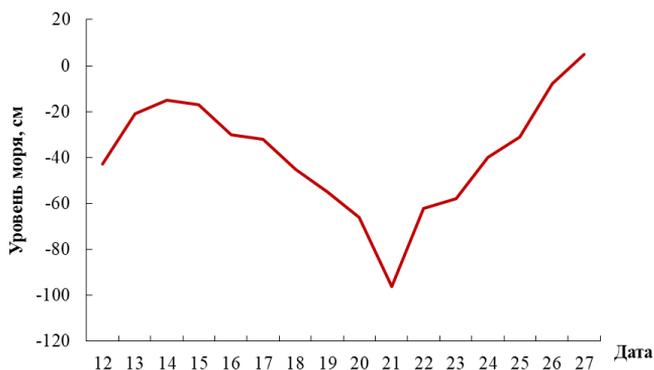


Рис. 5. Ход уровня Каспийского моря по данным М Пешной в период сгонно-нагонной ситуации в апреле 2019 г.

**Статистический анализ сгонно-нагонных явлений.** Расчеты выполнялись по имеющемуся каталогу сгонно-нагонных явлений. Ряды сгонно-нагонных уровней воды имели нормальное распределение. На основе проведенных расчетов были построены модельные карты затопления Атырауской области Каспийского моря. Они отражают возможное затопление при прохождении нагонов редкой повторяемости – 0,01%-ной обеспеченности (рис 6-7) при современном положении уровня моря – минус 28,0 м БС. Координаты зон затопления нанесены на модельные батиметрические карты с шагом сетки 2 км. На рисунках представлены уменьшенные копия карт в равноугольной цилиндрической проекции Меркатора (UTM-координатах).

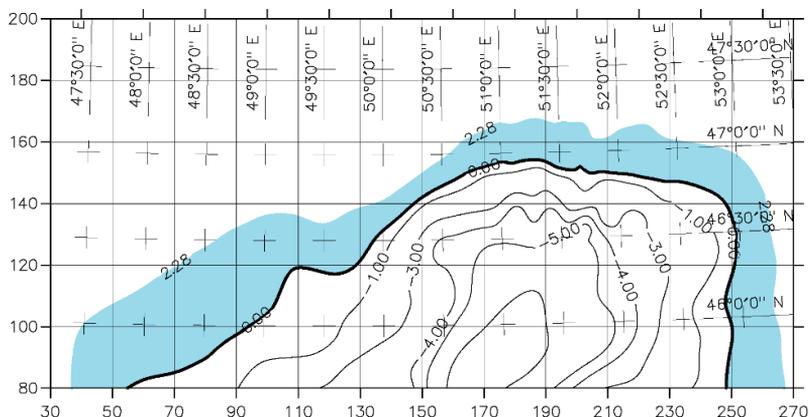
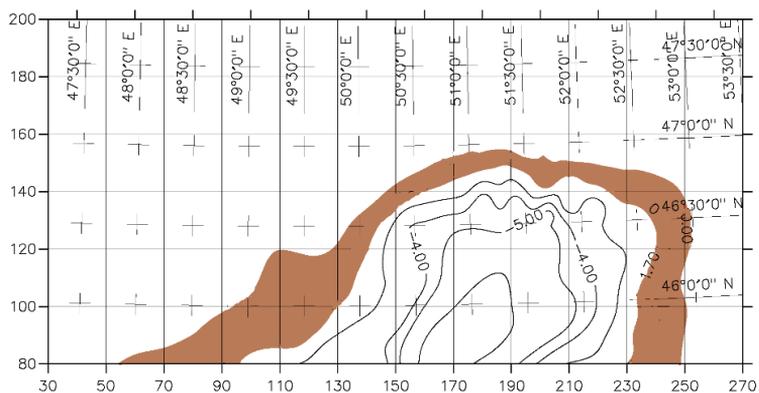


Рис. 6. Зоны затопления во время нагонных явлений 0,01%-ной обеспеченности при фоновом уровне моря равном минус 28 м.



*Рис. 7. Зоны осушки морского дна во время сгонных явлений 0,01%-ной обеспеченности при фоновом уровне моря равном минус 28 м.*

Таким образом, проведенные исследования показали, что опасность от сгонно-нагонных явлений сохраняется как в период подъёма, так и в период спада уровня. Однако, при низком стоянии уровня моря возрастает опасность от сгонных явлений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генеральный каталог уровня Каспийского моря [Электрон. ресурс]. – 2016. –URL: [http:// www.caspc.com/index.php?razd=sess&lang=1&sess=17&podsess=61](http://www.caspc.com/index.php?razd=sess&lang=1&sess=17&podsess=61) (дата обращения 14.08.2019 г.).
2. Ивкина Н.И. Ветровые нагоны морской воды, их моделирование и влияние на окружающую среду северо-восточного Каспия: Автореферат канд. диссертации / КазГУ им. С.М. Кирова.– Алматы, 1998.– 25с.
3. Ивкина Н.И., Соколова Л.М., Васенина Е.И., Галаева О.С. Каталог сгонно-нагонных явлений по данным казахстанских наблюдательных пунктов. Алматы: ИП Волкова Е.В., 2012. – 38 с.
4. Ивкина Н.И. Метод исследования и прогнозирования сгонно-нагонных явлений в казахстанской части Каспийского моря с учетом изменяющихся воднобалансовых характеристик // Изменения климата и водного баланса Каспийского региона: Тезисы докладов Международн. науч. конф., Астрахань, Россия, 2010, С. – 22-23.
5. Ивкина Н.И., Терехов А.Г., Наурузбаева Ж.К. Колебания уровня Каспийского моря и диагностика современных изменений положения береговой линии по спутниковым данным Landsat периода 2005-2015 годов // Гидрометеорология и экология. – 2015. – N 2. – С. 89-99.
6. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N 9 от 16 марта 2015г. [Электрон. ресурс]. – 2015. –

URL: [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin9\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin9_1.pdf) (дата обращения 27.06.2019 г.).

7. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. О причинах и последствиях колебаний уровня Каспийского моря в XX-XXI столетиях. // Труды ГОИН. – 2008. – Вып. 211. – С. 127-151.
8. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. Современные колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, тенденции // Вестник Каспия. – 2006. – № 4 (60). – С. 40-59.
9. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Т. IV. Каспийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 359 с.
10. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Дуйсебаев Ж.Д. Проблема Каспия: колебания уровня моря и его прогноз // Геология Казахстана. –1996. – № 1. – С. 19-29.

Поступила 20.06.2019

Геогр. ғылымд. кандидаты

Н.И. Ивкина

Е.И. Васенина

А.Г. Елтай

### **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС БӨЛІГІНДЕГІ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙДАҒЫ ЖЕЛШЕГЕРМЕ-ЖЕЛКӨТЕРМЕ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ**

**Түйін сөздер:** желшегерме-желкөтерме құбылыстары, теңіз деңгейінің құбылуы, Каспий теңізі

*Мақалада әртүрлі кезеңдердегі Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігіндегі желшегерме-желкөтерме құбылыстарының сипаты қарастырылады. Соңғы 40 жылдағы Каспий теңізінің фондық деңгейінің көтерілуі мен түсуі аясында желшегерме-желкөтерме процестерінің даму ерекшеліктері зерттелген.*

N.I. Ivkina, E.I. Vassenina, A.G. Yeltay

### **STORM SURGES AT THE NORTHEASTERN PART OF THE CASPIAN SEA IN THE MODERN CONDITIONS**

**Key words:** storm surges, water level fluctuations, Caspian Sea

*The article examines the nature of the storm surges in the northeastern part of the Caspian Sea over various periods. The peculiarities of the storm surges processes during the period of the rise and decline of the Caspian Sea background level over the last 40 years are investigated.*

УДК 556.161, 556.166, 556.16|45|

Канд. техн. наук

Р.Г. Абдрахимов<sup>1</sup>А.Ф. Елтай<sup>2,1</sup>**ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДЕЙ ЗАТОПЛЕНИЯ РЕК  
РАВНИННОГО КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ НУРА)**

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование земли, карты затопления, климат, космические снимки, река Нура, осадки, расход воды, температура, Центральный Казахстан

*Проанализированы многолетние данные метеорологических (осадки, температура воздуха) и гидрологических (расходы воды) параметров бассейна реки Нура. Собраны и проанализированы космические снимки из архива данных Landsat для района гидропоста у с. им. Р. Кошкарбаева. Динамика развития паводка у с. им. Р. Кошкарбаева на р. Нура представлена в виде карт зон затопления за весенние периоды 2014...2016 гг.*

Явление интенсивного затопления территории, которое может привести к гибели или ухудшению здоровья населения, а также причиняющий материальный ущерб называется наводнением. Они отмечаются при половодьях, паводках, прорывах дамб и плотин и как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены. Их можно только ослабить и локализовать [9].

Одними из основных проблем, которые приводят к большим ущербам во время половодий на территориях Казахстана, являются, во-первых, отсутствие достаточного количества информации об опасности затопления территорий, во-вторых, отсутствие законодательно закрепленных правил хозяйственного использования земель, подверженных сезонным затоплениям. По статистике за последние 10 лет в Казахстане зарегистрировано более 300 наводнений различного происхождения, из которых 70 % приходится на наводнения, связанные с весенним половодьем, 30 % были вызваны дождями и 10 % другими причинами [10].

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

<sup>2</sup>РГП «Казгидромет» НИЦ, г. Алматы, Казахстан.

Как известно наводнения на казахстанских реках отмечаются практически ежегодно. При этом значительные наводнения, приносящие огромный ущерб и продолжительные трудности в жизнеобеспечении большого числа населенных пунктов повторяются, как правило, 1 раз в 50...100 лет.

В современных условиях с увеличением плотности населения и благоприятной экономической ситуаций в стране, а также изменения климатических условий риски, связанные с возникновением наводнений и их опасность, возрастают. Так было, например, весной 1993 г., когда в связи с избыточными снегозапасами, резким и продолжительным потеплением, весенними дождями наблюдались наводнения практически на всех равнинных реках республики. По данным Государственного Комитета Статистики за 10 июля 1993 г., пострадали 669 населенных пунктов, погибло 6 человек, эвакуировано 12,7 тыс. человек. Затопленными и разрушенными оказались 7 тыс. домов общей площадью 635 тыс. м<sup>2</sup>. Затоплению также подверглись 50 тыс. га посевных площадей, 2,3 тыс. животноводческих помещений, погибло 66 тыс. голов скота, пришли в негодность 875 км автомобильных дорог, 718 км линий электропередач, 275 км линий связи, 513 гидротехнических сооружений. Практически ежегодно наводнения охватывают разные регионы Казахстана, нанося огромный экономический ущерб [10].

Увеличение числа наводнений, и ущерб от их последствий, связаны, как с климатическими изменениями, так и с интенсивным строительством хозяйственных объектов в долинах рек. Рост средних годовых температур воздуха и количества осадков за последние десятилетия обуславливает значительные разливы рек.

Анализ режима средних годовых температур воздуха и количества годовых сумм осадков по длинорядным метеорологическим станциям (МС) в бассейне р. Нура позволяет оценить возрастание угрозы наводнений на территории Казахстана. По данным метеорологических станций, расположенных в бассейне реки, рост средних многолетних годовых температур, начиная с семидесятых годов прошлого столетия (рис. 1) составил в среднем 0,96 °С (табл. 1).

Увеличение годовых осадков в многолетнем режиме отчетливо наблюдается с 1990-х годов по данным МС Корнеевка и Караганда, которые являются наиболее репрезентативными для бассейна р. Нура и расположены на высотах соответственно 624 м и 533 м. Суммарные интегральные кривые данных характеристик показывают тенденцию роста годовых сумм осадков с начала 1990-х годов (рис. 2). Количественные

показатели изменения средних многолетних величин годовых осадков приводятся в табл. 2.

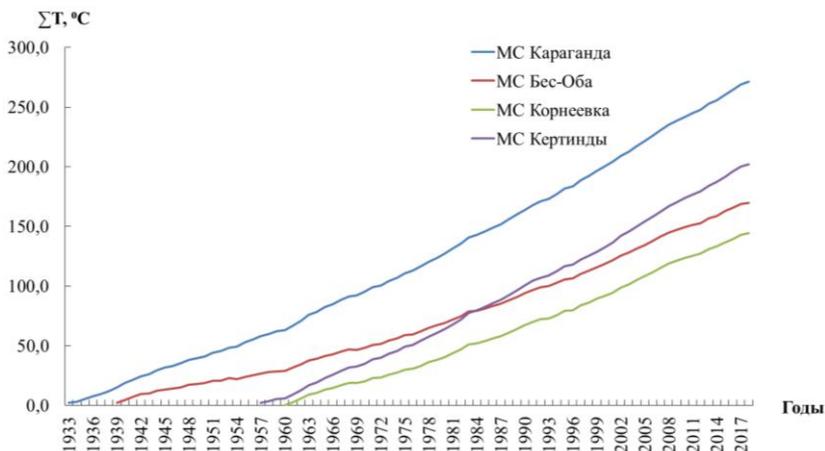


Рис. 1. Суммарные интегральные кривые средних годовых температур воздуха по МС Караганда, Бес-Оба, Корнеевка, Кертинды.

Таблица 1

Средние многолетние температуры воздуха ( $t, ^\circ\text{C}$ ) в бассейне р.Нура

МС	Расчетный период	$t, ^\circ\text{C}$	Приращение $t, ^\circ\text{C}$
Бес-Оба	1939...1969	1,50	1,02
	1970...2018	2,52	
Корнеевка	1960...1969	1,88	0,68
	1970...2018	2,56	
Караганда	1933...1969	2,50	1,15
	1970...2018	3,65	
Кертинды	1957...1969	2,50	0,97
	1970...1918	3,47	

Как видно за последние 20 лет средние многолетние годовые суммы осадков возрасли на 51...53 мм, т.е. на 16 % по сравнению с прошлым периодом. Увеличение количества осадков в бассейне реки приводит к росту водности водотоков и риску наводнений. Так, в среднем течение, по данным гидропоста ж.д.-ст. Балыкты, годовой сток реки начиная с 1990-х годов увеличился в среднем с 4,5 м<sup>3</sup>/с до 5,4 м<sup>3</sup>/с, т.е. на 20 %, а в нижнем течение у с. им. Р. Кошкарбаева с 15,8 м<sup>3</sup>/с до 17,7 м<sup>3</sup>/с – на 12 %. Средние многолетние значения годового стока оценивались по восстановленным рядам средних годовых расходов воды без влияния антропогенных нагрузок, то есть в условно естественном состоянии [2].

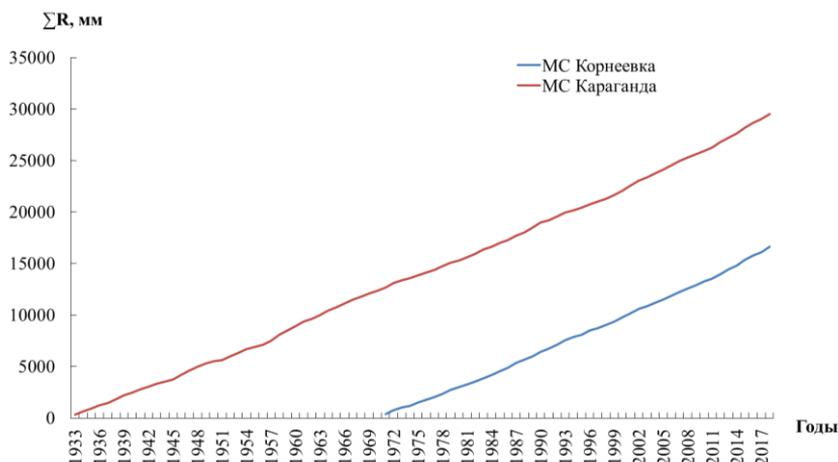


Рис. 2. Суммарные интегральные кривые средних годовых осадков по МС Караганда и Корнеевка.

Таблица 2

Средние многолетние значения годовых сумм осадков( $X$ , мм)

МС	Расчетный период	$X$ , мм	Приращение	
			$X$ , мм	%
Корнеевка	1971-1989	316	51	16,1
	1990-2018	367		
Караганда	1933-1989	325	53	16,3
	1990-2018	378		

В связи с этим приоритетными задачами, которые необходимо решать сегодня специалистам гидрометеорологического профиля являются: прогноз формирования волн половодья, распространение их вниз по реке и оценка площадей затопления.

Для расчета распространение волны половодья вниз по реке использовалась американская модель FLO-2D. Моделирование случаев катастрофических наводнений на реках Жайык, Нура, Ертис, Тобыл позволили оценить площади затоплений и выявить потенциальные территории, подверженные затоплению в будущем в случаях прохождения половодья более редкой повторяемости [1, 5].

В настоящее время Комитет по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан для контроля прохождения паводковых вод и наводнений использует мониторинг на основе космических снимков. На основе данного мониторинга создаются декадные карты зон затопления, которые позволяют следить за развитием наводнений [3].

Моделирование процессов формирования паводков и их пространственно-временное распространение в бассейнах рек позволит создавать качественно новые карты для различных условий, обуславливающих максимальный сток и заблаговременный прогноз размеров территорий, которые подвержены затоплению, а точность оценки затопляемых территорий в связи с этим носит принципиальный характер.

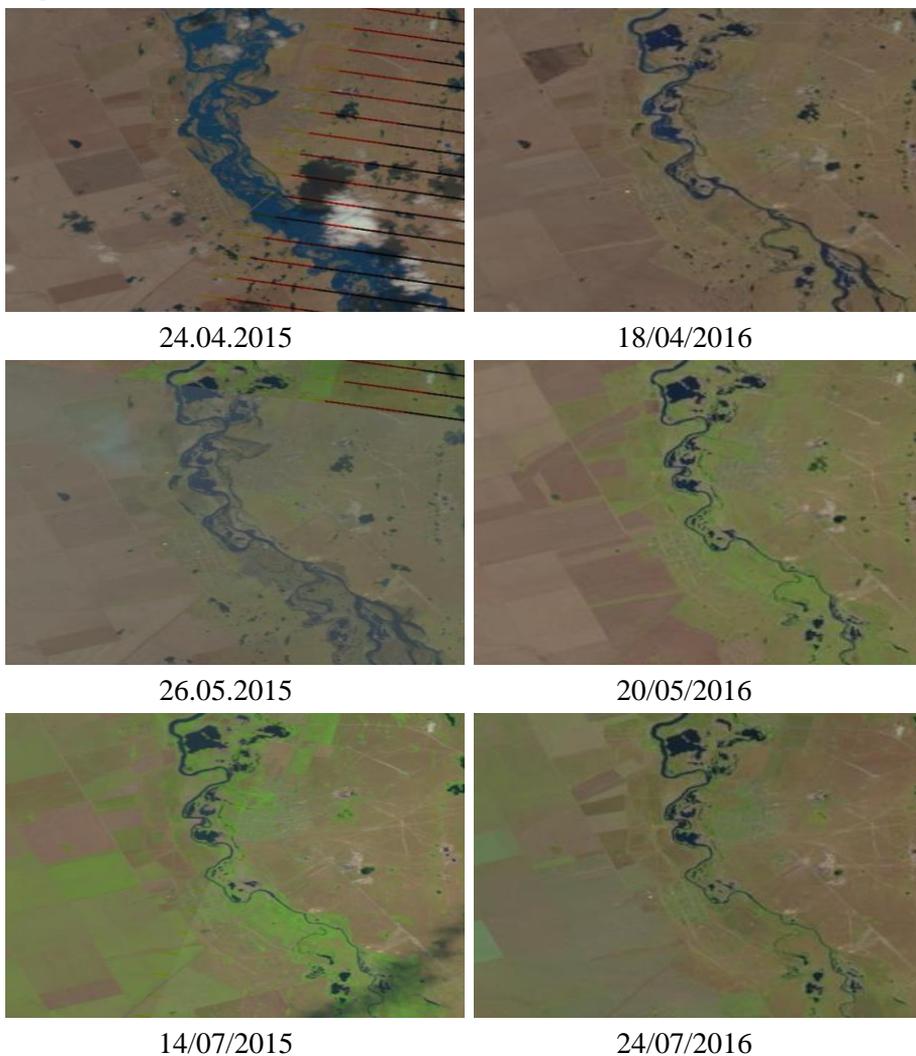
При использовании методики пространственно-временной динамики территорий, которые подвержены наводнениям можно определить реальные зоны затопления, а оценка точности их границ зависит от пространственного разрешения используемых космических снимков. Архив снимков миссии Landsat геологической службы США (USGS - United States Geological Survey) может использоваться для более детального рассмотрения района паводков. Тип сенсора выбирается исходя из поставленных задач, имеющихся ресурсов и климатических условий. В ситуации, когда климатические условия мешают съёмке (большая облачность), оптические снимки не подходят и используются данные радарных снимков, которые нечувствительны к атмосферным помехам [4, 6-7].

Оценка потенциального развития паводков на основе анализа временных рядов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) приведена на примере р. Нура в районе села Р. Кошкарбаева. Для данного участка р. Нура были собраны данные космического мониторинга за 2010...2016 гг.

На рис. 3 представлен сезонный ряд космических снимков бассейна р. Нура пост с. им. Р. Кошкарбаева во время половодья 2015...2016 гг. Из них видно, что половодье началось в конце марта и достигло максимума примерно в середине апреля, в конце мая уровни воды начали снижаться и половодье закончилось к началу лета. Следует отметить, что не редко сильная облачность не позволяет получать информацию о подстилающей поверхности, но облачность с разрывами или в виде дымки часто позволяет оценить зоны затопления по данным спутниковых снимков LANDSAT, в том числе в том случае, когда по данным спутниковых снимков MODIS такую оценку провести нельзя.

Отметим, что данные космических снимков по сезонам года могут характеризовать территории, которые подвергаются затоплению в конкретный сезон и дают возможность получить оценку частоты затопления территории (зоны риска) и провести сравнительный анализ прохождения половодья и паводков для различных периодов. Временной ряд содержит данные из разных периодов и располагается от минимума зон

затопления к максимуму. Тем самым получается пространственно-временная динамика потенциального затопления исследуемой территории при прохождении паводка. Полученная динамика может быть полезна при планировании мероприятий по предотвращению и минимизации ущерба от паводков и наводнений, а также при организации спасательно-эвакуационных работ [4, 8, 11].



*Рис. 3. Динамика развития паводка на р. Нура – с. Р. Кошкарбаева за период с апреля по июль 2016 г. [4].*

Решение задачи выделения в весенний период зон затопления по данным космической съемки с использованием алгоритмов автоматической

классификации в среде ArcGIS-10.4.1 проходит в три этапа. Основным этапом является выделение водной поверхности на космических снимках и построение оперативных карт затопленных территорий. Зоны затопления на них определяются как разница водных поверхностей в нормальных условиях, определяемых по осенним снимкам, и на текущем снимке. Эти карты позволяют оперативно отслеживать динамику развития ситуации, оценивать потенциальную опасность для населенных пунктов и особо важных объектов. Они содержат информацию о зонах затопления в исследуемый сезон года. Если создавать карты для всех сезонов года, то можно определить динамику развития паводков. Располагая эти данные в порядке возрастания зон затопления, получаем пространственно-временную динамику потенциального развития паводка от слабого до наибольшего.

Зоны пересечения сезонных карт характеризуют частоту затопления за наблюдаемый многолетний период, то есть риски затопления исследуемой территории: чем выше высота, тем выше риск затопления. Суммирование всех зон затопления, зафиксированных на сезонных картах, позволяет оценить реальную величину и пространственное расположение подверженных затоплению площадей на исследуемой территории при прохождении паводковых вод и наводнений.

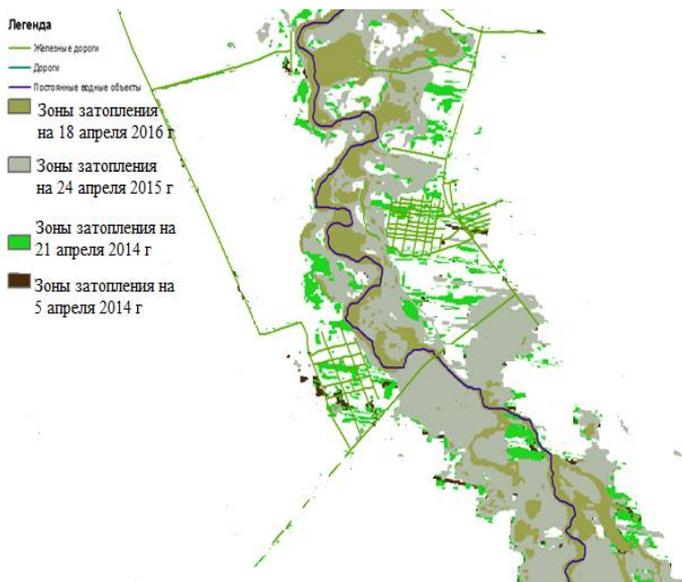
Результаты оценки пространственно-временной динамики потенциального развития паводков на основе анализа многолетних временных серий снимков LANDSAT 7 за 2014...2016 гг. для районов у с. им. Р. Кошкарбаева на р. Нура приведены на рис. 4. Здесь разным цветом отмечены площади затопления от начальной до максимальной фазы половодья (паводка).

Пространственно-временная динамика потенциального развития паводков на основе многолетних временных серий ежедневных ДЗЗ дает временную последовательность затопления территорий при развитии половодья (паводка). При этом каждая фаза этой последовательности определяет реально зафиксированные границы зон затопления, полученные практически в один и тот же момент времени.

Карты опасности и риска затоплений должны охватывать географические районы, которые могут быть подвержены негативному воздействию вод в соответствии с различными сценариями:

1. Наводнения с низкой вероятностью возникновения, экстремальные, исторические наводнения. Например, наводнения с вероятностью возникновения один раз в 1 000 лет, в 500 лет, в 200 лет.

2. Наводнения со средней вероятностью возникновения, вероятный период повторения  $\geq 100$  лет, т. е. наводнения с вероятностью возникновения один раз в 100 лет.
3. Наводнения с высокой вероятностью возникновения, регулярные наводнения, если необходимо. Например, наводнения с вероятностью возникновения один раз в 20 лет, один раз в 10 лет, один раз в 5 лет.



*Рис. 4. Динамика развития половодья(наводка) у с. Р. Кошкарбаева на реке Нура за весенний период 2014...2016 гг.*

Полученные результаты показали, что метод создания карт опасных зон затопления территорий, подверженных наводнениям при различных возможных ситуациях формирования волн половодья с помощью известных пространственно-временных моделей стока рек, может быть применен для всех потенциально опасных бассейнов рек республики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахимов Р.Г., Бекмухамедов Б.Э., Каипов И.В., Кошкарбаева А.С. Моделирование наводнений дождевого генезиса // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 4. – С. 58-70.
2. Абдрахимов Р.Г., Елтай А.Ф. Характеристики годового и максимального стока реки Нура // Гидрометеорология и экология. – Алматы. – 2016. – № 1. – С. 80-86.

3. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н. Использование различных оптических и радарных данных дистанционного зондирования при оперативном космическом мониторинге паводков в Казахстане // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2016. – № 9. – С. 1045-1058.
4. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н., Бралинова Ж.А. Оценка потенциального развития паводков на основе анализа многолетних временных рядов ДДЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 4. – С. 127-136.
5. Бекмухамедов Б.Э., Каипов И.В., Кошкарбаева А.С. Оценка масштаба наводнения на казахстанской части реки Жайык (Урал) по результатам математического моделирования и их сравнение с данными космического мониторинга // Космические исследования и технологии. – 2014. – № 1. – С. 30-35.
6. Доступ к данным Landsat. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-data-access?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-data-access?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con) (дата обращения: 18.04.2018).
7. Пользовательский интерфейс EarthExplorer [Электронный ресурс]. – URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 20.03.2018).
8. Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Панкратов В.С., Шагарова Л.В., Сагатдинова Г.Н. Технология мониторинга паводков и наводнений в Западном Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М.: Полиграфсервис. – 2004. – С. 90-98.
9. Тарарин А. М. Космический мониторинг и оценка риска затопления урбанизированных территорий в периоды половодий: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Н. Новгород., 2010. – 24 с.
10. Управление рисками наводнений. Методическое пособие / Под ред. С.Д. Шарипханова, К.Ж. Раимбекова, А.Б. Кусаинова – Кокшетау: Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2015. – 94 с.
11. Directive of the european parliament and of the council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks//Official Journal of the European Union [Электронный ресурс]. –URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/> (дата обращения: 8.08.2019).

Техн. ғылымд. кандидаты

Поступила 18.10.2019

Р.Г. Абдрахимов

А.Ф. Елтай

## **ЖАЗЫҚТЫҚ ҚАЗАҚСТАН ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ ЖАЙЫЛУ АУДАНДАРЫН БАҒАЛАУ ҚАҒИДАСЫ (НҰРА ӨЗЕНІ МЫСАЛЫНДА)**

**Түйін сөздер:** жерді қашықтықтан зондылау, су жайылу карталары, климат, ғарыштан суретке түсіру, Нұра, жауын-шашын, су шығыны, температура, Орталық Қазақстан.

*Нұра өзені бассейнінің метеорологиялық (жауын-шашын, ауа температурасы) және гидрологиялық (су шығыны) параметрлерінің ұзақ мерзімді деректері талданады. Спутниктік кескіндер Landsat мұрағатынан Р. Қошқарбаев атындағы гидрологиялық пост маңы үшін деректер жиналды және талданды. 2014...2016 жж. көктемде Нұра өзеніндегі Р. Қошқарбаев ауылы маңындағы су тасқынының даму динамикасы су тасқыны аймақтары карталары түрінде көрсетілген.*

R.G. Abdrahymov, A.G. Yeltay

## **PRINCIPLES OF THE ASSESSMENT OF AREAS OF FLOODING OF THE RIVERS OF PLAIN KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE NURA RIVER)**

**Key words:** remote sensing of the earth, flooding maps, climate, satellite images, Nura River, precipitation, water consumption, temperature, Central Kazakhstan.

*Analyzed long-term data of meteorological (precipitation, air temperature) and hydrological (water flow) parameters of the Nura river basin. Collected and analyzed satellite images from Landsat data archive for the hydrological station near the R. Koshkarbayev district. The flood development dynamics near the R. Koshkarbayev district on the Nura River for the spring of 2014...2016 are presented in the form of maps of flood zones.*

УДК 556.166

Канд. техн. наук  
Канд. геогр. наук  
Канд. геогр. наук

К.К. Дускаев<sup>1</sup>  
А.Г. Чигринец<sup>1</sup>  
А.К. Мусина<sup>1</sup>  
Ж.А. Жанабаева<sup>1</sup>  
С.Т. Ахметова<sup>1</sup>  
Е.К. Ермаш<sup>1</sup>

## ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК ГОРОДА АЛМАТЫ

**Ключевые слова:** малые реки, максимальные расходы воды, река-аналог, расчетный период, уравнение регрессии, кривые обеспеченности.

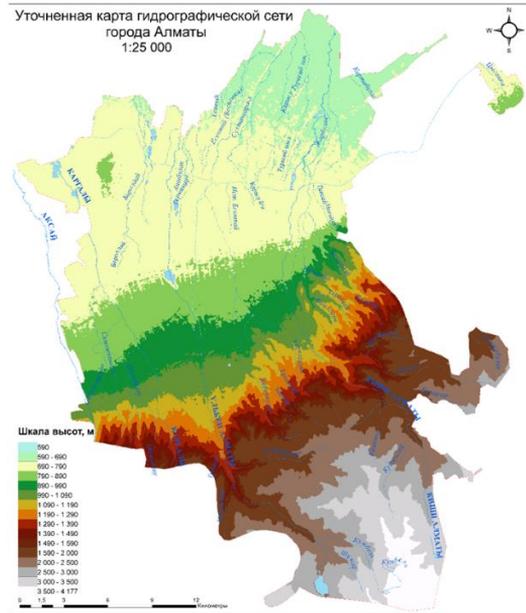
*В статье собраны и восстановлены данные по максимальному стоку рек г. Алматы. Уточнены параметры максимальных расходов различной обеспеченности в исследуемом районе. Произведена оценка точности статистических параметров максимального стока.*

**Введение.** Определение максимального стока горных и предгорных рек является первостепенной задачей при интенсивном освоении горных территорий и использовании водных ресурсов горных рек для удовлетворения потребностей сельского хозяйства, гидроэнергетики, промышленности, коммунально-бытового хозяйства и нужд других отраслей народного хозяйства, а также при выявлении туристическо-рекреационного потенциала региона, которые выдвигают ряд требований к повышению точности расчета максимальных расходов воды.

Город Алматы расположен в предгорьях северного склона хребта Иле Алатау на конусе выноса, который постепенно понижается с юга на север. Средняя высотная отметка города около 800 м БС. Исследуемый район в целом характеризуется наличием довольно разветвленной гидрографической сети (рис. 1), состоящей из естественных рек, их рукавов, каналов и водохранилищ. Развитие гидрографической сети города обусловлена удачным географическим положением, благоприятными климатическими условиями, а также интенсивным освоением территорий в виде строительства каналов и водохранилищ.

---

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



*Рис. 1. Гидрографическая сеть г. Алматы*

В связи с расширением границ города увеличивается число рек и водотоков, протекающих через город, в числе которых реки Киши и Улькен Алматы, Аксай, Каргалы, а также их притоки - Есентай (Весновка), Ремизовка, Жарбулак (Казачка), Карасу, и все они относятся к бассейну замкнутого стока озера Балкаш [16]. После выпадения большого количества осадков реки исследуемого района превращаются в бурные потоки с расходами, во много раз превышающими среднегодовые значения [13], что может привести к катастрофическим последствиям, как для гидротехнических сооружений и окружающей территории, так и для населенных пунктов, расположенных на берегах рек. В связи с этим точность определения максимальных расходов воды во многом определяет, размеры зон подтопления, устойчивость и безопасность сооружений, объектов хозяйствования, расположенных по берегам и в руслах рек. Вопросы повышения точности, надежности и эффективности расчетов максимальных расходов воды горных и предгорных рек г. Алматы за счет строгого статистического анализа исходных материалов – одна из актуальных задач гидрометеобеспечения для устойчивого развития этого крупнейшего мегаполиса Казахстана.

**Исходные данные.** Для определения и расчета максимальных расходов воды рек исследуемого района использованы кадастровые данные по

гидрологическим постам бассейна оз. Балкаш, входящим в состав стационарной сети РГП «Казгидромет», с начала ведения инструментальных наблюдений до 2015 года, а также материалы натуральных наблюдений, проводимых авторами в рамках выполнения гранта ИРН АР05130805 «Оценка влияния природных факторов и хозяйственной деятельности на состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере г. Алматы)» [1-8]. На территории города в настоящее время функционируют 13 гидрологических постов, тогда как общее количество действовавших составляло 33.

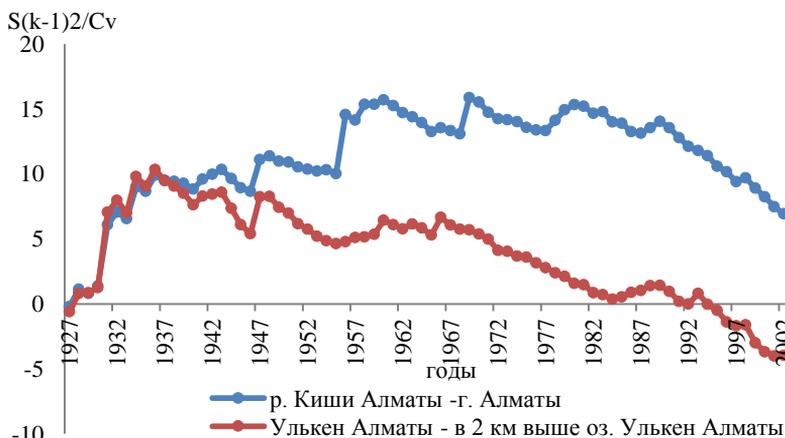
**Методы исследования.** Значительную роль в развитии методов расчета максимальных расходов воды сыграли исследования Г.А. Алексева, А.Н. Бефани, М.А. Великанова, Ю.Б. Виноградова, К.П. Воскресенского, Г.П. Калинина, С.Н. Крицкого, М.Ф. Менкеля, А.А. Соколова, Д.Л. Соколовского, М.Ф. Срибного, А.В. Рождественского, А.И. Чеботарева и других авторов.

Оценка и исследование формирования максимальных расходов малых рек Илейского Алатау проводились рядом авторов в разные годы [9-12, 22-23]. Эти работы были направлены на исследования условий формирования максимального стока реки Киши Алматы и её притоков в нижнем течении, от нижней границы г. Алматы до устьевой части, количественная оценка поверхностных водных ресурсов в современных границах территории г. Алматы, выявление закономерностей изменения климатических характеристик, сбор сведений о гидрометеорологической изученности и хозяйственном использовании водных объектов.

Расчет максимальных расходов воды производится на основе надежных материалов гидрометрических наблюдений. Наблюдения за максимальными расходами воды в исследуемом районе проводятся с начала XX века (р. Киши Алматы – г. Алматы, с 1916 г.).

Оценка максимальных расходов воды проводится в зависимости от полноты рядов наблюдений и надежности исходных данных с применением методов, описанных в [19]. В практике гидрологических исследований и расчетов широко применяются статистические методы, в частности вероятностный метод с построением кривых обеспеченностей. Исследуемый регион характеризуется отсутствием длительных полных рядов наблюдений. Продолжительность периодов наблюдений за наибольшими расходами воды составляют от 5 до 86 лет.

Для выбора расчетного периода для всего исследуемого района построена разностная интегральная кривая (рис. 2), по которой определяется репрезентативность ряда наблюдений за периоды и лет.



*Рис. 2. Разностная интегральная кривая максимальных расходов воды рек Улькен и Киши Алматы.*

Расчетный период включает наибольшее число законченных циклов, состоящих из групп маловодных и многоводных лет, для рек в черте города Алматы расчетным периодом выбран 1940...2015 гг.

При определении параметров и коэффициентов расчетных формул максимальные расходы воды рек в пределах города Алматы должны быть приведены к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов согласно [15, 20], где также подробно приведены требования к выбору рек-аналогов. Приведение гидрологических рядов и их параметров к многолетнему периоду осуществляется аналитическими методами. Для предварительного приведения допускается использование графических и графоаналитических методов. При восстановлении рядов максимальных расходов воды графическим методом построен график связи исследуемой реки с максимальным стоком реки-аналога (рис. 3). Синхронность колебаний максимального стока рек исследуемого района за совместный период наблюдений оценивается коэффициентом корреляции 0,71...0,88, что показывает наличие хорошей связи между исходными и восстанавливаемыми рядами. Ниже приведены вырочные сведения о восстановленных рядах, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и реках аналогах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения о восстановленных рядах максимальных расходов воды, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и створах-аналогах.

Река-створ	Период наблюдений	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Восстановленные годы	Створ-аналог	Ошибка, %
<b>Бассейн реки Киши Алматы</b>						
р.Киши Алматы-г.Алматы	1940...1998, 2000...2001, 2003...2004, 2007...2015	$y = 0,50x + 2,10$	0,71	1999, 2002, 2005...2006	р. Проходная-устье	8,20
р.Киши Алматы	1940...2002, 2004...2015	$y = 0,75x + 5,30$	0,73	2003	р. Улькен Алматы - в 2км выше оз.Улькен Алматы	8,35
р.Киши Алматы-м.с.Мынжилкы	1941, 1946, 1948...1950, 1952-1968, 1970...1972, 1974...1997, 2000, 2003...2007, 2009...2014	$y = 0,51x - 1,32$	0,84	1940, 1942...1945, 1947, 1951, 1969, 1973, 1998...1999, 2001...2002, 2008, 2015	р.Киши Алматы - г.Алматы	13,1
р.Киши Алматы-альпбаза Туюксу	1940...1943, 1948...1950, 1952...1968, 1970...1972, 1974...1997, 2000, 2003...2007, 2009...2014	$y = 0,62x + 2,01$	0,73	1944...1945, 1947, 1951, 1969, 1973, 1998...1999, 2001...2002, 2008, 2015	р.Киши Алматы - м.с.Мынжилкы	15,5
р. Киши Алматы-выше устья	1958...1972, 1991...1997, 2000, 2012...2013	$y = 0,24x + 2,55$	0,76	1940...1957, 1973...1990, 1998...1999, 2001...2011, 2013...2015	р. Киши Алматы- г. Алматы	4,73
р.Сарысай	1974...1997, 2001, 2004...2014	$y = 0,68x + 1,64$	0,72	1940...1973, 1998...2000, 2002...2003, 2015	р. Киши Алматы - выше устья р.Сарысай	4,43

Река-створ	Период наблюдений	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Восстановленные годы	Створ-аналог	Ошибка, %
<b>Бассейн реки Улькен Алматы</b>						
р. Улькен Алматы - в 2 км выше оз. Улькен Алматы	1952...1985, 1987...1993, 1995, 1997, 2000...2001, 2003...2014	$y = 6,88x + 4,97$	0,78	1940...1951, 1986, 1994, 1996, 1998...1999, 2002, 2015	р. Сарысай - устье	3,27
р. Улькен Алматы - в 2 км выше устья	1952...1955, 1957...1966, 1972...1976, 1978...1990, 1995, 1997, 2005,	$y = 5,25x + 9,28$	0,73	1940...1951, 1956, 1967...1971, 1977, 1991, 1992, 1993...1994, 1996,	р. Сарысай - устье	5,87
р. Прорходная	2008...2010, 2012...2014			1998...2004, 2006...2007, 2011, 2015		
р. Прорходная - устье	1952...1976, 1978...1987, 1992...2000, 2002, 2004...2014	$y = 0,90x + 0,32$	0,76	1940...1951, 1977, 1978, 1988, 1991, 2001, 2003, 2015	р. Улькен Алматы - в 2 км выше оз. Улькен Алматы	4,68

Данные, восстановленные по уравнению регрессии, имеют систематически заниженную дисперсию. Систематические уменьшения дисперсии восстановленных данных исключались с применением формулы, приведенной в [14], введением поправки в погодичные значения стока, полученные по уравнению регрессии.

Расчетные максимумы определяются по материалам гидрометрических наблюдений, а в случаях их отсутствия по различным формулам. Параметры таких формул районированы и предоставляются в виде карт и таблиц, которые в свою очередь устанавливаются по изученным рекам. Более надежные значения параметров формул рекомендуется устанавливать методом аналогии по достаточно изученным рекам, применяя соответствующие формулы и зависимости.

Приведение речного стока к естественному периоду не производят, если суммарное значение его изменений не выходят за пределы случайной средней квадратической погрешности исходных данных наблюдений.

Предпочтение следует давать первой расчетной схеме, т.к. естественные характеристики стока и других гидрологических характеристик лучше поддаются пространственному обобщению нежели гидрологические характеристики, нарушенные под влиянием антропогенных факторов.

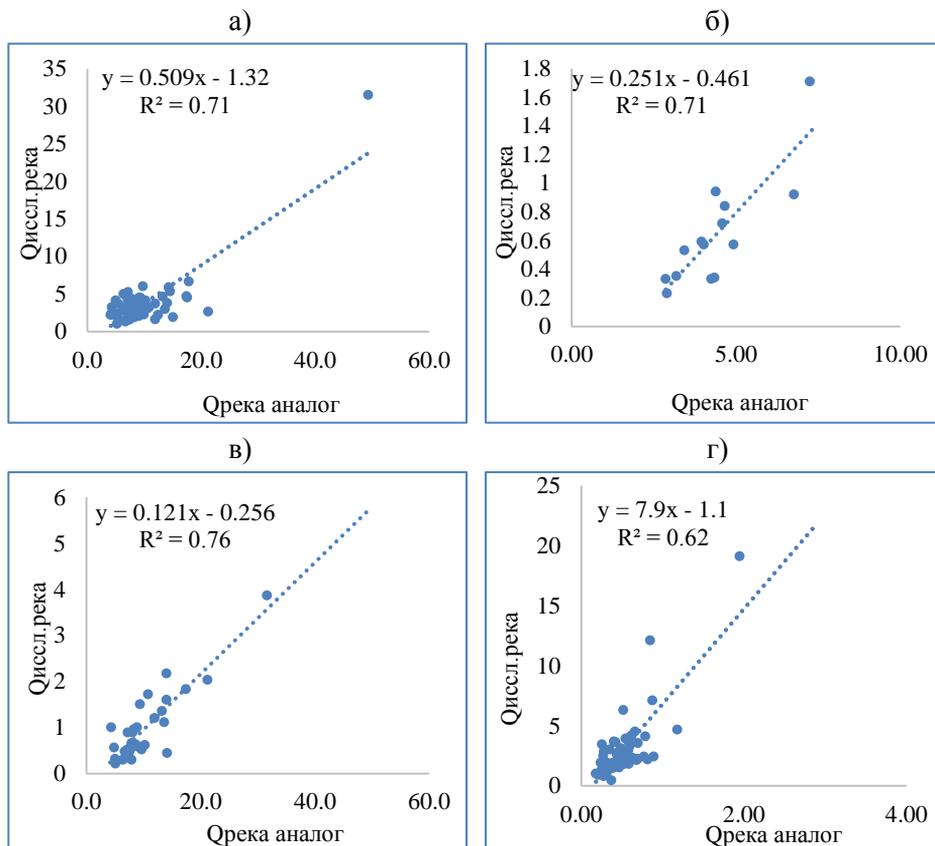


Рис. 3. График связи максимальных расходов воды расчетной реки и реки аналога за совместный период наблюдений. а) р.Кишии Алматы – г. Алматы – р.Кишии Алматы – м.с. Мынжилкы, б) р. Бутак - с. Бутак – р. Кишии Алматы - выше устья р. Сарысай, в) р.Кишии Алматы – г. Алматы – р. Кимасар – устье, г) р. Сарысай – устье - ручей Терисбутак – устье.

При наличии данных гидрологических наблюдений задача расчета максимального стока сводится к выбору статистической схемы, описывающей закон распределения имеющегося ряда величин, определению параметров этого распределения и вычислению характеристик паводка (половодья) заданной (расчетной) вероятности ежегодного превышения (обеспеченности).

Расчетные максимальные расходы воды следует устанавливать путем тщательного анализа данных о высоких половодьях и паводках, наблюдавшихся в данном районе. Если расходы талых и дождевых вод сопоставимы по величине, то каждый из них вычисляется отдельно и затем выбирается наибольший, который используется в дальнейших расчетах с учетом его генезиса.

Норма максимальных расходов воды, коэффициенты вариации, коэффициенты асимметрии рассчитаны двумя методами: методом моментов и графоаналитическим методом Г.А. Алексеева [18].

В отдельных случаях использованы усеченные кривые обеспеченности и эмпирические кривые обеспеченности. Теоретическая кривая максимальных расходов воды редко описывают весь диапазон значений этих характеристик. Верхняя и нижняя части ранжированного ряда подчиняются разным законам распределения. Для практических целей требуются лишь высшие значения максимальных расходов и уровней воды. Усеченные кривые обеспеченности проводились в тех случаях, когда на эмпирической кривой имеются расходы малой обеспеченности, резко отклоняющиеся от основной кривой. Применение усеченных кривых позволяет более надежно проводить кривые обеспеченности в части редкой повторяемости.

Наибольшие в году расходы воды на реках высокогорного пояса, со средними высотами более 3200 м абс., преимущественно снего-ледникового происхождения. На реках со средними высотами водосборов в пределах от 1500 до 3200 м абс., максимальные расходы могут формироваться при совпадении ливневых осадков с интенсивным снеготаянием и при выпадении ливней во время интенсивного ледникового стока. На реках этой зоны, не имеющих ледников, могут наблюдаться дождевые максимумы. На реках низкогорно-предгорной зоны, имеющих среднюю высоту бассейна <1500 м абс. и  $F < 1000 \text{ км}^2$ , максимумы формируются от таяния сезонного снега, от совпадения ливней с интенсивным снеготаянием, либо могут быть ливневого происхождения [1, 23].

Исследованы условия формирования максимального стока воды в рассматриваемом районе. В результате было установлено, что для рек данной территории характерно формирование максимальных расходов воды в основном смешанного происхождения, как талого, так и дождевого. Кроме того, установлено, что в ряды наблюдений попадают максимальные расходы редкой повторяемости, а также встречаются расходы, полученные с

пониженной точностью. В силу этих особенностей при реконструкции рядов возникают большие трудности подбора аналогов для восстановления пропусков в рядах наблюдений [21].

#### Расчет максимальных расходов весенне-летнего половодья.

На реках исследования производился согласно рекомендациям [14, 15, 19]. Принятая методика расчета, адаптированная к условиям исследуемого района, приведена в [2]. В основу расчетов положена редуционная зависимость максимального модуля стока от обуславливающих его основных факторов: средней высоты и площади водосбора, коэффициента дружности, слоя стока половодья и др.

Формула для определения максимального (срочного) модуля стока половодья имеет вид:

$$Q_{1\%} = \frac{r \cdot A_{1\%} \cdot \delta}{(F+1)^n} = \frac{r \cdot K_0 \cdot h_{1\%} \cdot \delta}{(F+1)^n}, \quad (1)$$

где  $q_{1\%}$  - максимальный (срочный) модуль стока обеспеченностью 1%, л/(с×км<sup>2</sup>);  $F$  – площадь водосбора, замыкаемая расчетным створом, км<sup>2</sup>;  $h_{1\%}$  – слой стока за половодье обеспеченностью 1 %, мм;  $r$  – коэффициент зарегулированности стока озерами и водохранилищами;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние залесенности и заболоченности водосбора;  $K_0$  – коэффициент дружности половодья;  $n$  – показатель степени, характеризующий редуцию (уменьшение коэффициента дружности половодья в зависимости от площади водосбора);  $A_{1\%}$  - величина, пропорциональная максимальному модулю притока.

Максимальный модуль притока  $A = q_0$  при  $F \rightarrow 0$  и  $r = \delta = 1$ . Значения  $A$  изменяются в значительных пределах в зависимости от высоты и орографии местности.

Показатель  $n$ , характеризующий редуцию коэффициента дружности половодья находится по формуле:

$$n = 0,50 - 0,1 \text{ Нср.} , \quad (2)$$

где Нср. – в км.

Далее по формуле (1) вычисляется  $q_{1\%}$ , л/(с×км<sup>2</sup>) и находится

$$Q_{1\%} \text{ max} = q_{1\%} \times F, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3)$$

Используя коэффициент перехода от  $Q_{1\%}$  и  $h_{1\%}$  к расходам и слоям других обеспеченностей, получены их значения.

### Расчет максимальных (срочных) расходов дождевых паводков

На реках г. Алматы при отсутствии рек-аналогов производился по редуccionной формуле:

$$Q_{p\%} = q_{200} \left( \frac{200}{A} \right)^n \delta * \delta_2 * \delta_3 * \chi_p * A, \quad (4)$$

где  $Q_{p\%}$  - максимальный расход расчетной обеспеченности (срочный), м<sup>3</sup>/с;  $q_{200}$ , м<sup>3</sup>/(с×А км<sup>2</sup>) – модуль максимального срочного расхода воды, ежегодной вероятности превышения Р, равной 1 % при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$ , приведенный к площади водосбора 200 км<sup>2</sup>. Для бассейнов горных рек значения параметров  $q_{200}$  дополнительно приведены к средней высоте водосбора  $H_{ср.} = 2000$  м;  $\chi_p\%$  - переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды вероятностью 1 % к максимальным расходам другой вероятности превышения;  $n$  – коэффициент редуccionции модуля максимального срочного расхода с увеличением площади водосбора;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами;  $\delta_2$  – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности;  $\delta_3$  – коэффициент, учитывающий изменение параметра  $q_{200}$  с изменением средней высоты водосбора в горных районах; определяется он по данным гидрологически изученных рек; А – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

В качестве основного параметра формулы используется модуль максимального стока при некотором фиксированном значении площади (в данном случае 200 км<sup>2</sup>), поскольку определить эту величину по экспериментальным данным можно более надежно, чем обычно используемый элементарный модуль стока. Параметр  $q_{200}$  меньше зависит от показателя степени редуccionции  $n$ , что приводит к его более плавному изменению по территории.

$$q_{200} = q_{1\%} / (F/200)^n \times \delta. \times \delta_2. \times \delta_3, \quad (5)$$

где  $q_{1\%}$  - максимальный модуль стока 1% обеспеченности, определяемый по ряду наблюдений.

Коэффициент  $\delta_3$  определяется для рек с высотой водосбора от 100 м и более с использованием зависимости  $q_{200} = f(H_{ср.})$ .

Для расчета максимальных (срочных) расходов дождевых паводков была применена также формула предельной интенсивности стока, приводимая в [2].

Формула имеет вид:

$$Q_{1\%} = 16,67 * \varphi * \bar{\psi}_\tau * H_{1\%} * F, \quad (6)$$

где  $Q_{1\%}$  - максимальный (срочный) расход 1% обеспеченности  $\varphi$  - сборный коэффициент максимального стока;  $\bar{\psi}_{(\tau)}$  – показатель редукции интенсивности осадков за расчетное время  $\tau$ ;  $H_{1\%}$  - максимальный суточный слой осадков обеспеченностью 1 %;  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

$$\bar{\psi}_{\tau} = \frac{\psi_{\tau}}{\tau} = \frac{H_{\tau}}{\tau H_p} \quad (7)$$

где 
$$\psi_{\tau} = \frac{H_{\tau}}{H_p} \quad (8)$$

$H_p$  – суточный слой осадков обеспеченности  $P$ ;  $H_{\tau}$  - слой осадков той же обеспеченности за расчетное время  $\tau$ ;  $H_{1\%}$  - максимальный суточный слой дождя, обеспеченностью 1 %.

Выборочные результаты расчетов характеристик максимальные расходы различной обеспеченности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные характеристики максимальных расходов воды, м<sup>3</sup>/с

Река-створ	Период	Метод	Qmax ред., м <sup>3</sup> /с	Cv	Максимальные расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с			
					1	3	5	10
р.Киши Алматы – г. Алматы	1940... 2015	Усеченное	9,90	0,72	54,0	36,3	28,7	20,0
р.Киши Алматы – м.с. Мынжилкы	1940... 2015	Полное	3,75	1,13	36,3	20,4	13,3	6,98
р.Киши Алматы – альпбаза Туюксу	1940... 2015	Усеченное	4,25	1,34	50,3	30,9	20,6	14,1
р. Киши Алматы - выше устья р. Сарысай	1940... 2015	Усеченное	4,98	0,41	19,7	13,2	9,56	7,72
р.Киши Алматы - ниже устья р. Сарысай	1940... 2015	Полное	5,16	0,38	19,4	12,3	9,94	7,19
р.Сарысай – устье	1940... 2015	Полное	0,58	0,72	5,67	3,22	2,19	1,57
р.Бугак - с. Бугак	1940... 2015	Полное	1,18	1,56	9,17	6,06	4,68	2,95
Казахкызы – Д.О. Просвещенцев	1940... 2015	Полное	0,51	0,99	2,70	1,85	1,47	0,99
р.Аксай - кордон Аксайский, верхний	1940... 2015	Усеченное	13,3	1,03	100	85,2	63,5	40,2

Река-створ	Период	Метод	Q <sub>max ред.</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	Максимальные расходы воды различной обеспечен- ности, м <sup>3</sup> /с			
					1	3	5	10
р. Улькен Алматы - в 2 км выше оз. Улькен Алматы	1940... 2015	Полное	9,40	0,28	30,8	21,7	17,2	14,8
р. Улькен Алматы - в 2 км выше устья р. Проход- ная	1940... 2015	Полное	11,2	0,51	34,2	29,5	25,8	19,8
р. Проходная - устье	1940... 2015	Полное	7,96	0,41	23,7	21,2	14,1	12,3
ручей Терисбутак – устье	1940... 2015	Полное	3,02	0,88	40,6	21,3	12,0	8,13

**Выводы.** В результате анализа рядов наблюдений за максимальными расходами воды за многолетний период получены уточненные характеристики максимального стока рек г. Алматы. Сравнительный анализ результатов расчетов максимального стока с результатами исследований 2012 г. [10] показывает уменьшение значений максимальных расходов редкой повторяемости. Так, по створу Киши Алматы – г. Алматы значение максимальных расходов 1 % обеспеченности (редкой повторяемости) составило 54,0 м<sup>3</sup>/с, что на 7 % ниже значений, полученных в [10].

Максимальный сток рек (реки Киши и Улькен Алматы) подвергается влиянию климатических и интенсивных антропогенных факторов. Город Алматы комплексно воздействует на максимальный сток рек, оно связано с водозаборами, преобразованием водных объектов, вследствие благоустройства территорий; засыпкой и канализированием рек и ручьев, зарегулированием стока, влиянием на естественный гидрохимический состав водных объектов.

Научные исследования были проведены в рамках гранта ИРН АР05130805 «Оценка влияния природных факторов и хозяйственной деятельности на состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере г. Алматы)».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001-2015 г. Бассейны рек оз. Балхаш. – Астана: Казгидромет, 2017.
2. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. Т. 13. –

- Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 645 с.
3. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1965-1970 гг. и весь период наблюдений). Т.13. – Вып.2. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 316 с.
  4. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики Бассейн оз. Балхаш Центральный и Южный Казахстан (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Т.13. – Вып.2. – Спб.: Гидрометеиздат, 1980. – 288 с.
  5. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1975-1980 гг. и весь период наблюдений): Т.13. Центральный и Южный Казахстан. Вып.2. Бассейн оз. Балхаш. – Спб.: Гидрометеиздат, 1981. – 300 с.
  6. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейны рек оз.Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. Т.5. - Вып.4. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 576 с.
  7. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (1981-1990 гг.). Книга 1. - Вып.4. - Ч.1. – Алматы: Гидрометеиздат, 2001. – 247 с.
  8. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 г. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. Т.1. – Вып.4. – Алматы, 2006. – 175 с.
  9. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Оценка максимальных расходов и уровней воды рек Заилийского Алатау Каскелен и Малая Алматинка в нижнем течении // Матер. VII Всероссийского гидрологического съезда, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 2014. – С.16-24.
  10. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Максимальные расходы воды р. Киши Алматы и её притоков в нижнем течении // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 2. – С.66-80.
  11. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Раченков М.Н. Оценка влияния озера Улькен Алматы на режим и характеристики стока реки Улькен Алматы // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С.48-57.
  12. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Оценка максимальных расходов реки Каскелен и её притоков // Вестник КазНУ, серия географическая, Алматы. – 2015. – № 40. – С.100-108.

13. Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л., Степанов Б.С. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана. Т.2. Ч.2. Основы мониторинга в Иле Алатау. – Алматы: Институт географии, 2018. – 288 с.
14. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – Санкт-Петербург: ГУ «ГГИ», 2009. – 193 с.
15. Определение расчетных гидрологических характеристик (СНИП 2.01.14-83). Гос. комитет по делам строительства. – М., 1983. – 97 с.
16. План – схема города Алматы, масштаб 1:20 000. Национальный картографо-геодезический фонд. 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <http://mgov.kz/ru/zher-resurstary> (дата обращения 20.03.2019).
17. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. - Л.: Гидрометеоздат, 1990. - 276 с.
18. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ. 2007. – 279 с.
19. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.
20. Чигринец А.Г. Гидрологоэкологическая оценка малых рек горно-предгорной зоны Илийского Алатау и разработка рекомендаций по их охране: автореф. канд. геог. наук. – Алма-Ата, 2007. – 149 с.
21. Чигринец А.Г. Поверхностные водные ресурсы территории города Алматы // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С.66-78.
22. Чигринец А.Г., Чигринец Л.Ю., Мазур Л.П. Особенности формирования максимального стока р. Терисбутак // Вестник КазНУ, серия географическая, Алматы. – 2017. – № 40. – С.25-39.
23. Чигринец А.Г., Мазур Л.П., Раченков М.Н, Исмаилов Ш.М. Сток и русловой водный баланс малых рек города Алматы в пределах городской территории // Вестник КазНУ. Сер. географ. – 2013. – № 2. - С.56-70.

Поступила 20.03.2019

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

К.К. Дускаев  
А.Г. Чигринец  
А.К. Мусина  
Ж.А. Жанабаева  
С.Т. Ахметова  
Е.К. Ермаш

## **АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ШЕГІНДЕ ӨЗЕНДЕРДІҢ ЕҢ ЖОҒАРЫ СУ ӨТІМДЕРІН БАҒАЛАУ**

**Түйін сөздер:** кіші өзендер, ең жоғарғы су өтімдері, өзен-аналог, есептік кезең, регрессия теңдеуі, қамтамасыздық қисықтары.

*Мақалада Алматы қ. өзендерінің ең жоғары ағындысы бойынша мәліметтер жинақталып және қалпына келтірілген. Зерттеліп отырған аудан бойынша әртүрлі қамтамасыздықтағы ең жоғары су өтімдері мәндері нақтыланған. Ең жоғары ағындының статистикалық параметрлерінің дәлділігін бағалау жасалған.*

K.K. Duskeyev, A.G. Chygrynets, A.K. Mussina, Zh.A. Zhanabayeva,  
S.T. Akhmetova, E.K. Yermash

## **ASSESSMENT OF THE MAXIMUM WATER DISCHARGE OF THE RIVERS OF ALMATY**

**Keywords:** small rivers, maximum water discharge, analogue river, estimated period, regression equation, probability curves.

*In the article are collected and restored data on the maximum river runoff of Almaty city rivers. The parameters of the water discharge of various probability in the study area are specified. The accuracy of the statistical parameters of the maximum runoff is estimated.*

УДК 911.2:911.52

Доктор геогр. наук  
Канд. геогр. наук

Б.С. Керімбай<sup>1</sup>  
К.М. Джаналеева<sup>1</sup>  
Н.Н. Керімбай<sup>1</sup>

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БАССЕЙНА РЕКИ ШАРЫН

**Ключевые слова:** палеогеография, ландшафт, геосистемы, морфоскульптура, геологическая эпоха, каньон

*Целью данной работы является изучение древних страниц геологической истории бассейна реки Шарын. В статье представлен краткий обзор результатов изучения природной среды с позиции теории палеогеографии. Основным методом исследования данной работы является – сравнительно-географический анализ опубликованных материалов по данной теме. В процессе изучения реконструкции физико-географических условий прошлого, проанализировано пространственно-временное строение и состав литогенной основы, рельефа и других компонентов природных геосистем. В результате летних полевых исследований по маршрутам и ключевым участкам выявлены и изучены реликтовые урочища Мойынтогай (Долина замков) и Сарытогай (Ясеньевая роща). Выполнено описание характеристики реликтовых компонентов ландшафтов и памятников природы.*

**Введение.** Актуальность проблемы заключается в том, что палеогеография – активно развивающаяся в настоящее время область географической науки, которая изучает природные ландшафты во времени.

Объект исследования бассейн р. Шарын в административном отношении находится в пределах Алматинской области Республики Казахстан. Река Шарын (42°40' - 44°00' с.ш., 78°30' - 80°35' в.д.), являющаяся крупным левобережным притоком реки Иле, берет начало на южном склоне восточной части хребта Кетмень. Река в верховьях – Шалкодесу, в среднем течении – Кеген, располагается в Шарынском ущелье, в котором находится Шарынский каньон. Пройдя обширную долину, разделяющую Кетмень и плато

---

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

Ушхасан, Кеген выходит на обширную высоко поднятую межгорную равнину. Ниже впадения крупного левого притока Каркара, Кеген вступает в узкую долину – каньон Актогай и течёт дальше под названием Шарын. Последний, пройдя два каньона Куртогай и Сарытогай выходит в Илийскую долину, образуя дельту. Здесь река называется Таскарасу. Главные притоки – Каркара и Темирлик [21].

**Методы и материалы исследования.** Палеогеография превратилась в науку о строении и составе биосферы, во всем ее многообразии и сложном взаимодействии с литогенной основой, и со всеми остальными компонентами ландшафта. Изучая историю возраста компонентов ландшафта и используя принцип «от прошлого к современности», хорошо зная прошедшие и современные тенденции развития, можно наметить реальные перспективные направления динамики ландшафтов [11, 12].

Из материалов изучения палеогеографии бассейна р. Шарын, из рассмотренных трудов ученых известно о множестве методов и принципов палеогеографических исследований. Палеогеографические исследования наряду с выявлением геологической истории того или иного района позволяют предугадать и понять процессы изменения месторождений полезных ископаемых, которые следовали за их образованием под влиянием древнего выветривания, размыва, а иногда и переотложения. Результаты таких исследований раскрывают хронологию эволюции ведомых компонентов ландшафта. Эти труды ученых представляют значительный интерес для понимания возраста рельефа в формировании компонентов современного ландшафта.

Палеогеография базируется на комплексном подходе, используя различные методы исследования и фактический материал, полученный при самых разнообразных геологических, геоморфологических, палеогеографических и др. исследованиях [11, 12, 13]. Поскольку физико-географические условия прошлого недоступны прямому наблюдению и сведения о них представлены в виде различного рода следов в горных породах и рельефе, восстанавливаются эти условия с использованием геологических методов исследования, необходимой части палеогеографии.

Учеными современного этапа палеогеографии в XX – начале XXI века были опубликованы: в 1959 г. фундаментальный труд Л.Б. Рухина (1959) «Основы общей палеогеографии», Н.Н. Верзилина «Методы палеогеографических исследований (1979), А.Г. Н.А. Ясаманова «Методы палеогеографических исследований» (1982), «Популярная палеогеография»

(1985), А.А.Свиточа «Палеогеография» (2004), А.Г.Бабкина «История ландшафтов» и «Происхождение ландшафтов» (2011-2018) и др. [16, 6, 18, 3, 4]. Так же из современных ученых можно назвать А.М. Городницкого, Л.П. Зоненшайна и Е.Г. Мирлина [10, 19] и других.

Детальные исследования геологического строения Казахстана опубликованы в разные годы в целом по Казахстану - тома союзного издания «Геология СССР» (1967-1970), монографии А.А. Абдулина (1981, 1994), В.Ф. Беспалова (1971, 1975), тектонические карты (1971, 1976), сборники «Геотектоническое районирование Казахстана по геофизическим данным» (1969), «Допалеозой и палеозой Казахстана» и другие. Подробная сводка геологической истории территории Казахстана представлена в работах Н.Г. Кассина (1947), Е.Д. Шлыгина (1952, 1969). Территория объекта исследования имеет сложное геологическое строение, обусловленное длительной историей формирования. В изучении ее геологии и тектонического строения приняли участие многие геологи различных геологических учреждений, среди которых А.А. Абдулин, Н.Г. Кассин, Г.Ц. Медоев, Б.А. Федорович и многие другие [9].

При анализе в результате обзора литературы физико-географических условий прошлого [1, 2, 5, 21], и изучения палеогеографии морфоскульптур, особенно зон древнего осадконакопления были использованы труды ученых, по палеогеографическим этапам развития литогенной основы бассейна реки Шарын. Северный Тянь-Шань в первой половине палеозоя представлял собой невысокие горы. В карбоновое и пермское время эта территория представляла собой вулканический ландшафт, покрытый многометровым слоем вулканического пепла. Во второй половине палеозоя Северный Тянь-Шань, в мезозое и палеогене, подвергались разрушению, и в миоцене эта территория уже представляла собой холмистую равнину. В палеогене накапливались кварцевые пески и красноцветные глины, сносимые с невысоких холмов. В миоцене и плиоцене с севера от хребта располагалась Илийская равнина с крупным Илийским озером размером с современный Балхаш. На равнине откладывались глины, сносимые с небольших возвышенностей растущего Илейского Алатау. Глины по мере переноса и отложения приобретали различные оттенки красного цвета из-за образования в них окислов железа. Такая обстановка осадконакопления указывает на спокойный тектонический режим региона в условиях жаркого тропического климата саванны [7, 8, 2, 9, 13,].

В миоцене здесь отлагались пестроцветные глины с небольших возвышенностей. В плиоцене отлагались розовые и белые пески, сносимые с начинающего подниматься хребта Бугуты расположенного в долине Иле между Заилийским Алатау и рекой Шарын. При тектоническом сдавливании пласты надвигались друг на друга, в результате чего поднимались хребет Богетты. В Бала Богетты видны вулканические отложения от вулкана Калкан пермского периода (270 млн. лет), темный купол вулкана виден за оранжевыми глинами миоцена (20 млн. лет) [3, 21].

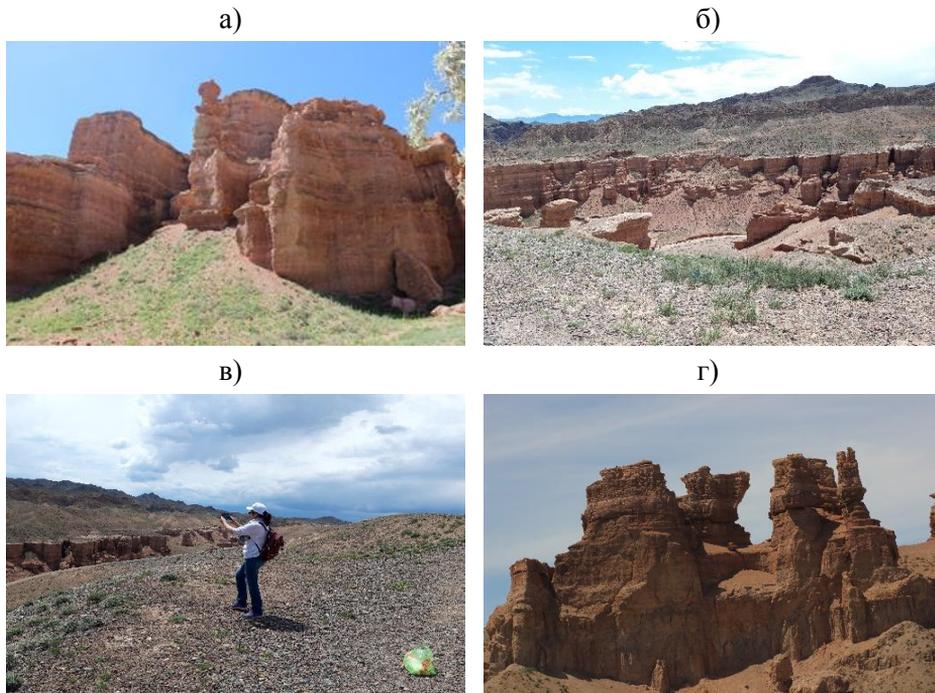
В миоцен речная сеть была развита слабо. Небольшие реки в засушливые годы пересыхали. В центральной части современного Илейского Алатау существовали останцевые горы до 800 м над уровнем моря. В плиоцене климат стал более прохладным и засушливым с резкими сезонными колебаниями температуры. Горы сплошь покрылись льдами. Ледники опускались до уровня 1500 м и в отдельных случаях выходили на равнину. Воды Илийского озера, в результате подъема его восточной части, стекли через Капшагайское ущелье в Балкашское озеро. Река Шарын впадая в прошлом в Илийское озеро с востока, проложила себе путь к новой реке – Иле, возникшей на месте Илийского озера. Разлом, который отделил от Илейского Алатау поднявшиеся в плейстоцене хребты Согеты и Торайгыр, стал продолжением русла реки Шелек, также впадающей теперь в Иле [9].

С конца плиоцена, по мере роста хребтов Кетмень, Кулыктау, Илейского Алатау и Кунгей Алатау, озеро отступало на север, пока около 2,5 млн лет назад полностью не исчезло. Бывшее дно озера стали перекрывать отложения песков и валунно-галечников, которые выносились селевыми потоками и реками с растущих гор, образуя равнину, прорезанную многочисленными речными руслами. В плейстоцене речной сток в Кегенской долине увеличился и сконцентрировался в одном русле – русле р. Шарын. Одновременно увеличивалась врезаящая сила реки, что привело к началу образования каньона – равнинной речной долины с крутыми склонами. В это же время поднимался хребет Торайгыр, который также равномерно росту хребта прорезался Шарыном с выходом реки в современную Илийскую долину [21, 7].

**Результаты и обсуждения.** В результате полевых ландшафтных исследований по маршрутам и ключевым участкам, нами были определены и изучены реликтовые урочища бассейна р. Шарын. Ключевой участок Мойынтогайская долина с каньонами, начало каньона Шарын (с.ш.

43° 24.231 в.д. 79° 10.218), высота над уровнем моря 1121 м. Дата выполнения работы: 22.06.2019 г.

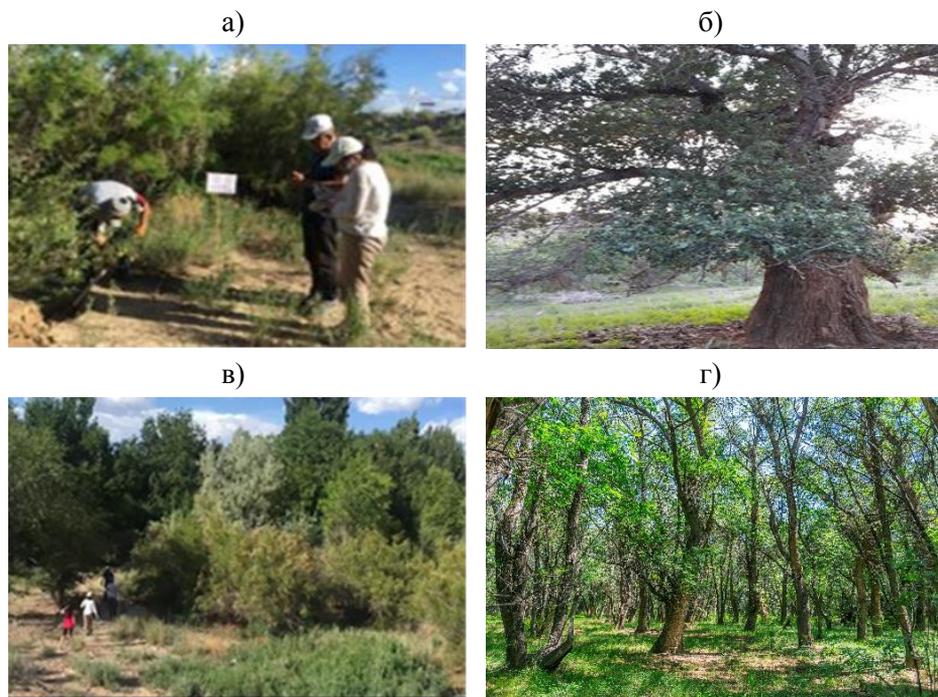
Урочище Мойынтогай представлен долиной с реликтовыми морфоскульптурами (Долина Замков), с узкими ущельями, прорезанные в порфиритах и коренных скальных породах. Простирается от выхода Шарына из ущелья, прорезанного в отроге Торайгыра, до устья Темирлика. Это узкий каньон шириной 200...300 м. (рис. 1). В Долине Замков высота скал достигает трёхсот метров, а общая протяжённость каньона – более 1,5 км. В голоцене четвертичного периода, в результате эрозионно-аккумулятивных процессов, солнечной энергии, из пластичных осадочных пород, в основном из песчаника, который придает стенам ущелья красноватые оттенки, ущелье приобрело нынешний облик, нависающих над рекой морфоскульптур в форме дворцов, башен и минаретов.



*Рис.1 Изучение ключевого участка Мойынтогайская долина  
а) морфоскульптуры каньона, б) урочище Мойынтогай, в) ландшафтная  
съемка, г) морфоскульптуры Долины Замков.*

Ключевой участок Ясенева яра, в 50-ти м. от автодороги, урочище Сарытогай (43° 30.972 с.ш. 79° 15.046 в.д.), высота над уровнем моря 787 м. Дата выполнения работы: 24.06.2019 г.

Северная окраина ясеневое тугайного леса представлен Сарытогайской долиной с многочисленными саями и мелкими буграми, сложенная галечниково-песчаными суглинистыми отложениями. В урочище Сарытогай (рис. 2) сохранились в первозданном виде естественные насаждения ясеня согдианского, реликтового вида ясеня, пережившей эпоху оледенения.



*Рис.2 Изучение ключевого участка урочище Сарытогай. а) основная точка наблюдения, б) Тополь-торанга в 4 обхвата, в) вход в Ясеньевую рощу, г) Ясеньевый лес.*

Они и составляют главнейший тип леса, фитоценозы занимают примерно 35 % лесопокрытой площади. Ясень согдианский в условиях долины реки Шарын имеет достаточно широкую экологическую амплитуду. Он выдерживает засоление и обсыхание пойменных почв, поэтому распространен на высоких пойменных и надпойменных террасах. На надпойменных террасах ясень входит в состав пустынных сообществ с доминированием саксаула, терескена, эфедры, образуя уникальные сообщества. На высоких пойменных террасах распространена туранга – также являющаяся ровесницей ясеня согдианского, и являющаяся реликтом и эндемиком. В Ясеновой роще распространены 400-летний ясень в 4,5 обхвата, 300-летний ясень в

3,5 обхвата и 300-летний ясень в 3 обхвата. В Темирлике сохранились тополь-торанга в 4 обхвата, возрастом 200 лет.

В горном массиве Улькен Богетты находятся уникальные геологические объекты с комплексом минералов молибденит, шеелит, пирит, халькопирит и др. (рис. 3). Образцы этих пород хранятся в музее научного отдела Шарынского Государственного национального природного парка, в с. Шонжы, Алматинской области, которую мы посетили во время летних полевых работ.

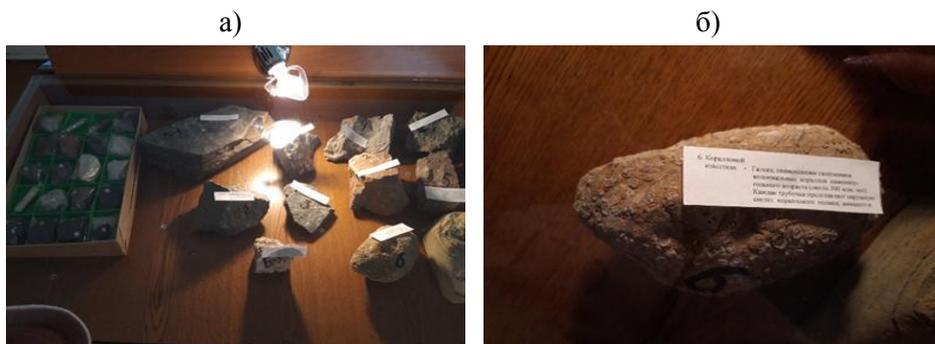


Рис.3. Образцы горных пород с массива Улькен Бугуты. а) образцы различных пород, б) коралловый известняк.

**Выводы:** В результате анализа палеогеографических исследований разных ученых и изучения при полевых работах, можно сделать вывод, что природная среда бассейна реки Шарын, строение и состав ландшафтов менялся во времени самым удивительным образом. Можно наблюдать, что все этапы развития ландшафта шли по пути последовательного усложнения отдельных компонентов и увеличения их разнообразия вверх по долине реки. Изменения окружающей среды часто влекли за собой смену видового состава живого мира, неоднократно происходили вымирания живых сообществ (биоты) носившие катастрофический характер. Однако нередко организмы переживали все перемены на протяжении миллионов лет, как например существующие до настоящего времени редкие виды флоры, реликт эпохи палеогена ясень согдианский, влаголюбивый, Шарынский, тополь-торанга и др. На современном этапе природная среда бассейна р. Шарын отличается уникальными, экзотическими природными объектами, которые обладают научной ценностью. В настоящее время в Шарынском каньоне – охраняются все геологические, геоморфологические, биологические памятники природы. Это морфоскульптуры - отвесные скалистые склоны каньона разного возраста, редкие виды флоры, реликт эпохи палеогена ясень согдианский, тополь-торанга и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллин А.А. Геология Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 312 с.
2. Аубекеров Б., Сала Р., Нигматова С. Изменения атмосферной циркуляции, палеоклимата и палеогеографии в системе Тяньшань-Бальхаш // Pages news. – 2003. – Vol. 11. – P. 24-26.
3. Бабкин А.Г. История ландшафтов [Электрон. ресурс]. – 2011. – URL: <http://paleokazakhstan.info/charin> (дата обращения: 11.01.2019).
4. Бабкин А.Г. Происхождение ландшафтов Казахстана [Электрон. ресурс]. – 2011-2018. – URL: <http://paleokazakhstan.info/genesis> (дата обращения: 11.01.2019).
5. Берденов Ж.Г., Джаналеева Г.М., Атаева Г.М., Мендыбаев Е.Х., Казангапова Н.Б. Палеогеографические особенности бассейна реки Илек // Гидрометеорология и экология. - 2017. –Вып. 3 (86). – С. 105-115.
6. Верзилин Н.Н. Методы палеогеографических исследований. – Москва: Недра, 1979. – 247 с.
7. Е.Н.Вилесов, А.А.Науменко, Л.К.Веселова, Б.Ж.Аубекеров. Физическая география Казахстана / Под общ. ред. А.А. Науменко. – Алматы: Казак университеті, 2009. – 362 с.
8. Горбунов А.П., Горбунова И.А. Чарынские каньоны // Природа: Академиздатцентр «Наука» РАН. – 2013. –Вып. 9. – С. 80- 82.
9. Джаналеева К.М. Физическая география Республики Казахстан. Астана: «Аркас», 2010. – 590 с.
10. Евсева Н.С., Шпанский А.В. Методы палеогеографических исследований. – Томск: ТГУ, 2011. – 253 с.
11. Евсева Н.С., Лефлат О.Н., Жилина Т.Н. Палеогеография (историческое землеведение). – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 235 с.
12. Евсева Н.С., Жилина Т.Н. Палеогеография конца позднего плейстоцена и голоцена (корреляция событий). – Томск: НТЛ, 2010. – 180 с.
13. Жандаев М.Ж. Геоморфология Заилийского Алатау и проблемы формирования речных долин. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1972. – 162 с.
14. Рухин Л.Б. Основы общей палеогеографии. – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1959. – 557 с.
15. Сала Р., Аубекеров Б. География и культурные ландшафты Казахстана//Archäologie im herzen Asiens. Band I. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum. – 2013. – P. 41-54.

16. Свиточ А. А., Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Палеогеография. – Москва: «Академия», 2004. – 448 с.
17. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978. – 319 с.
18. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Определение возраста форм рельефа северного склона Заилийского Алатау комплексным методом // Гидрометеорология и экология. – 2005. – Вып. 1 (36). – С. 129-138.
19. Шуман Вальтер. Мир камня. Горные породы и минералы. – Москва: МИР, 1986. – 215 с.
20. Ясаманов Н. А. Популярная палеогеография. – Москва: Недра, 1985. – 136 с.
21. Kerimbay N.N. Rational use of landscapes of geosystems of the Sharyn River Basin. – Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 68 p.

Поступила 20.02.2019

Геогр. ғылымд. докторы	Б.С. Керімбай
Геогр. ғылымд. кандидаты	К.М. Джаналеева
	Н.Н. Керімбай

## **ШАРЫН ӨЗЕНІ АЛАБЫ ТАБИҒИ ОРТАСЫНЫҢ ДАМУЫНЫҢ ПАЛЕОГЕОГРАФИЯЛЫҚ КЕЗЕҢДЕРІ**

**Түйінді сөздер:** палеогеография, ландшафт, геожүйелер, морфоскульптура, геологиялық дәуір, шатқал

*Бұл жұмыстың мақсаты - Шарын өзені алабы геологиялық тарихының ежелгі беттерін зерттеу. Мақалада табиғи ортаны зерттеу нәтижелеріне палеогеография теориясы тұрғысынан қысқаша шолу берілген. Жұмыстың негізгі зерттеу әдісі - осы тақырып бойынша жарияланған материалдарды салыстырмалы географиялық талдау. Өткеннің физикалық-географиялық жағдайын қалпына келтіруді зерделеу нәтижесінде литогендік негіздің кеңістіктік-уақытша құрылымы мен құрамы және табиғи геожүйелердің басқа да компоненттері талданады.*

*Жазғы далалық зерттеулердің нәтижесінде Мойынтоқай (Қамалдар алқабы) және Сарытоғай (Соғды Ерени тоғайы) бірегей табиғи кешендері зерттелді. Ландшафттар мен табиғи ескерткіштердің бірегей компоненттерінің сипаттамалары жасалды.*

B.S. Kerimbay, K.M. Janaleyeva, N.N. Kerimbay  
**PALEO GEOGRAPHIC STAGES OF DEVELOPMENT OF THE  
NATURAL ENVIRONMENT OF THE BASIN OF THE SHARYN RIVER**

**Key words:** paleogeography, landscape, geosystems, morphosculpture, geological era, canyon

*The aim of this work is to study the ancient pages of the geological history of the Sharyn river basin. The article provides a brief overview of the results of studying the natural environment from the perspective of the theory of paleogeography. The main research method of this work is a comparative geographic analysis of published materials on this topic. As a result of studying the reconstruction of the physical and geographical conditions of the past, the spatiotemporal structure and composition of the lithogenic base, topography, and other components of natural geosystems are analyzed.*

*As a result of summer field research along the routes and key areas, relict tracts Moyyntokai (Valley of Castles) and Sarytugai (Ash Tree Grove) were identified and studied. A description of the characteristics of relict components of landscapes and natural monuments is made.*

УДК 557.6

Канд. биол. наук

Канд. геогр. наук  
PhDЛ.Х. Акбаева<sup>1</sup>Н.С. Мамытова<sup>1</sup>Е.А. Тулегенов<sup>1</sup>Г.А. Адильбектеги<sup>1</sup>K. Szoskiewicz<sup>2</sup>**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
ВОДОЕМОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ключевые слова:** озера, самоочищение, биологический показатель кислорода, растворимость кислорода, бактериопланктон, динамика, аллохтонный, фотосинтез, деструкция, автохтонный, водоемы, интенсивность

*Большинство озер Акмолинской области за последние годы подверглись ускоренной эвтрофикации. В этой связи, целью данной работы являлось: изучение сезонной динамики самоочищающего потенциала водоемов Акмолинской области: оз. Султангельды, Вячеславского водохранилища, оз. Копя, оз. Зеренды, оз. Бурабай, оз. Улкен Шабакты, оз. Киши Шабакты, оз. Щучье, оз. Карасье. Были изучены кислородные показатели озер по месяцам года. В результате, озера условно разделены на 3 группы по способности к самоочищению: низкая, средняя и высокая. Обнаружена динамика изменения самоочищающей способности по месяцам для каждого озера в отдельности и в группе. Выявлено, что наиболее интенсивно процессы самоочищения проходят в холодное время года декабрь-февраль месяцы. Ранее подобный анализ на способности к самоочищению на данных озерах не проводилась.*

**Введение.** Если сравнивать Акмолинскую область с соседними областями, то она относительно бедна водными ресурсами, имеет разреженную гидрографическую сеть, поэтому вопрос сбережения водных ресурсов стоит достаточно остро. Проблема усугубляется неблагоприятным изменением климатических факторов, таких как количество и равномерность осадков, средняя годовая температура и средняя температура в летний сезон [5].

<sup>1</sup>ЕНУ им.Л. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup>Университет естественных наук, г. Познань, Польша

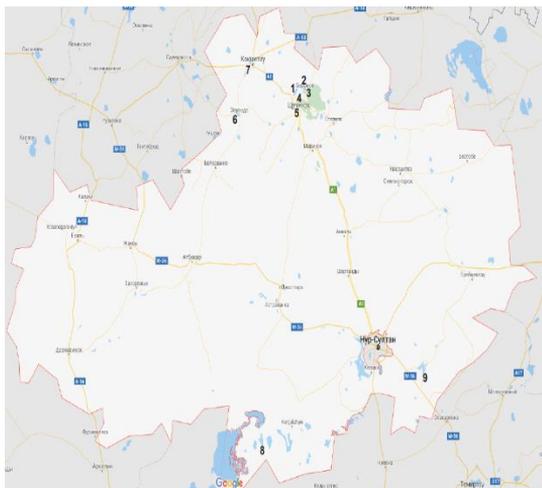
Естественная эвтрофикация озер области может значительно ускоряться усиливающимся антропогенным воздействием, а большинство озер с относительно небольшой глубиной могут оказаться под угрозой деградации и полного исчезновения [1, 3].

Если на более крупных водоемах, таких как озера Щучинско-Боровской курортной зоны, оз. Копа, оз. Карасу иногда проводят механическую очистку, то озера меньшего рыбохозяйственного значения остаются без внимания [8]. В этих случаях для сохранения качества водной среды большое значение имеют процессы самоочищения водоемов. Самоочищение водоемов как естественный процесс саморегуляции постоянства окружающей среды зависит как от физико-химических явлений, так и от гидробионтов [2, 3]. В частности, насыщение воды кислородом производится автотрофной частью ценофитического сообщества, а в процессах минерализации органического вещества участвует гетеротрофный бактериопланктон [6].

Водные объекты Акмолинской области расположены в резко континентальной климатической зоне с большими колебаниями температуры воздуха, количества осадков [5]. В таких условиях восстановительные резервы озер не могут быть неизменными на протяжении внутригодового цикла. Возникает вопрос – в какое время года озера имеют наибольшие и наименьшие возможности самоочищения? В связи с этим в работе поставлена цель: изучить сезонную динамику самоочищающего потенциала водоемов Акмолинской области.

**Материалы и методы.** В сравнительном аспекте было изучено 9 озер Акмолинской области: проточные озера Султангельды, Вячеславское водохранилище, Копа, Бурабай, непроточные озера Зеренды, Улкен Шабакты, Киши Шабакты, Щучье, Карасье (рис. 1). Озера различаются по ряду гидрологических и гидроэкологических характеристик [7], которые прямо или косвенно могут влиять на самоочищающий потенциал водоемов. Данный потенциал складывается из определенных кислородных условий, обеспечивающих возможности водоема к минерализации органических веществ химическими или биологическими способами.

В озерах изучались такие кислородные показатели как количество растворенного кислорода (R), мг/дм<sup>3</sup> и биологическое потребление кислорода за 5 дней (БПК<sub>5</sub>). Пробы воды проводились в трех повторностях на каждом объекте исследования. В дальнейшем в лабораторных условиях анализировались на кислородомере Анион 4141 (Россия) непосредственно в тот же день [9].



*Рис.1. Ситуационная карта размещения озер Акмолинской области. 1 - Киши Шабакты, 2 - Улкен Шабакты, 3 -Бурабай, 4 - Карасье, 5 - Щучье, 6 - Зеренды, 7 - Кона, 8 - Султангельды, 9 - Вячесловское водохранилище.*

Нарушение баланса между процессом фотосинтеза и деструкции органических веществ может привести к ухудшению самоочищающей способности водоема. Интенсивность фотосинтеза может характеризоваться количеством растворенного кислорода в воде ( $R$ ), тогда как об активности минерализации органических веществ бактериями можно судить по биологическому потреблению кислорода, в частности БПК<sub>5</sub>. В этом случае соотношение  $R/БПК_5$  можно использовать как экспресс-тест для оценки самоочищающего потенциала водоема [7].

Нами был составлен ряд показателей количества растворенного кислорода ( $R$ ) и БПК<sub>5</sub> в изучаемых озерах, а также вычислено соотношение этих показателей, как характеристики фотосинтезирующей активности в водоеме к его деструктивной способности:  $R/БПК_5$ . Чем выше это соотношение, тем выше потенциал самоочищающей способности в водоемах, и наоборот – чем ниже соотношение, тем ниже способность водоема к самоочищению.

В табл. 1 представлены результаты измерений содержания кислорода и БПК<sub>5</sub> в озерах с января по декабрь 2018 г., а также, даны средние значения  $R/БПК_5$  за месяц по всем озерам. Данный показатель дает возможность оценки сезонной динамики самоочищающей способности всех озер области.

Таблица 1

Сезонные показатели содержания кислорода и БПК<sub>5</sub> в озерах Акмолин-ской области

Кислородный показатель	Оз. Султангельды	Вячеславское водохранилище	Оз. Копа	Оз. Зеренды	Оз. Бурабай	Оз. Улкен Шабакты	Оз. Щучье	Оз. Киши Шабакты	Оз. Карасье	Среднее значение R/БПК <sub>5</sub> по всем озерам
январь										
R, мг/л	8,37	12,1	8,43	10,5	7,61	12,0	10,0	11,5	6,46	8,83± 2,05
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,44	0,86	6,90	1,47	0,98	0,99	0,83	0,82	0,33	
R/БПК <sub>5</sub>	3,4	14,0	1,3	7,2	7,8	12,2	12,2	14,0	19,6	
февраль										
R, мг/л	11,6	13,6	7,44	10,7	7,78	12,0	9,24	10,22	4,66	8,1± 1,3
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,11	3,43	1,81	0,82	0,98	0,99	6,72	1,0	0,48	
R/БПК <sub>5</sub>	10,5	4,0	4,2	13,0	8,0	12,0	1,4	10,0	9,8	
март										
R, мг/л	6,51	7,25	7,56	9,54	7,29	11,24	9,76	10,58	4,01	6,5± 1,03
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,17	13,3	1,64	0,98	1,14	1,21	1,13	1,15	0,97	
R/БПК <sub>5</sub>	5,6	0,6	4,7	9,8	6,4	9,3	8,7	9,2	4,2	
апрель										
R, мг/л	10,7	11,5	8,3	7,17	9,11	9,43	9,42	9,60	3,14	5,7± 1,08
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,65	3,59	6,94	2,27	1,46	0,81	0,98	1,92	0,81	
R/БПК <sub>5</sub>	6,5	3,2	2,0	3,2	6,3	11,7	9,6	5,0	3,9	
май										
R, мг/л	9,61	10,7	8,76	9,92	8,94	9,49	8,84	8,27	7,23	6,4± 1,41
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,02	1,85	4,91	4,09	1,16	0,96	0,65	0,85	1,25	
R/БПК <sub>5</sub>	9,4	5,8	1,8	2,5	7,8	9,9	13,6	9,8	5,8	
июнь										
R, мг/л	11,2	9,0	9,59	9,76	8,44	8,78	7,79	8,6	7,29	5,04± 0,42
БПК <sub>5</sub> , мг/л	3,69	1,45	2,31	2,29	1,32	1,47	1,15	2,78	1,32	
R/БПК <sub>5</sub>	3,0	6,3	4,0	4,3	6,4	6,0	6,8	3,0	5,6	
июль										
R, мг/л	6,78	8,42	9,38	6,77	6,98	7,95	8,29	7,96	7,13	6,38± 1,52
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,90	1,8	2,79	1,48	0,98	0,99	0,49	1,48	1,98	
R/БПК <sub>5</sub>	3,6	4,7	3,4	4,6	7,2	8,0	17,0	5,4	3,6	
август										
R, мг/л	11,6	10,7	9,82	9,49	7,10	7,29	8,91	8,87	3,93	4,76± 0,92
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,98	1,27	6,70	1,63	0,97	4,59	0,93	6,55	1,32	
R/БПК <sub>5</sub>	3,9	8,5	1,5	5,9	7,4	1,6	9,6	1,4	3,0	
сентябрь										
R, мг/л	10,1	10,2	6,73	10,46	8,73	8,24	8,57	9,39	6,61	6,26± 1,34
БПК <sub>5</sub> , мг/л	3,19	1,52	6,69	0,81	1,63	0,64	0,81	1,63	2,94	
R/БПК <sub>5</sub>	2,2	6,8	1,0	13,0	5,4	12,0	7,0	5,8	2,2	

Кислородный показатель	Оз. Султангельды	Вячеславское водохранилище	Оз. Копа	Оз. Зеренды	Оз. Бурабай	Оз. Улкен Шабакты	Оз. Щучье	Оз. Киши Шабакты	Оз. Карасье	Среднемесячное значение R/БПК <sub>5</sub> по всем озерам
октябрь										
R, мг/л	12,9	15,0	10,3	10,2	10,85	9,87	10,5	10,03	9,21	11,87± 2,9
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,86	0,87	2,62	0,99	1,31	0,33	0,66	0,82	0,64	
R/БПК <sub>5</sub>	7,0	17,3	4,0	10,4	8,3	30,0	16,0	12,3	1,6	
ноябрь										
R, мг/л	12,9	15,5	10,7	10,6	10,37	10,0	9,71	9,54	9,71	10,85± 1,89
БПК <sub>5</sub> , мг/л	4,03	0,74	3,26	1,64	1,31	0,48	0,66	0,98	0,81	
R/БПК <sub>5</sub>	3,2	20,0	3,4	6,5	8,0	20,0	14,8	9,8	12,0	
декабрь										
R, мг/л	13,6	13,0	13,1	12,7	11,89	11,4	11,39	11,24	11,56	19,48± 3,29
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,0	0,68	1,69	1,14	0,47	0,51	0,32	0,50	0,98	
R/БПК <sub>5</sub>	6,6	19,0	7,8	11,2	25,0	36,0	36,0	22,0	11,8	

Самоочищающая способность в озерах Акмолинской области с января по декабрь 2018 г. может быть оценена по показателю R/БПК<sub>5</sub>. В среднем в теплое время года с апреля по август соотношение R/БПК<sub>5</sub> по озерам наименьшее и колеблется от 4,76±0,92 до 6,4±1,41. В холодное время года значения соотношения R/БПК<sub>5</sub> повышаются и достигает в среднем до 19,48±3,29 в декабре месяце. Объяснение данному явлению возможно дать исходя из того, что в холодное время года с одной стороны уменьшается биопродуктивность, а значит и поступление автохонтного мертвого органического вещества в озеро. С другой стороны, с понижением температуры увеличивается растворимость кислорода в воде. Твердые осадки также могут препятствовать поступлению аллохонтного органического вещества. Следовательно, в холодное время года процессы самоочищения в водоемах протекают достаточно интенсивно.

Среднегодовые значения соотношения R/БПК<sub>5</sub> по каждому озеру позволили сравнить озера между собой (табл. 2). Относительно высокой среднегодовой очистительной способностью отличаются озера Улкен Шабакты (R/БПК<sub>5</sub> 14,06±2,66), Бурабай (R/БПК<sub>5</sub> 12,42±1,74), Щучье (R/БПК<sub>5</sub> 11,59±3,07) (табл. 2). В данном ряду озер средняя самоочищающая способность в водохранилище Вячеславское (R/БПК<sub>5</sub> 9,18±1,72), в озерах Киши Шабакты (R/БПК<sub>5</sub> 8,98±1,82) и Зеренды (R/БПК<sub>5</sub> 7,63±0,77).

Наименьшая очистительная способность среди изученных водоемов по кислородным показателям показали озера Карасье ( $R/БПК_5$   $6,93 \pm 1,59$ ), Султангельды ( $R/БПК_5$   $4,79 \pm 0,84$ ), Копа ( $R/БПК_5$   $3,26 \pm 0,60$ ).

Таблица 2

Среднегодовое соотношение  $R/БПК_5$  в водоемах Акмолинской области

Название	Среднее годовое по озеру $R/БПК_5$	Относительная степень самоочищающей способности водоемов
Оз. Улкен Шабакты	$14,06 \pm 2,66$	высокая
Оз. Бурабай	$12,42 \pm 1,74$	
Оз. Щучье	$11,59 \pm 3,07$	
Вячеславское водохранилище	$9,18 \pm 1,72$	средняя
Оз. Киши Шабакты	$8,98 \pm 1,82$	
Оз. Зеренды	$7,63 \pm 0,77$	
Оз. Карасье	$6,93 \pm 1,59$	низкая
Оз. Султангельды	$4,79 \pm 0,84$	
Оз. Копа	$3,26 \pm 0,60$	

В группе озер с высокой самоочищающей способностью, таких как Улкен Шабакты, Бурабай и Щучье, сезонная динамика между озерами в целом сходна и показывает меньшие значения в более теплое время года (с апреля по август). Более высокие значения наблюдаются в октябре-декабре, когда  $R/БПК_5$  достигает 36 (рис. 2).

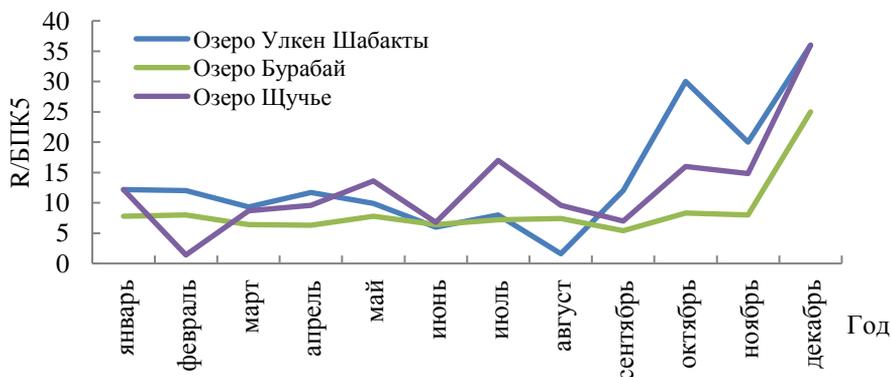


Рис. 2. Динамика  $R/БПК_5$  по месяцам года в озерах с высокой самоочищающей способностью.

Озера со средними значениями очищения, таких как Вячеславское водохранилище, Киши Шабакты и Зеренды, имеют большой разброс отклонений от средней по всем видам озер, но общая тенденция сохраняется: более низкие значения  $R/БПК_5$  в теплое время года (с марта по август) в отличие от зимних месяцев (декабрь и январь) (рис. 3).



Рис.3. Динамика R/БПК<sub>5</sub> по месяцам года в озерах со средней самоочищающей способностью.

Отличия средних значений R/БПК<sub>5</sub> по месяцам года в озерах с низкой самоочищающей способностью, таких как озера Карасье, Султангельды, Копа (рис. 4), имеют большой разброс в зимние месяцы и практически без отклонений от средней идут низкие значения в теплое время года. То есть в данной группе озер, особенно в оз. Карасье и оз. Копа, нарушены соотношения кислородных показателей по сезонам, следовательно, идет слабое самоочищение как в теплое, так и в холодное время года. Наиболее вероятное объяснение нарушения зимних процессов самоочищения – загрязнение химическими загрязнителями, которое угнетает функциональную активность гетеротрофного бактериопланктона.

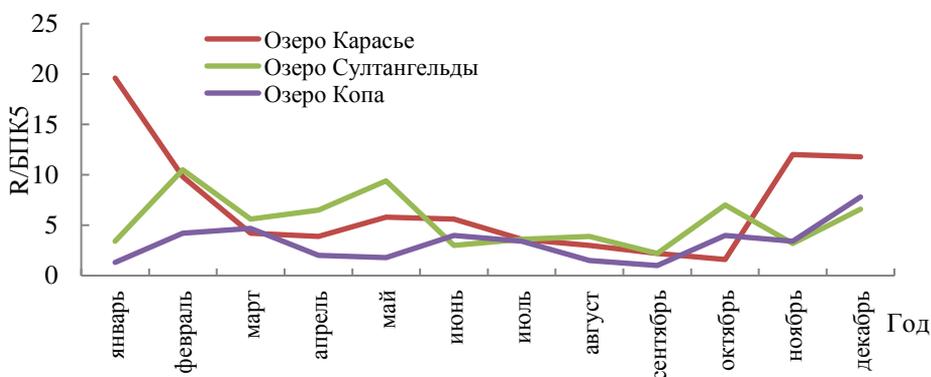


Рис.4. Динамика R/БПК<sub>5</sub> по месяцам года в озерах с низкой самоочищающей способностью.

**Выводы.** Таким образом, на основании результатов анализа проб воды изученных озер, взятых последовательно в разные месяцы 2018 г., вне зависимости от погодных условий сделаны следующие выводы:

Изученные водоемы Акмолинской области можно условно разделить на озера с высокой самоочищающейся способностью (оз. Улкен Шабакты, оз. Бурабай, оз. Щучье), средней самоочищающейся способностью (Вячеславское водохранилище, оз. Киши Шабакты, оз. Зеренды) и низкой самоочищающейся способностью (оз. Карасье, оз. Султангельды, оз. Копа).

В среднем в теплое время года с апреля по август соотношение  $R/БПК_5$  по озерам Акмолинской области наименьшее и колеблется от  $4,76 \pm 0,92$  до  $6,4 \pm 1,41$ . В холодное время года значения соотношения  $R/БПК_5$  повышаются и достигают в среднем до  $19,48 \pm 3,29$  в декабре месяце. Это свидетельствует о том, что в водоемах в холодное время года процессы самоочищения протекают интенсивнее.

В группе озер с низкими среднегодовыми показателями самоочищения, особенно в оз. Карасье и оз. Копа, нарушены процессы самоочищения как в теплое, так и в холодное время года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остроумов С. А. Сохранение качества вод и совершенствование системы принципов анализа экологической опасности антропогенных воздействий на водные экосистемы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2004. – Т. 6. – № 6. – С. 617-632.
2. Остроумов С. А. Самоочищение воды в пресноводных и морских экосистемах // *Ecological Studies, Hazards, Solutions*. – 2006. – Т. 11. – С. 121–130.
3. Остроумов С. А., Федоров В. Д. Основные компоненты самоочищения экосистем и возможность его нарушения в результате химического загрязнения // Вестник Московского университета. Сер. 16: Биология. – 1999. – № 1. – С. 24–32.
4. Розумная Л. А. Антропогенная эвтрофикация пресноводных озер средней полосы России // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 78-80.
5. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В. Ожидаемые изменения климата в северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2019. – № 1 (92). – С. 7-19.
6. Akbayeva, L., Muratov, R., Zhamangara, A., Beisenova, R., Zhantokov, B. Seasonal Dynamics of Phytoplankton and Bacterial Plankton Characteristics in EsilRiver // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2014. – Vol. 11. – № 3. – P. 1087-1093. <https://doi.org/10.13005/bbra/1493>

7. Mamytova N.S., Akbaeva L.H., Zhumabekova A.Zh., Tulegenov E.A., Aubakirova B.N. The study of self-treatment capacity of water bodies by annual average in dicesign Akmola region // Вестн. Карагандинского университета. Сер. Биология. Медицина. География – 2018.– № 4(92). – С.39-45.

Поступила 13.03.2019

Биол. ғылымд. кандидаты

Л.Х. Ақбаева

Н.С. Мамытова

Е.А. Тулегенов

Геогр. ғылымд. кандидаты

Г.А. Адильбектеги

PhD

K. Szoskiewicz

### **АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ӨЗІНДІК ТАЗАЛАУ ҚАБЫЛЕТІНІҢ МЕЗГІЛДІК ДИНАМИКАСЫ**

**Түйін сөздер:** көлдер, өзіндік тазалану, оттегінің биологиялық көрсеткіші, оттегінің ерігіштегі, бактериопланктон, динамика, аллохтонді, фотосинтез, деструкция, автохтонді, су қоймасы, қарқындылық

*Соңғы жылдарда, Ақмола облысы маңындағы көптеген көлдер эвтрофикацияның жедел түріне ұшырауда. Осыған байланысты, жұмыстың маңызды мақсаты болып: Ақмола облысының кейбір көлдерінде Султангелды, Вячесловский су қоймасы, Қона, Зеренді, Бурабай, Улкен Шабақты, Кіші Шабақты, Шучье, Карасьеде оттегінің көрсеткіштері өлшенді, ерітілген оттегі мөлшері, 5 оттегінің биологиялық жумсалуды, осының негізінде көлдің өзіндік тазалану қабілеттілігі жыл айлары бойынша бағаланды. Көлдер орта жылдық көрсеткіштер бойынша өзіндік тазалану қабілеттілігіне қарай шартты түрде 3 топқа бөлінді: төмен, орта, және жоғары. Сондай-ақ әр көл үшін және топтар үшін айлар бойынша өзіндік тазалану қабілеттілігінің өзгеру динамикасы байқалды. Анықталғандай, өзіндік тазалану процесі қарқынды түрде мезгілдің суық негізінде, желтоқсан-ақпанайларында жүреді. Алдыңғы уақыттарда көлдердің өзіндік тазалауына қатысты талдаулар жүргізілмеген.*

L. Kh. Akbayeva, N. S. Mamytova, E. A. Tulegenov, G.A. Adilbektegi,  
K. Szoskiewicz

### **SONAL DYNAMICS OF SELF-PURIFICATION ABILITY OF RESERVOIRS OF AKMOLA REGION**

**Key words:** lakes, self-purification, biological oxygen index, oxygen solubility, bacterioplankton, dynamics, allochthonous, photosynthesis, destruction, autochthonous, reservoirs, intensity

*Most of the lakes of Akmola oblast have undergone accelerated eutrophication in recent years. In this regard, the aim of this work was: to study the seasonal dynamics of the self-cleaning potential of water bodies in a number of lakes in the Akmola region of Sultangeldy, Reservoir-Vyacheslavskoye, Kopa, Zerendy, Burabay, Ulken Shabakty, Kishi Shabakty, Shchuchye, Karasye. Were studied the oxygen indices of the lakes by the months of the year. As a result, the lakes are conditionally divided into 3 groups according to their self-cleaning ability: low, medium and high. The dynamics of changes in self-cleaning ability by months for each lake individually and in a group was found. It has been revealed that the most intensive self-cleaning processes take place in the cold season of December-February. Previously, a similar analysis for self-cleaning ability on these lakes was not carried out.*

УДК 504.4.062.2

Канд. биол. наук

А.Н. Омарбаева<sup>1</sup>  
Л.Х. Акбаева<sup>1</sup>  
Б.К. Жаппарова<sup>1</sup>  
С.А. Бекбосынова<sup>1</sup>  
Н.С. Мамытова<sup>1</sup>

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ НУРА В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Г. ТЕМИРТАУ

**Ключевые слова:** загрязнения, река Нура, Темиртау, гидрохимия, поллютанты, техногенное воздействие, азот нитритный, ртуть, динамика загрязнения, предельно допустимая концентрация.

*Были проанализировали гидрохимические показатели на участке реки Нура в зоне техногенного воздействия с 2009 по 2018 гг. Актуальность исследования определялась важным рекреационным, народнохозяйственным и природоохраным значением реки Нура. Водоток пересекает районы интенсивного техногенного воздействия со стороны промышленного комплекса г. Темиртау, где было выбрано 6 пунктов отбора проб для анализа. Изучено изменение загрязненности реки по мере пересечения выбранных предприятий, а также выявлена динамика загрязнения по годам. Обнаружено, что в р. Нура наблюдается превышения ПДК по меди и нефтепродуктам, несвязанных с выбросами Темиртауского промышленного комплекса. Но предприятия загрязняют реку ртутью, цинком, сульфатами, азотом нитритным. В р. Нура сохраняется относительно нормальное содержание растворенного кислорода в воде, но 1 км выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК" происходит резкое снижение показателя БПК<sub>3</sub>.*

**Введение.** Проблема сохранения экологического благополучия и рационального использования водных объектов на сегодняшний день является очень актуальной как в Казахстане, так и во всем мире. Мониторинг водных объектов, в особенности тех, которые располагаются в зоне промышленного воздействия, является обязательной составляющей

---

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

национальных экологических программ и научных проектов [11, 12]. Промышленность, специализирующаяся на производстве энерго- и материалоемкой продукции черной и цветной металлургии способна прямым или опосредованным образом ухудшать качество прилежащих водоемов и водотоков [8]. В этой связи в центральных областях Республики Казахстан вызывает особое внимание наблюдение за гидрохимическим режимом р. Нура. Река Нура является главной водной артерией огромной Тениз-Кургалжынской впадины. Она берёт начало с западных отрогов Кызылтас Каркаралы-Актауского низкогорного массива на высоте 1000...1200 м. Общая длина 978 км, площадь водосбора 55100 км<sup>2</sup>. Истоком реки является слияние нескольких небольших родников. Важность реки определяется ее рекреационным, народнохозяйственным значением. Также река Нура является основным источником питания озер Коргалжинского заповедника [1, 6, 8].

Целью данной работы являлось: Дать оценку техногенного влияния на гидрохимические показатели р. Нура в зоне техногенного воздействия.

**Материалы и методы.** Река Нура протекает по территории двух областей: Карагандинской и Акмолинской. Территория характеризуется резко континентальным и засушливым климатом, с суровой зимой, жарким летом и малым количеством атмосферных осадков [4, 5, 8]. Промышленный потенциал областей продолжает расти, оказывая техногенное и антропогенное воздействие на поверхностные воды р. Нура [2, 3, 6].

В данной работе рассматривается участок реки, проходящий через г. Темиртау. На этой территории сформирована промышленность по производству энерго- и материалоемкой продукции черной и цветной металлургии. В связи с исторически сложившейся застройкой, в черте западной части города размещены промышленные предприятия ТОО «ТЭМК» – отрасль химической промышленности и ТОО «Bassel Group LLS» – предприятие электро-энергпромышленности. В 1000 м на востоке от города расположено крупное промышленное предприятие с полным металлургическим циклом – АО «Арселор Миттал Темиртау», ТОО «Трек», АО «Central Azia Cement», ТОО «Корпорация Казахмыс» ТОО «ЗПХ Техол», АО «Темиртауский электрометаллургический комбинат», ТОО «Темиртау Цвет Мет».

Основным водным источником, возможным к использованию хозяйствующими объектами города, является р. Нура. Ее водные ресурсы используются в процессе производственной деятельности СД АО «Арселор Миттал Темиртау», ТОО «ТЭМК», ТОО «Казахмыс Энерджи» и др. После

использования на производственные нужды, вода сбрасывается обратно в водный объект.

Нами были проанализированы средние показатели за год за период 2009...2018гг. Пробы для гидрохимического анализа отбирались с 6 пунктов отбора по р. Нура (табл. 1): Самаркандское водохранилище, точка выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК", канал объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК", точка ниже объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК", Мельничная плотина, 5,7 км ниже объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК" (рис. 1).

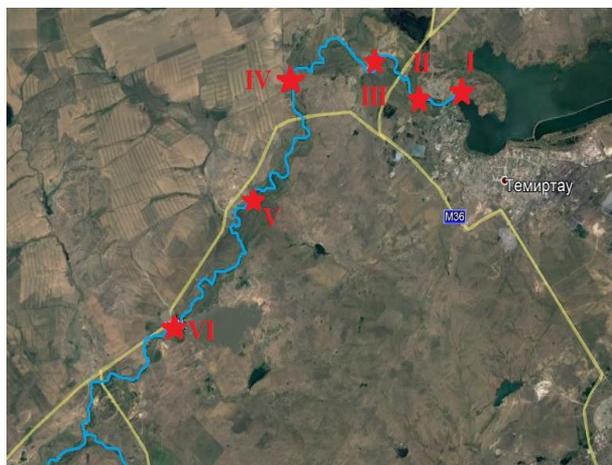


Рис. 1. Карта схема отбора проб.

Таблица 1

Пункты отбора проб для гидрохимического анализа по реке Нура

Пункт отбора	Номер пункта	Координаты
Самаркандское вдхр, 0,5 км выше плотины	I	N 50.106525° E 72.921584°
р. Нура 1 км выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"	II	N 50.103950° E 72.869329°
Канал объединенного сброса сточных вод АО "АрселорМитталТемиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"	III	N 50.122285° E 72.826040°

Пункт отбора	Номер пункта	Координаты
р. Нура, 1 км ниже объединенного сброса сточных вод 4 АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"	IV	N 50.118453° E 72.744570°
р. Нура, Мельничная плотина	V	N 50.044638° E 72.693821°
р. Нура, 5,7 км ниже объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"	VI	N 49.975874° E 72.608488°

В водных пробах были определены и проанализированы содержание меди, ртути, цинка, марганца, сульфатов, нефтепродуктов, растворенного кислорода, азота нитритного, БПК<sub>3</sub>.

Сбросы промышленных и коммунальных предприятий, прошедшие очистку на очистных сооружениях и аварийные сбросы, являются источниками загрязнения реки. К сожалению, объем загрязняющих веществ увеличивается из года в год, так как очистные сооружения предприятий, сбрасывающих очищенные сточные воды в реку, нуждаются в модернизации. Это подтверждается многолетними данными, где превышения ПДК загрязняющих веществ повышаются в точках объединенного сброса сточных вод предприятий и вниз по течению [10, 11].

**Результаты и обсуждение.** В воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса содержание меди с 2009 по 2016 гг. стойко превышало предельно допустимые концентрации на всех пунктах наблюдения, достигая максимума в 2012 и 2014 гг.: соответственно 5 ПДК и 6,5 ПДК (рис. 2). При этом даже на пунктах выше объединенного сброса сточных вод, содержание меди оставалось высоким. Только в 2017 г. на II пункте в 1 км выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК", а также в 2018 г. на V пункте Мельничная плотина уровень меди опускался ниже ПДК. Такая картина показывает, что р. Нура загрязнена нефтью вне зависимости от нахождения на ее пути Темиртауского промышленного комплекса. Высокое содержание нефти определяется естественным ксенобиотическим профилем вдоль самого русла реки.

Содержание цинка в р. Нура показало (рис. 3) зависимость от пункта отбора проб: более низкие значения или в пределах ПДК содержание цинка в

воде наблюдали на I (Самаркандское вдхр, 0,5 км выше плотины) и на IV пунктах (р. Нура, 1 км ниже объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"). То есть цинка в воде меньше до Темиртауского промышленного комплекса, а также ниже по течению реки. Причем, сброс цинка в воду происходит сразу после Самаркандского водохранилища, даже не достигая объединенного сброса сточных вод предприятиями. Динамика содержания цинка по годам показала его высокое содержание в 2009 (до 2,5 ПДК), 2014 (до 3,7 ПДК), 2017 (2,4 ПДК), 2018 (2,2 ПДК) годах.

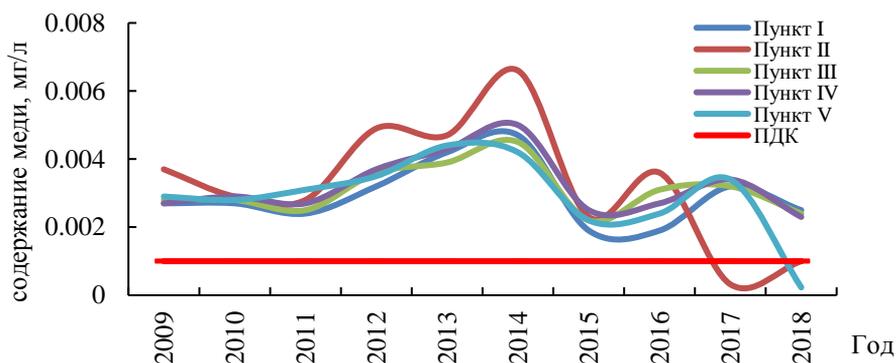


Рис. 2. Содержание меди в воде реки Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

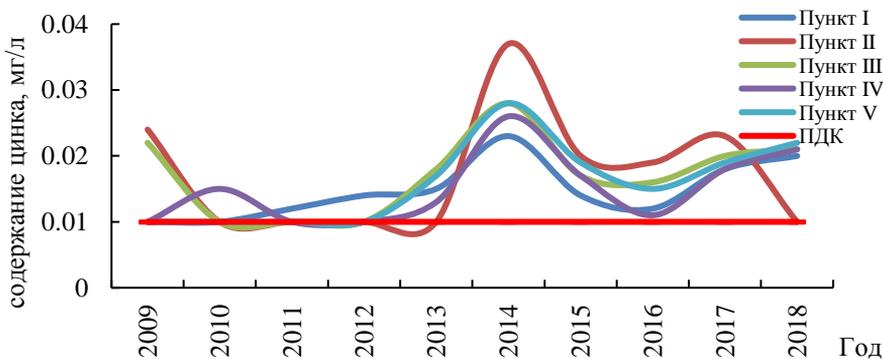


Рис. 3. Содержание цинка в воде реки Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

За рассматриваемый период с 2009 по 2018 гг. содержание марганца в воде р. Нура снижалось плавно и постепенно от максимального значения 2,6 ПДК (2 пункт) до 0,7 ПДК (5 пункт) (рис. 4).

Распределение сульфатов показало сложную картину как по створам, так и по временной динамике (рис. 5): наибольшее загрязнение сульфатами происходило в 2009 (3,4 ПДК), 2012 (3,7 ПДК), 2007 (3,5 ПДК) годах. Соотношения загрязнения по створам в основном прослеживаются: вода содержит меньше сульфатов на 1 и 5 створах.

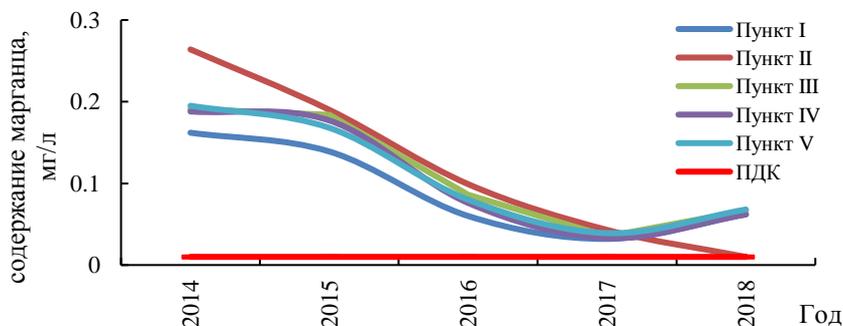


Рис. 4. Содержание марганца в воде реки Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

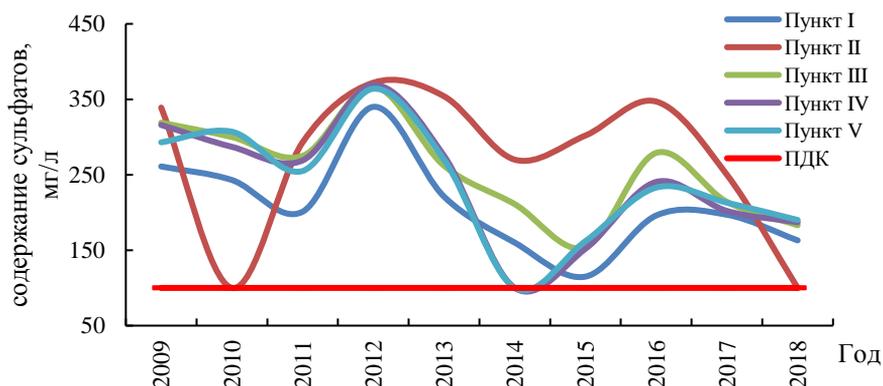


Рис. 5. Содержание сульфатов в воде реки Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

Содержание на исследованных участках реки нефтепродуктов хаотично и не зависит от пунктов отбора (рис. 6), но практически не опускается ниже значений предельно допустимой концентрации с 2009 по 2012 гг.

Содержание растворенного кислорода в воде в целом соответствует норме (рис. 7), но во все проанализированные годы показывает падение на 2 створе (1 км выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК"), которое постепенно выравнивается уже на 5 створе (р. Нура, Мельничная плотина). Аналогично, биологическое

потребление кислорода БПК<sub>3</sub> в 2018 г. резко снижается на 2 створе, что является свидетельством сбросов в воду органических загрязнителей (рис. 8).

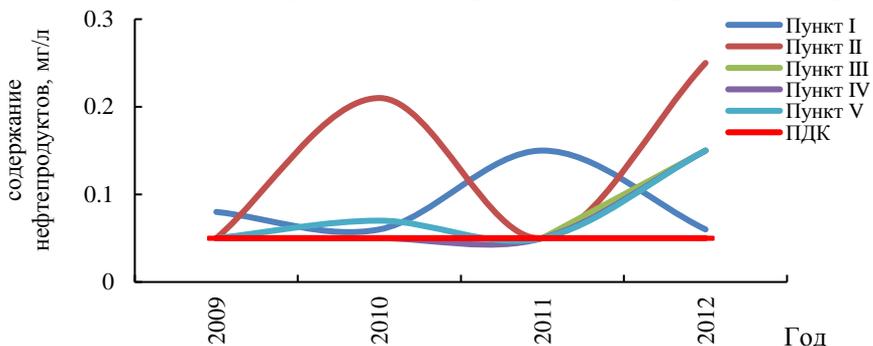


Рис. 6. Содержание нефтепродуктов в воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

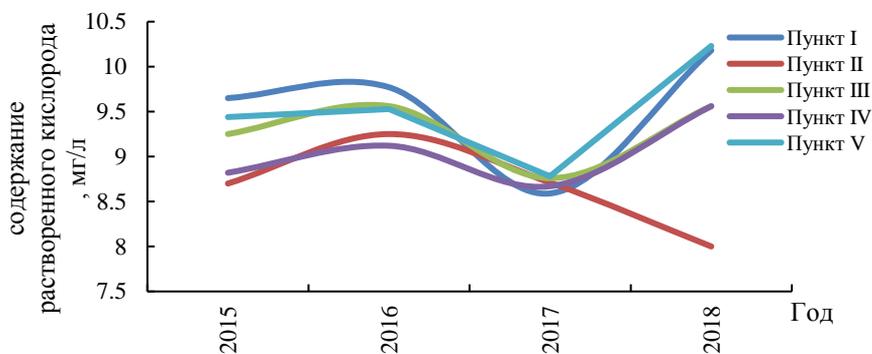


Рис. 7. Содержание растворенного кислорода в воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

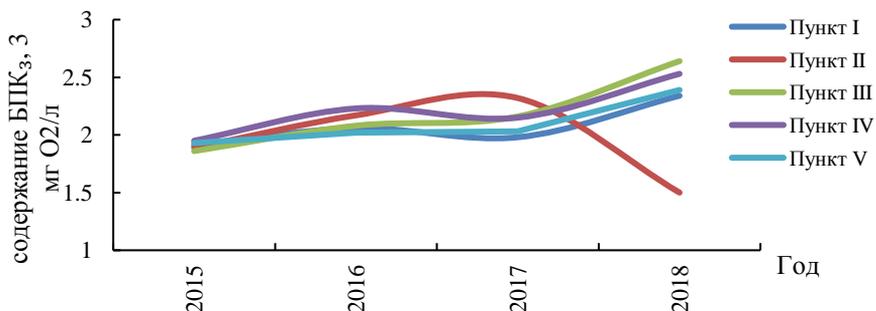


Рис. 8. Содержание БПК<sub>3</sub> в воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

В частности, на всех наблюдаемых пунктах с 2009 по 2018 годы именно на 2 пункте практически всегда было выше содержание азота нитритного (рис. 9). Контрольный 1 пункт (Самаркандское водохранилище) во всех случаях содержание азота нитритного оставалось в пределах нормы.

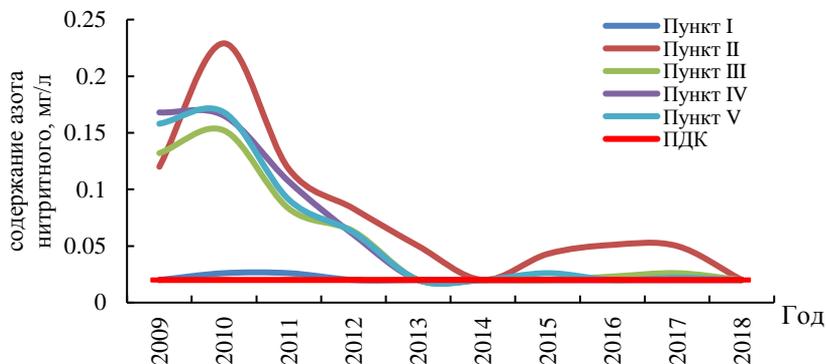


Рис. 9. Содержание азота нитритного в воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

Содержание растворенной в воде ртути за 10 лет показано на рис. 10. Графики не оставляют сомнений, что именно Темиртауские предприятия загрязняют реку ртутью, так как, вышележащие по реке I и II створы, содержат ртуть в пределах допустимой нормы за все изученные года. Тогда как на остальных пунктах отбора проб воды концентрация ртути в разные годы многократно возрастала. Самые высокие показатели загрязнения ртутью наблюдались в 2010...2011 гг. (до 0,003 мг/дм<sup>3</sup>) и 2014 г. (до 0,0025 мг/дм<sup>3</sup>).

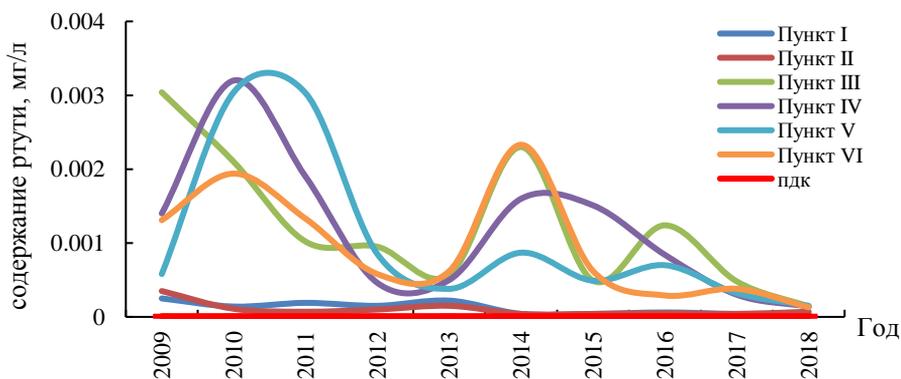


Рис. 10. Содержание ртути в воде р. Нура в зоне влияния Темиртауского промышленного комплекса.

На р. Нура расположены крупные предприятия-загрязнители ISPAT-KARMET и химический комбинат «Карбид», который за большую часть из своей 30-ней работы бесконтрольно сбрасывал ртуть в воду.

Основными концентратами и носителями ртути в р. Нуре являются техногенные илы. Общий объем техногенных илов в бассейне р. Нуры, находящихся в 25 км вниз по течению от г. Темиртау, оценивается десятками млн. тонн [3, 4, 5].

**Выводы.** Естественный режим р. Нура в настоящее время на значительном протяжении русла сменился техногенным, что связано как с влиянием поступающих сточных вод, так и с интенсивным использованием воды реки для орошения сельскохозяйственных угодий.

В р. Нура наблюдается превышение ПДК меди и нефтепродуктов, несвязанных с выбросами Темиртауского промышленного комплекса.

В р. Нура сохраняется относительно нормальное содержание растворенного кислорода в воде, но в 1 км выше объединенного сброса сточных вод АО "Арселор Миттал Темиртау" и ХМЗ ТОО "ТЭМК" происходит выброс органических загрязнителей, что снижает показатель БПК<sub>3</sub>. Техногенное воздействие на р. Нура Темиртауского промышленного комплекса привело к повышенному содержанию в воде загрязняющих веществ: ртути, цинка, сульфатов, азота нитритного, органических соединений. Особую тревогу вызывает важнейшая проблема – очистка р. Нуры от ртути.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдреева Ш.Т., Калменова У.А., Турсинбаева К.С. Оценка водных ресурсов Карагандинской области для развития рекреации и туризма // KazNU Bulletin. Geography series. – 2015.– № 2.– С.377-381.
2. Акпамбетова К.М. Эколого-геоморфологическая характеристика малых рек Бассейна Нуры // Современные проблемы геоэкологии и зоологии: Сб. междунар.научно-практ. конф., Алматы, 2001. – С.283-286.
3. Александрова С.И. Некоторые аспекты современного экологического состояния бассейна реки Нуры // Современные проблемы экологии ЦК: Сб. Респуб. науч.-практ. конф., посвящен. 25-летию КарГУ им. Е.А.Букетова. – Караганда, 1996. – С.205-209.
4. Алимбаева Ж.Ж. Оценка качества воды реки Нуры с использованием интегральных показателей // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2003. – № 2(13). – С.50-55.

5. Алимбаева Ж.Ж. К проблеме загрязнения реки Нуры ртутью и водоснабжения г. Астаны // Современные проблемы геоэкологии и созологии: Сб. междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2001. – С.286-289.
6. Кукашева А.К., Ердесбай А.Н. Оценка Современного Экологического Состояния Основной Водной Артерии Центрального Казахстана // International Student Research Bulletin. – 2016. – № 3. – С. 502.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Центральный Казахстан. Вып. 2., Нура. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 358 с.
8. Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г., Акбердина Г.Ж. Характеристика бассейна реки Нуры в зоне влияния Темиртау-Карагандинского промышленного комплекса по гидрохимическим и токсикологическим показателям // Вестник КазНУ. Серия Экологическая. – 2009. – № 3 (26). – С. 82-92.
9. Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г. Современное экологическое состояние Тениз-Коргалжынских озер по гидрохимическим и токсикологическим показателям. // Eurasian Journal of Ecology. –2016. – Т. 37.– №. 1.–С. 74-81.
10. Омарбаева А.Н., Жаппарова Б.К., Жамангара А.К. Сұлтанкелді көлінің экологиялық жағдайы // Гидрометеорология и экология. –2018. – № 3. – С. 133-144.
11. Янин Е.П. Техногенные речные илы (вещественный состав, геохимические особенности, экологическая оценка. Экологическая экспертиза). – М.: ВИНТИ, 2013. – 196 с.
12. Hsiao H. W., Ullrich S. M., Tanton T. W. Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan: I: Hair mercury concentrations and factors of elevated hair mercury levels // Science of the Total Environment. – 2011. – Т. 409. – №. 11. – С. 2272-2280.

Поступила 23.03.2019

А.Н. Омарбаева  
 Биол. ғылымд. кандидаты  
 Л.Х. Акбаева  
 Б.К. Жаппарова  
 С.А. Бекбосынова  
 Н.С. Мамытова

**ТЕМІРТАУ Қ. ИНТЕНСИВТІ ТЕХНОГЕНДІК ӘСЕР ЕТУ  
 АУМАҒЫНДАҒЫ НҰРА ӨЗЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН  
 БАҒАЛАУ**

**Түйін сөздер:** мониторинг, Нұра өзені, Теміртау, гидрохимия, поллютанттар, техногенді әсер ету, нитритті азот, сынап, ластану динамикасы, шекті рауалды көрсеткіш.

*Техногенді әсер ету аймағындағы Нұра өзенінің 2009 жылдан бастап 2018 жылға дейінгі аралықта гидрохимиялық көрсеткіштеріне талдау жасалынды. Зерттеудің өзектілігі Нұра өзенінің маңызды рекреациялық, шаруашылықтық және табиғатты қорғау мәнімен анықталды. Су ағысы Теміртау қаласының өндірістік кешенінен интенсивті техногендік әсер ету аймағын кесіп өтеді, осы аймақтан талдау жүргізу үшін 6 нүкте таңдап алынды. Таңдалған кәсіпорындар арқылы өткен өзеннің ластану динамикасы зерттелді және де жылдар бойынша ластану динамикасы бақыланды. Нәтижесінде Нұра өзенінде мыс пен мұнай өнімдерінің, Теміртау өндіріс шығарындыларымен байланысты емес, ШПК мөлшерінен жоғарылайтындығы анықталды. Бірақ өндірістер өзенді сынап, мырыш, сульфаттар мен нитритті азотпен ластайды. Нұра өзенінде суда еріген оттегінің мөлшері қалыпты деңгейде сақталады, бірақ «Арселор Миттал Теміртау» АҚ және «ТЭМК» ЖШС ХМЗ сарқынды суларының жиынтық ағындарынан 1 км жоғары нүктеде ОБҚЗ мәнінің күрт төмендеуі орын алады.*

A.N. Omarbayeva, L. Kh. Akbayeva, B.K. Zhapparova, S.A. Bekbossynova,  
N. S. Mamytova

#### **ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NURA RIVER DEPENDING ON TECHNOGENIC IMPACT OF TEMIRTAU**

**Key words:** monitoring, Nura river, Temirtau, hydrochemistry, pollutants, technogenic impact, nitrite nitrogen, mercury, pollution dynamics, maximum permissible concentration.

*Hydrochemical indicators were analyzed on the Nura River section from 2009 to 2018. The relevance of the study was determined by the important recreational, economic and environmental significance of the Nura River. The watercourse crosses areas of intense technogenic impact from the industrial complex of the city of Temirtau, where 6 sampling points were selected for analysis. We studied the change in river pollution as the selected enterprises crossed, and the dynamics of pollution over the years was observed. It was found that in the Nura River there is an excess of the MPC for copper and oil products that are not associated with emissions from the Temirtau industrial complex. But enterprises pollute the river with mercury, zinc, sulfates, nitrite nitrogen. The Nura River maintains a relatively normal dissolved oxygen content in the water, but 1 km higher than the combined wastewater discharge of Arcelor Mittal Temirtau JSC and KhMZ TEMK LLP there is a sharp decrease in BOD<sub>3</sub>.*

ЭОЖ 801.311 (574)

Геогр. ғылымд. докторы

Қ.Т. Сапаров<sup>1</sup>А.М. Нурпейсова<sup>1</sup>**ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ ГИДРОНИМДЕРІНІҢ НОМИНАЦИЯЛАНУ  
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Кілт сөздер:** гидроним, потамоним, лимноним, гелоним, номинация, индикатор-термин.

*Мақалада Қостанай облысының географиялық нысандар атаулары құрамының көп бөлігін құрайтын гидронимдерді номинациялау ерекшеліктері қарастырылды. Гидронимдер номинациялану ерекшеліктеріне қарай топтастырылып, кеңістіктік таралуы мен шоғырлануына ықпал ететін бірнеше факторлар көрсетілді. Қостанай облысында кездесетін 2000-нан астам гидронимдердің терминдік құрамы анықталып, диаграмма түрінде бейнеленді.*

**Кіріспе.** Физикалық - географиялық нысандардың үлкен бір тобы болып су нысандары саналады. Ғылыми әдебиеттерде су нысандарының атауы гидроним (грек тілінен аударғанда «гидро» - су, «оним» - атау) терминімен аталады. Н.В. Подольская гидронимге мынадай анықтама береді: «Кез келген су нысаны, ол табиғи немесе жасанды болсын өзіне тән атауға ие. Осы атаулардың жиынтығын гидронимдер деп атаймыз. Гидронимдерді зерттеу барысында кез келген су нысанын, соның ішінде потамонимдерді (өзен атаулары), лимонимдерді (көл, тоған атаулары), гелонимдерді (батпақтың, кез келген батпақтанған жердің атаулары) танып білу қажет» [9].

Қазақтың географиялық терминдері Қазақстан аумағының табиғи ерекшеліктерін айқындайды, олардың көбісі бедер, гидрография, өсімдік әлемі және ландшафтқа толық қатысты. Көшпенді өмір сүру қазақтарда шаруашылықты жүргізу үшін өз аумағының табиғи ерекшеліктерін қолдануға қажет байқампаздықты дамытты. Көшпелі мал шаруашылығымен шұғылданған қазақтар жайылымның түрлі ерекшеліктерін бөлшектеп білумен қатар (бедер ерекшеліктерін, климат,

---

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан қ. Қазақстан

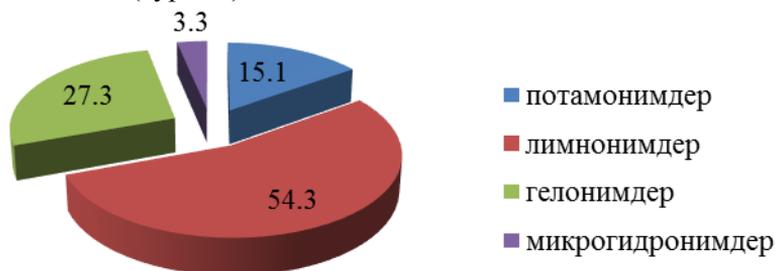
өсімдік жамылғысы, су көзінің сипатын, оның қолдану кезеңін, әртүрлі малдың түрлері үшін қажеттілігі, т.б.) көшу жолында бағыт-бағдар болатын ландшафттың ұсақ ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік туғызды.

Сондықтан да бедер, гидрография және өсімдік әлемінің ерекшеліктерімен байланысты географиялық терминдер қазақтарда көп болуымен негізделеді [5].

Қазақстан аймақтары бойынша гидронимдер жүйесі отандық ғалымдар Ғ. Қоңқашбаев, В.Н. Попова, Г.Б. Мадиева, Ж.Д. Достай, К.Д. Каймулдинова, А. Омарбекова, Ә.Е. Аяпбекова, Қ.Т. Сапаров, А.О. Мақанова, Ө. Сағымбай, К. Мамбеталиев, А.Е. Егінбаева, т.б. еңбектерінде жан-жақты зерттеліп, талқыланған. Қазақстанның солтүстік-шығысында орналасқан Павлодар облысының гидронимдерін геоэкологиялық тұрғыдан зерттеген ғалым Қ.Т. Сапаровтың еңбектерінде 1287 гидроним анықталған. Оның ішінде 925 көл атауы, 199 өзен атауы, 163 атау табиғи және жасанды су көздері және батпақ атаулары көрініс тапқан [10]. Ғалым «Гидрометеорология және экология» журналына басып шығарған «Гидронимы и характеристика рек Павлодарской области» атты мақаласында аймақтың гидрографиялық терминдерін сипаттап жазған [11]. Бірақ әлі де Қазақстанның кейбір жеке аймақтары бойынша, оның ішінде Қостанай облысы гидронимдер жүйесі географиялық тұрғыдан ғылыми зерттеулерді қажет етеді.

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Қостанай облысының гидрографиялық жүйесі өзен желісінің әлсіз және біркелкі емес таралуымен сипатталады. Өзен желісі тек облыстың солтүстік және оңтүстік бөліктерінде біршама таралған. Солтүстікте Тобыл жүйесіндегі жазық өзендері, оңтүстігінде Торғай алабының өзендері қалыптасқан. Облыста ұзындығы 10 км-ден астам 300-ден астам өзен бар. Олардың көпшілігі негізгі су ағындары болып табылады. Ұзындығы 100 км - ден астам - 21, ұзындығы 500 км - ден астам - 2 өзен бар. Барлық өзендердің басым бөлігі қармен, жауын – шашынмен және жер асты суларымен қоректенеді, бірақ су тасқындарының сипаты мен ұзақтығы әртүрлі. Қостанай облысы территориясының өзен суларымен қамтамасыз етілуі жалпы аумағының 2,6 %-ын құрайды, сондықтан облыстың осы көрсеткіші республика бойынша үшінші орынды алып отыр. Ірі көлдері: Құсмұрын (460,2 км<sup>2</sup>), Ақкөл (63,3 км<sup>2</sup>), Тіртүйір (54,3 км<sup>2</sup>), Сарыкөл (37,9 км<sup>2</sup>), Сарыоба (28,8 км<sup>2</sup>), Жаксыалакөл (25 км<sup>2</sup>) және т.б [2].

Біздің зерттеулерімізде облыстың топонимикалық жүйесінде географиялық нысандар атаулары құрамының көп бөлігін гидронимдер құрайтындығы анықталды. «Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогының» 14 томы материалдарының негізінде Қостанай облысының аумағында 2151 гидронимдер жүйесі жинақталды [7]. Гидронимдер құрамына потамонимдер саны – 324 атау, лимнонимдер – 1168 атау, гелонимдер – 588 атау, микрогидронимдер – 71 атаумен негізделген (сурет 1).



Сур.1. Қостанай облысы аумағының гидронимдерін топтастыру

Ғ. Қонқашбаев, В.Н. Попова, К. Каймулдинованың еңбектеріндегі географиялық терминдерді ескере отырып, Қостанай облысы су нысандары атауларындағы индикатор-терминдердің топтамалық кестесін құрастырдық (кесте 1).

Кесте 1

Қостанай облысы су нысандары атауларындағы индикатор терминдер

Гидронимдер	Индикатор-терминдер
Потамонимдер (өзен атаулары)	ақсай, ақсу, айырық, ащысу, бұлақ, жылға, қарасу, мұқыр, сай, соқыр, су, өзек, өзен
Лимнонимдер (көл атаулары)	ақкөл, астау, арал, аяқ, ащы, бидайық, батпақ, жалаңаш, жалпақ, жалтыр, жар, көл, көлшік, қамыс, қоға, қопа, құдық, құлақ, құм, сор, тал, тас, такыр, теңіз, томар, тұз, шұқыр (шұңқыр)
Микрогидронимдер (табиғи және жасанды су көздері)	бұлақ, көл, құдық, сай

Индикатор-терминдерде табиғатты пайдалануға қажетті географиялық ақпарат жинақталған. Бұл ақпарат негізінде су нысандарының басты сипаттамалары (сулылығы, суының сапасы, тереңдігі, көлемі, ұзындығы, жер бедері, өсімдікпен қамтамасыз етілуі және т.б.) жатыр. Гидронимдердің мағынасын талдауда индикатор - терминдердің маңызы зор болып табылады.

Зерттеу материалдарының негізінде облыс аумағындағы гидронимдер бірлестігін номинациялану ерекшеліктеріне қарай үш топқа бөліп қарастырдық:

1. Қоршаған орта ерекшеліктерін көрсететін гидронимдер (60,3%).

1.1. Орографиялық пішіні, көлемі, тереңдігі және қасиетін бейнелейтін гидронимдер. Потамонимдер: *Баласай, Екіқызсай, Қойтас, Тіксай, Тереңсай, Бала Терісаққан, Жанама, Кең, Кіші Бетағаш, Молкөл, Орта Жалаулы, Сайызсу, Жалдама, Жаңақасқа* және т.б. Лимнонимдер: *Оймақкөл, Шұқыркөл, Астаусор, Кіші Алакөл, Кішкене, Ұзынсор, Үлкен Ақсуат, Домалақ, Дөңгелексор, Жайылған, Жіңішке, Кеңсуат, Келте, Мұқыр, Ортакөл, Тұңғиықты, Шойтабан, Ескіқара, Можық, Жақсыболған, Жаманай, Сапалы* және т.б. Гелонимдер: *Биіктаскөл, Жартаскөл, Алыпөкпан, Ұлыкөл, Ұзынкөл, Үлкенкөл, Жаманкөл, Жаңакөл, Жақсы Жаркөл* және т.б.

1.2. Климат жағдайын айқындайтын гидронимдер. Потамонимдер: *Желқуар, Желқызыл, Суықбұлақ* және т.б. Лимнонимдер: *Күздік, Қарбасқан, Қатпаған, Мұздыкөл, Жылысу* және т.б.

1.3. Түр-түсі, дәмінің ащы-тұщылығы және санын білдіретін гидронимдер. Потамонимдер: *Ақсу, Ақбасты, Қарасу, Қызыларық, Сарыөзен, Ащықарасу, Ащысу, Дәмді, Тұщы, Қырықүй, Үшқарасу, Қосжалтыр* және т.б. Лимнонимдер: *Ақжол, Ақсор, Қара, Қарасор, Сарықона, Сұр, Шұбаркөл, Қызылкөл, Қоңырбай, Жалтыркөл, Ащыалакөл, Ащысукөл, Тұздыбөрілі, Тұзқұдық, Саумалкөл, Алтыкөл, Бессарыкөл, Жалғызкөл, Жетіжігіт, Қоссор, Үшкөлілік, Жекекөл* және т.б. Гелонимдер: *Жалтырша, Қаракөл, Сарыкөл, Үшкөл, Ащыкөл, Қоскөл, Жеке, Ортаүшкөл* және т.б.

1.4. Өсімдік (фитоним), жануарлар (зооним) атымен аталған гидронимдер. Потамонимдер: *Алабұға, Жиделі, Миялы, Мойылды, Тобыл, Аққушық, Жыланды, Қарабие, Теке, Шортанды* және т.б. Лимнонимдер: *Аршалы, Бидайық, Талтомар, Шилі, Көңгүл, Аққусор, Бұзаужүрген, Құсмұрын, Сарышұнақ* және т.б. Гелонимдер: *Еменкөл, Қамысақ, Қоғалыкөл, Мүктікөл, Шеңгел, Арыстанкөл, Бірқазан (2 атау), Соналы (2 атау) Доңыз, Теке* және т.б.

2. Халықтың тұрмыс тіршілігіне байланысты гидронимдер (20,3%).

2.1. Адам (антропоним) атына байланысты гидронимдер. Потамонимдер: *Айтуар, Әйет, Бабаназар, Қарамырза, Телқара* және т.б.

Лимнонимдер: *Айсара, Алтынбай, Байжан, Байтемір, Көлбике, Естай* және т.б. Гелонимдер: *Ақжан, Бердібай, Естай, Мұқашев, Шаяхмет* және т.б.

2.2. Ру, тайпа (геноним) және халық (этноним) атына байланысты гидронимдер. Потамонимдер: *Ақбай, Еламан, Торғай, Тоғыззақ* және т.б. Лимнонимдер: *Адайкөл, Айдар, Керей, Қожжа, Құнай, Уақкөл, Қырғыз (2 атау), Қалмаққара, Ноғайкөл, Татар* және т.б. Гелонимдер: *Байбол, Медет, Сақаукөл, Сарткөл, Торайғыр, Қарақыпшақ* және т.б.

2.3. Метафоралық тарихи оқиға және діни көзқарастар қалыптастырған гидронимдер. Потамонимдер: *Ақмола, Бозмола, Молалыайырық, Обаган*. Лимнонимдер: *Әулие Жолишара, Әулиесор, Әулиесу, Құдайкөл*. Гелонимдер: *Еншіалғанкөл, Бақышқонған, Төбелес, Қызмола, Обалыкөл, Сарыоба* және т.б.

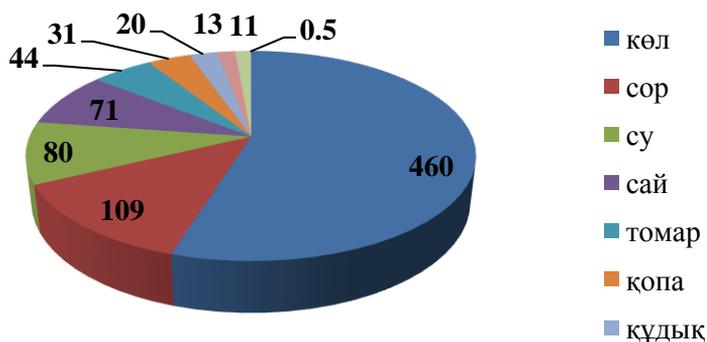
3. Орыс тілінен енген (потамонимдер: *Гнилая, Каменка, Сурка*, лимнонимдер: *Батуркино, Заблудящего, Колдушка* және т.б.) және этимологиясы анықталмаған (лимнонимдер: *Бензе, Шануга*; гелонимдер: *Заимчан, Изульне, Ильпы, Муссос, Обалгун, Топике*) гидронимдер (19,4%).

Белгілі ғалым Р.А. Агеева былай жазады: «Жердегі сулар – ағынды және ағынсыз, көл және батпақ, бұлақ пен жылға, өзен мен теңіздердің физикалық-географиялық, химиялық сипаттамалары алуан түрлі болады. Адамдар су нысандарына ат беруде нысанның қандай белгісі бірінші көзге түссе соны таңдаған. Мұндай атаулар кездейсоқ қойылмаған, олар қоршаған ортаның ерекшеліктерін маңызды ақпарлармен сипаттаған. Әрине, осымен гидронимдерді номинациялау тәсілі тоқтап қалмайды, сонымен қоса елді мекен атауымен, адам атымен, қандай да бір оқиға атауымен байланысты мемориалдық атаулар бар. Бірақ гидронимдерде қоршаған табиғи орта ерекшеліктерін сипаттайтын атаулар басым. Су атаулары әлем табиғатының айнасы» [1]. Осы тұжырымдамамен келісе отырып, өзендер мен көлдердің әртүрлі физикалық-географиялық сипаттамаларын олардың атауларынан аңғаруға болады.

**Зерттеу нәтижелері мен тұжырымы.** Гидронимдердің аумақтық жиынтығы болатындығы жөніндегі идея негізінде жергілікті табиғат жағдайларының, соның ішінде ең алдымен су нысандарының таралуына басты әсер ететін факторлар ретінде жер бедерінің сипаты мен климаттың кеңістіктік өзгерістері гидронимдердің лексикалық-семантикалық құрамындағы ерекшеліктердің болуына негізделеді. Гидронимдердің мағыналық жүктемесінің негізін құрайтын гидрографиялық терминология су нысандарының түріне (бұлақ, көл, өзен және т.б.) байланысты болады.

Су нысандарының атаулары олардың табиғи ерекшеліктеріне шаруашылық тұрғыда баға беру нәтижесінде қалыптасады [3]. Қостанай облысы гидронимдерінің лексикалық-семантикалық құрамына талдау жасау барысында «Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогының» 14 томы материалдары пайдаланылды. Жинақталған облыстағы су нысандарының атаулары мағыналық тұрғыдан талданып, семантикалық топтарға жіктелді [7].

Статистикалық әдісті пайдалану нәтижесінде есептеулер жүргізіліп, Қостанай облысы гидронимиясының терминдік құрамы анықталды (сурет 2).



Сур.2. Қостанай облысы гидронимдерінің терминдік құрамы.

Қостанай облысында гидронимдердің терминдік құрамына талдау жасау барысында топоним құрауда белсенді (көл, сор, су, сай), белсенділігі орташа (томар, қопа, құдық), белсенділігі төмен (қамыс, бұлақ, қоға) терминдер анықталды. Облыс бойынша потамонимдер құрамында *сай*, *су* терминдері, лимнонимдер құрамында *көл*, *сор* терминдері ең көп кездеседі. Жалпы көл терминін Қазақстанның барлық аймақтарынан кездестіруге болады. Облыс аумағындағы анықталған 1173 лимнонимнің 305 *көл* термині негізінде жасалған.

Көлдердің көлемі, қазаншұңқыры, суының физикалық-химиялық қасиеттеріне байланысты жергілікті халық номинация принципі негізінде атау беруге ерекше мән берген. Көл терминімен жасалған атауларды 5 топқа жіктеуге болады: 1) морфометриялық өлшемдерін көрсететін (*Кішкенекөл* (3 атау), *Ұзынкөл* (6 атау), *Дөңгелеккөл*, *Шұқыркөл* (8 атау), *Ортакөл*); 2) судың физикалық-химиялық қасиетін сипаттайтын (*Ащыкөл*, *Ащысукөл*, *Саумалкөл* (4 атау), *Тұзкөл*); 3) антропоним, генонимдер арқылы туындаған (*Ахметкөл*, *Дәулеткөл*, *Жәңгіркөл*, *Адайкөл*, *Қожакөл*, *Ногайкөл*); 4)

өсімдіктер мен жануарлар дүниесін бейнелейтін (*Ағаштыкөл, Егінкөл (7 атау), Қамыстыкөл (5 атау), Қоғалыкөл, Талдыкөл, Балықкөл, Түлкілікөл, Ұлукөл, Шіркейкөл*); 5) метафоралық діни көзқарастарға байланысты аталған атаулар (*Құдайкөл, Молалыкөл, Қорғанкөл, Обакөл*).

Облыстағы лимнонимдердің 109 *сор* терминімен жасалған атаулар. *Сор* термині Ғ. Қоңқашбаев пікірі бойынша «жазда тартылып қалатын саяз сулы көлдер» дегенді білдіреді [5]. Э.М. Мурзаев сордың көптеген халықтардың терминалогиясында кең таралғанын атап көрсеткен. Орта Азия халықтарында «шор, шур» сортаң топырақ, дала, шөлейт, шөл белдемдеріне қарай мағынасының өзгеріске ұшырап, әртүрлі атауларға ие болатынын жазған [8].

Қостанай облысының гидронимдерінің кеңістіктік таралуы мен шоғырлануына ықпал ететін бірнеше факторларды ғалым К.Д. Каймулдинованың ұсынған факторларын негізге ала отырып анықталды [3]:

1. Жер бедері, яғни жер бедерінің жаратылысы және морфологиялық тұрғыда айырмашылық жасайтын типтерінде өзіндік гидронимдер жиынтығы қалыптасады. *Сай* – термині негізінде аумақта 64 өзен атаулары кездесіп отыр. Э.М. Мурзаев «*сай*» лексемасының мағынасын «малтатас шөгіндісі, тайыз жер, құрғақ арна, жырадағы жылға, өзен» мағынасында қарастырып, барлық түркі тілдес халықтарда кездесетінін, орыстың ғылыми әдебиеттерінде жиі қолданылатынын атап көрсеткен [8]. Ғалым Е. Керімбаев гидрографиялық *сай* термині орографиялық негізде қалыптасып, лексеманың ұзақ эволюциялық үдеріске ұшырап, тасты жазық, арна, өзен, жылға т.б. мағынаны білдіретінін және олардың жер бедерінің төменгі бөлігінен ағып шығып өзара байланыста жатқанын атап өтеді [4].

2. Тау жыныстары мен шөгінділердің сипаты. Су нысандары атауларында түсті білдіретін сөздердің болуына ғалымдар бұрыннан назар аударған. Қарасу атауымен аумақта 31 өзен атауы және 16 көл атауы анықталды. А.Н. Кононов көне түркі тілінде ақ, қара сөздері түсті ғана білдіріп қоймай, белгілі бір мағынаға ие болғанын айтады. «*Ақ*» ағып шығу, ағын су, түсіне емес оның биік тау мұздықтарынан ағып шығатынын анықтайды. «*Қара*» жердің суы, жер асты суымен қоректенетін өзен, керісінше ол да түсіне емес мөлдірлігімен ерекшеленетіні көрініп тұр» деп жазады [6].

Э.М. Мурзаевтың пікірінше «*Қарасу*» терминін тау етегінен ыза суымен қоректенетін өзен, бұлақ мағынасында [8]. Ғ. Қоңқашбаев «*Қарасу*»

көл, жайылмалық су арнасы кеуіп қалған өзен арнасында жиналып қалған су жиынтығы деп қарастырады [5].

3. Су құрамы. Су нысандары атауларында су құрамын білдіретін термин топтарында да кеңістіктік шоғырлану болады. Облыс аумағында саумал терминімен жасалған көл атауы 4 рет кездесті. «*Саумал*» термині аздап қышқыл, кермек, тұздылау суға қатысты қолданылады. Аумақта *Тұздан Қарасу, Тұздыбөрілі, Тұздышы, Тұзкөл-2, Тұзқұдық* көл атаулары бар. «*Тұз*» термині негізінен шөкпе тұз қабаттары бар көлдердің атауларында кездеседі. «*Сор*» термині негізінде аумақта 106 көл атаулары кездесіп отыр. К.Д. Каймулдинова «*сор*» терминдері пенеплендердегі шығу тегі сор-дефляциялық ойыстарда орналасқан көлдердің атауларында болады деп жазады [3].

4. Су сапасы. Өзендер мен көлдердің суының сапасын шаруашылық тұрғыдан бағалау мақсатында гидронимдер құрамында «*жақсы-жаман*», «*аиқы-тәтті*» антонимдері кездеседі. Облыс аумағында *Жақсы Қайыңды, Жақсы Саба, Жақсышилі, Жаман Қайыңды, Жаман Саба, Жаманшилі, Аиқысу, Аиқықарасу, Аиқибұтақ* және т.б. өзен атаулары, *Жақсы-Алакөл, Жақсыболған, Жақсы Жаркөл, Жаман, Жаманай, Жаман-Аккөл, Жаман Жаркөл, Жаманке, Жаманкөл, Жамантай, Аиыалакөл, Аиыкөл-2, Аиысукөл* көл атаулары кездеседі. Потамонимдердегі осы термин күшті тасып, өткел бермейтін, аңғарында шөбі жұтаң, жағасы сортаңды өзендерді сипаттайды. Лимонимдердегі «*жаман*» анықтаушы жағалауы қолайсыз (батпақты немесе тұзды), суы ішуге және мал суаруға жарамсыз, жалпы алғанда, шаруашылық маңызы төмен көлдерді белгілеу үшін қолданылады.

Қазақстанның солтүстік бөлігінде орманды дала, дала және шөлейт зоналарын қамтып жатқан Қостанай облысының гидрономиясы күрделі құрылымымен және кеңістіктік таралуымен ерекшеленеді. Мұнда гидроним құрайтын терминдер жергілікті ерекшеліктерге, яғни жер бедерінің сипатына, тау жыныстары мен жаратылысы жөнінен әртүрлі шөгінділердің құрамы мен құрылысына, климат пен гидрологиялық жағдайға, органикалық дүниенің шаруашылық үшін маңызды элементтеріне ие болады.

**Қорытынды.** Зерттеу нәтижесі бойынша Қостанай облысының гидронимдер бірлестігінің номинациялану дәрежесі су нысандары атауларының қоршаған табиғи орта ерекшеліктеріне байланысты номинациялануының (60,3%) басымдылығы физикалық-географиялық тұрғысынан сипатталды. Көлдердің тартылуынан пайда бола жүретін

*батпақ* атаулары Қазақстанның басқа өңірлерімен салыстырғанда көптеп кездесетінін аңғардық. Біздің зерттеулерімізде гидронимдер ішінде ерекше орын алатын 588 гелоним атауы тіркелді. Қостанай облысы гидрономиясының терминдік құрамын анықтауда облыс бойынша потамонимдер құрамында *сай, су* терминдері, лимнонимдер құрамында *көл, сор* терминдері ең көп кездесетінін аңғартты. Тарихи-географиялық ақпараттарға негізделген Қостанай облысының гидронимдер жүйесі әлі де болса да тереңірек ғылыми зерттеулерді қажет етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агеева Р.А. Происхождение имен рек и озер. - Москва.: Наука, 1985. – 144 с.
2. Бейсенова А.С. Қазақстан географиясы. - Алматы.: Ұлағат, 2014. – 416 б.
3. Каймулдинова К.Д. Қазақстанның аридті аумақтарының топонимиясы: Монография. - Алматы.: «Те-Color» баспасы, 2010. – 280 б.
4. Керимбаев Е.А. Лексика-семантическая типология оронимии Казахстана. Автореф. дис. канд. филол. наук. – Алма-Ата, 1988. – 24 с.
5. Конкашпаев Г.К. Казахские народные географические термины. Автореф. дис. канд. филол. наук. – Алма-Ата, 1949. – 15 с.
6. Кононов А.Н. О семантике слов кара и ак в тюркской географической терминологии // Изв. отд. общ. наук АН ТаджССР. – Вып. 5. – 1954. – С.85-88.
7. Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогы. Қостанай облысы. - Алматы, 2016. – 311 б.
8. Мурзаев Э.М. Словарь народных географических терминов. – М.: Мысль, 1984. – 653 с.
9. Подольская Н.В. Словарь русской ономастической терминологии. 2-изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
10. Сапаров Қ.Т. Павлодар облысының топонимикасы. - Алматы.: Эверо, 2018. – 352 б.
11. Сапаров К.Т. Гидронимы и характеристика рек Павлодарской области. // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 3 (62). С.160-170 с.

Қабылданды 19.04.2019

Доктор геогр. наук

К.Т. Сапаров  
А.М. Нурпейсова

## ОСОБЕННОСТИ НОМИНАЦИИ ГИДРОНИМОВ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** гидроним, потамоним, лимноним, гелоним, номинация, индикатор-термин

*В статье рассмотрены особенности номинации гидронимов Костанайской области, которые составляют большую часть географических объектов области. Гидронимы, согласно их номинации сгруппированы, а также показаны несколько факторов их распространения и размещения. Определен терминологический состав более 2000 гидронимов, встречающихся на территории Костанайской области, которые показаны в виде диаграммы.*

K.T. Saparov, A.M. Nurpeisova

## FEATURES NOMINATION HYDRONYMS KUSTANAI REGION

**Keywords:** hydronym, potamonym, limnonym, gelonym, nomination, termsindicators

*The article discusses the features of the hydronyms nomination in the Kustanai region, which constitute the majority of the geographical objects of the region. Hydronyms, according to their nomination are grouped, and also several factors of their distribution and placement are shown. The terminological composition of more than 2000 hydronyms occurring on the territory of the Kustanai region, which are shown in the form of a diagram, has been determined.*

---

УДК 574.524(504.058)

Канд. биол. наук

В.Н. Тальских<sup>1</sup>Л.Ю. Шардакова<sup>1</sup>

## РАЗРАБОТКА ИНДИКАТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Ключевые слова:** лимнические системы в зонах формирования и потребления поверхностного стока, система критериев экологического состояния, абиотические и биотические критерии, реперные биоценозы, перифитон, зообентос, фитопланктон, зоопланктон

*На основе анализа существующей информации и результатов экспедиционных исследований авторов по 13 водоемам озерного типа проведена оценка их современного экологического состояния, обоснован выбор индикаторов и критериев для мониторинга и управления водным режимом озер, сделаны выводы относительно антропогенного изменения озерных экосистем нижнего течения и дельты Амударьи.*

**Введение.** Озера Узбекистана – наименее изученный компонент водных ресурсов региона, поскольку эти водные объекты не охвачены регулярной системой комплексного мониторинга. Это в равной степени относится как к озерам зоны формирования стока – горной территории, так и к озерам зоны потребления стока - равнинной территории.

**Текущий статус озерных экосистем зоны формирования стока.** Большинство горных озер этой зоны в связи с большой глубиной и малой относительной площади водного зеркала характеризуются очень низкими значениями показателя открытости ( $<1$ ) и в долгосрочной перспективе менее зависимы от климатических и антропогенных факторов [16]. Поэтому, считается, что в силу отсутствия прямого антропогенного воздействия основные черты гидрологического и гидрохимического режима большинства озер горных территорий, не претерпели каких-либо изменений. Большинство из них имеют низкую минерализацию – от 100 мг/дм<sup>3</sup> в высокогорных

---

<sup>1</sup>НИГМИ Узгидромета, г. Ташкент, Узбекистан.

озерах с высоким показателем водообмена ( $K_2 > 10$ ) до 200 мг/дм<sup>3</sup> в озерах с более низким показателем водообмена ( $K_2 > 1$ ) [8]. В этих лимнических системах, как правило, уже на протяжении времени их существования сохраняются олигосапробные условия и их олиготрофный статус [16].

### **Текущий статус озерных экосистем зоны потребления стока.**

Равнинные озера зоны потребления стока расположены в районах с недостаточным увлажнением и до недавнего времени были представлены *дельтовыми, плесово-конечными и старичными* типами. С изменением условий питания практически все старичные водоемы исчезли, а плесово-конечные перешли в категорию ирригационно-сбросовых [8].

По сути, в зоне потребления стока теперь преобладают ирригационно-сбросовые озера (ИСО) с доминирующим вкладом в их питание коллекторно-дренажных вод (КДВ), которые, в основном, приурочены к периферии орошаемых массивов в среднем и нижнем течении Амударьи и Сырдарьи, но встречаются также и в их дельтах.

Образование ИСО следует рассматривать как появление новых элементов ландшафта, имеющих определенный социально-экологический статус (поддержание биоразнообразия, воспроизводство биоресурсов, рекреация, рыбный промысел, охота, заготовка тростника и др.). Сохранение или потеря их социальной и биосферной значимости и предоставление различных экологических услуг во многом зависит от их современного состояния (стадии экологической сукцессии) и воздействующих антропогенных и климатических факторов, а также от возможных гидротехнических и управленческих решений и поддерживающих мер, которые, в зависимости от их реализации или нереализации, могут предопределить экологический прогресс или экологический регресс этих водных объектов и, соответственно, сохранение или потерю их социально полезных функций.

Равнинные водоемы, включая ИСО, часто объединяются в общее понятие «ветланды», под которыми подразумевается широкий круг водоемов, мелководий и избыточно увлажненных земель с водно-болотной растительностью и специфическим животным миром.

Показатель открытости для всех равнинных озер, в силу их мелководности, имеет высокие значения ( $> 1$ ). Например, для ветланда Судочье показатель открытости в озерах с меньшей площадью изменяется в диапазоне 4,4...7,5, в более крупных озерах – 28,3...34,8. Большие по площади

озера такие, как Денгизкуль, Междуречье, Тузкан, Айдар, Джалтырбас имеют очень высокие значения показателя открытости – от 41 до 300.

Таким образом, практически все равнинные озера являются «очень открытыми» экосистемами, что в сочетании с высокой испаряемостью (до 1500 мм и более) обуславливает их сильную зависимость от климатических факторов.

Обследованные ветланды имеют индивидуальные различия по источникам питания, форме, размерам и возрасту, относительной глубине, степени развития литорали и ее зарастаемости водно-болотной растительностью. Некоторые из них являются бессточными, другие – в разной мере проточными системами, среди которых преобладает в основном слабо-проточный тип озер с показателем условного водообмена значительно меньше единицы ( $K_2 < 1$ ). Это делает их более уязвимыми к климатической и водохозяйственной обстановке (особенно в засушливые годы) и обуславливает устойчивые многолетние тренды роста минерализации воды, зарастания и заболачивания и, соответственно, сужение спектра предоставляемых экосистемных услуг [4, 6,14, 16,18].

Антропогенное воздействие на озерные экосистемы, прежде всего, связано с катастрофическим нарушением водного баланса в современной дельте и нижнем течении Амударьи. К сожалению, ясные временные экологические тренды по ветландам дельты и нижнего течения Амударьи (также, как и в целом по бассейну Аральского моря), выявить не представляется возможным из-за ограниченности необходимых сведений, поскольку регулярный мониторинг ветландов не проводится. Тем не менее, на основе полученной информации для 13 ветландов зоны потребления стока [1-6, 10, 11, 13, 14, 17-19], их можно дифференцировать на (i) «*условно благополучные*» - с удовлетворительным экологическим состоянием; (ii) «*неблагополучные*» - находящиеся в состоянии выраженного экологического регресса, если использовать комплексный подход, учитывающий показатели абиотических и биотических процессов, протекающих в ветландах.

К первой группе можно отнести в разной мере проточные озера Бегдулла-Айдин, Большое Судочье, Каратерень (входящие в систему ветланда Судочье), водохранилища Междуречье и Муйнакский залив, озера Акчакуль, Каратерень (восточный). Ко второй группе – озера Акушпа, Тайлы (входящие в систему ветланда Судочье) и Аязкала.

Большинство ветландов нижнего течения Амударьи являются потенциально неустойчивыми системами. Подтверждением сказанному является развитие кризисной ситуации в маловодный период 2000-2002 гг., когда в течение двух лет ветланды правобережной и левобережной части дельты Амударьи практически полностью деградировали и на неопределенное время потеряли все свои экосистемные и социально полезные функции и услуги [4-6, 10, 13, 14, 17]. Такая же ситуация имела место и в 2008 году. По остальным правобережным ветландам низовья Амударьи мы не располагаем такой информацией, но наиболее вероятно, что они также в разной мере подверглись экологической деградации в период гидрологической засухи. Если экологический ущерб от такого развития событий очевиден, то социально-экономические потери не подсчитывались, но можно предположить, что они весьма значительны.

Ветланды – потенциально управляемые системы, которые, как мы отметили выше, могут выполнять не только экологически важные, но и социальные функции по обеспечению разнообразными биологическими ресурсами, рекреационными услугами и, в некоторых благоприятных случаях, служить источником питьевой воды. Но это возможно при разработке и утверждении на государственном или местном административном уровне системы устойчивого управления их водными ресурсами, включая экологический мониторинг, который может обеспечить управленческие структуры и водопользователей разносторонней и надежной информацией о количественном и качественном состоянии поверхностных вод.

*Необходимо развивать и осуществлять хорошо скоординированную систему экологического мониторинга национального и регионального уровня за динамикой гидрологических параметров, химическим составом этих водных экосистем и их биологической компонентой, т.е. параллельное осуществление гидрологического, гидрохимического и гидробиологического мониторинга, которые в совокупности представляют комплексную систему экологического мониторинга.*

Для этого нами разработана система критериев, характеризующих состояние экосистем, изученных ветландов по комплексу абиотических и биотических параметров, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1

Параметры экологически допустимого состояния ветландов

Название параметра	Характеристика параметра	Возможные негативные последствия и тренды при несоблюдении условий параметра
<i>А- Абиотические параметры</i>		
А-1 Источник питания	Преобладание речного питания	Прогрессирующее засоление при доминировании в питании КДВ
А-2 Характер водообмена	Проточные условия	Интенсификация процесса старения экосистемы, затем рост минерализации воды и ухудшение всех абиотических и биотических характеристик при снижении водообмена
А-3 Объем подпитывающего стока: А – в средние по водности годы, Б – в маловодные годы	А – средний многолетний объем стока Б – не менее 40...50% от среднего многолетнего стока	Снижение минимальных уровней воды и потеря основных литоральных и прибрежных биотопов
А-4 Уровень воды	Колебания уровня воды в нерестовый и зимний периоды не более 0,3...0,5 м	Ухудшение условий для размножения рыб и условий зимовки для прибрежных популяций
А-5 Прозрачность воды	Прозрачность – не менее 1...1,5 м при отсутствии ветрового перемешивания и взмучивания донных осадков	Угнетение развития макрофитов при пониженной прозрачности
А-6 Цвет воды	Бесцветная в литорали и сине-зеленый или слабый зеленый оттенок в открытой пелагиале при отсутствии ветрового перемешивания и взмучивания донных осадков	Ярко выраженный <i>зеленый</i> оттенок воды – эвтрофированная экосистема. Ярко выраженный <i>желто-коричневый оттенок</i> воды – заболачивание экосистемы
А-7 Средняя глубина	Средняя глубина не менее 1,5 м	Опасность зарастания основной акватории водно-болотной растительностью при снижении глубины открытых плесов
А-8 Минерализация воды	В период нереста и выроста личинок и мальков рыб (апрель-июль) не выше 5 г/л	Снижение или прекращение воспроизводства промысловых видов рыб при повышении минерализации
А-9 Содержание растворенного кислорода	Не ниже 4...5 мг/л	Дефицит растворенного кислорода в экосистеме и угнетение оксифильных видов

Название параметра	Характеристика параметра	Возможные негативные последствия и тренды при несоблюдении условий параметра
А-10 Характер донных отложений	Преобладание материнских грунтов с малым содержанием органических компонентов	Формирование вторичных грунтов с повышенным содержанием органических компонентов при прогрессирующем эвтрофировании и антропогенном загрязнении ветланда
<i><u>Б - Биотические параметры</u></i>		
Б-1 Развитие водно-болотной растительности	Хорошо развитые прибрежные тростниково-рогозовые ассоциации, но не более 50 % зарастания водной акватории	Снижение защищенных местообитаний, нерестилищ и кормовых угодий - при слабом развитии полуводной растительности. Заиление, заболачивание, образование сероводородных участков, сокращение рыбопромысловых возможностей - при интенсивном зарастании акватории
Б-2 Развитие водной растительности	Одновременное развитие пресноводных и солоноватоводных макрофитов до глубины проникновения света на 20...30 % фотической части акватории	Угнетение развития пресноводных макрофитов при повышенной минерализации
Б-3 Фитопланктон	А. Паритетное развитие пресноводно-солоноватоводных и солоноватоводных видов или (предпочтительнее) преобладание пресноводно-солоноватоводных форм. Б. Значения индекса сапробности (ИС) – не более 2,5. В. Биомасса – не более 30 г/м <sup>3</sup> в летний сезон	Повышение значений ИС – повышенное содержания органических веществ и повышенный уровень трофности. Повышенные значения биомассы – эвтрофикация экосистемы
Б-4 Зоопланктон	А. Доля галофильных видов в качественном составе – не более 20...30 %. Б. Таксономическая структура-разнообразное развитие пелагиальных и зарослевых видов коловраток (Rotifera), ветвистоусых (Cladocera) и веслоногих (Copepoda) рачков	Увеличение % галофильных видов и выпадение из состава зоопланктона <i>Cladocera</i> – прогрессирующее засоление

Название параметра	Характеристика параметра	Возможные негативные последствия и тренды при несоблюдении условий параметра
Б-5 Зообентос А. Таксономическая структура, Б. Трофическая структура	А. Одновременное разнообразное развитие пресно- и солоновато-водных пелагиальных и зарослевых видов моллюсков (Mollusca), поденок (Ephemeroptera), ручейников (Trichoptera), клопов (Heteroptera), жуков (Coleoptera), олигохет (Oligochaeta), двукрылых (Diptera), хирономид (Chironomidae), мизид (Mysidaceae) Б. Преобладающее развитие зарослевых форм и фито-детритофагоф, заметное развитие хищников, при общей разветвленности трофической сети	Снижение общего таксономического разнообразия и выпадение из состава донных биоценозов, моллюсков, поденок, ручейников и мизид, снижение разнообразия хирономид и упрощение трофических связей - экологический регресс системы
Б-7 Орнитофауна	Заметное и устойчивое присутствие в орнитофауне ветланда гидрофильных видов птиц	Снижение относительного количества гидрофильных птиц – нестабильность и ухудшение гидрологических условий и экологических параметров озерной экосистемы
Б-8 Ихтиофауна	Паритетное присутствие в ихтиофауне лимнофильных (сазан, карась, змееголов, аральская плотва и др.) и реофильных (белый амур, белый толстолобик, судак, жерех и др.) промысловых видов рыб, а также их мальков и сеголеток.	Снижение развития реофильных рыб свидетельствует о снижении проточности или постоянной подпитки озера, а отсутствие мальков и сеголеток – о неблагоприятных условиях для нереста и воспроизводства ихтиофауны.

**Обоснования и предложения к системе критериев.** В системе экологических критериев основополагающее значение, по нашему мнению, имеют характеристики гидрологических условий. Потенциально благоприятные гидрологические условия, обеспечивающие удовлетворительную экологию озер, могут основываться на следующих отправных положениях:

– **Проточность озер** является основным гарантом сохранения и восстановления качества воды. В противном случае неизбежно происходит рост минерализации до критических значений и ухудшение всех других

абиотических и биотических характеристик, включая биоразнообразие и биопродуктивность.

– Необходимо установить контрольные **годовые объемы поступления водного стока** в ветланды с учетом водности лет. По опыту мониторинга ветланда Судочье можно принять за рекомендуемый объем поступающего стока в благополучный по водности период его среднее многолетнее значение.

– Необходимо также принять **минимальные значения стока**, не допускающие высыхания озер. В маловодные годы минимально допустимый объем подпитывающего стока должен составлять не менее 40...50 % от его среднего многолетнего значения.

– Контрольные **объемы подпитывающего стока** должны обосновываться также с учетом необходимости поддержания минимальных уровней воды для сохранения биоразнообразия и биопродуктивности основных литоральных и прибрежных биотопов, для воспроизводства рыбы и поддержания мест гнездований и убежищ для птиц и промысловых животных (например, ондатры).

– **Минимальные и максимальные уровни воды** должны, в основном, следовать естественному гидрологическому режиму (максимальные уровни в весенне-летний сезон, минимальные уровни – поздним летом), а диапазон их колебаний должен гарантировать оптимальное развитие водно-болотной растительности и предотвращать чрезмерное зарастание акватории ветландов и их заболачивание.

– Необходимо также учитывать, что экология озер в значительной степени зависит от складывающегося **солевого баланса**. **Важными градациями минерализации в этом отношении являются концентрации солей <5 г/л и >10 г/л**, при которых в первом случае обеспечиваются удовлетворительные условия для нереста и развития личинок и мальков пресноводно-генеративных видов ихтиофауны, во втором случае - полностью угнетается их воспроизводственный цикл.

**Биотическими индикаторами** благополучия уязвимых озерных экосистем могут служить показатели таксономической структуры основных реперных биоценозов (перифитон, зообентос, фитопланктон, зоопланктон), в которых при удовлетворительном экологическом состоянии

соблюдается примерный паритет в развитии пресноводно-солонатоводных и солонатоводных компонентов. Предпочтительнее преобладание пресноводно-солонатоводных форм.

Важным индикатором благополучия может служить также присутствие и развитие в реперных биоценозах представителей различных трофических и экологических группировок организмов, свидетельствующих о наличии в системе разнообразных экологических ниш, что обычно характерно для состояния экологического прогресса.

В таблице 1 представлен набор параметров для оценки экологически допустимого состояния экосистем ветландов, учитывающих их абиотические и биотические характеристики и условия, которые должны поддерживаться для возможности предоставления ими различных экосистемных услуг. Представленные в ней индикаторы отражают реально сложившуюся экологическую ситуацию в ветландах, которые мы использовали в процессе экспедиционного обследования, и подготовке заключения об их экологическом состоянии.

Как показали наши исследования эти критерии, могут быть выражены количественными показателями и составить основу для разработки интегральной бальной оценки экологического состояния озерных экосистем при осуществлении их мониторинга и картирования его результатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апарин В.Б. Гидрохимические особенности Судочинского ветланда в условиях экологического стресса // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Междунар. конф., Алматы-Ташкент, 2003. – С.363-368.
2. Бородин В.Е., Рузиев И.Б. Изменение биологического режима водоемов Южного Приаралья с увеличением притока на примере сообществ планктонных водорослей // Пресная вода: Труды отраслевой научно-практ. конф. Главгидромет РУз, Ташкент, 1995. – С.108-110.
3. Бородин В.Е., Рузиев И.Б., Рахманов Б.А. Исследования возможности улучшения качества воды в водоемах питьевого и рыбохозяйственного назначения дельты Амударьи // Пресная вода: Труды отраслевой научно-практической конференции. Главгидромет РУз, Ташкент, 1995. – С.83-86.
4. Горелкин Н.Е., Горошков Н.И., Нурбаев Д.Д., Тальских В.Н. Оценка состояния коллекторов и озер правобережья Амударьи // Проблемы освоения пустынь. – № 2. – 2002. – С.49-57.

5. Исполнительный Комитет МФСА. Проект по управлению водными ресурсами и окружающей среде. Компонент Е: Экологический мониторинг ветланда Судочье (Годовой отчет), 2001 г. НПЭЦ «ЭКОТЕКС» (Узбекистан), «IBS Technology, Inc» (USA).
6. Крейцберг-Мухина Е.А., Мирабдуллаев И.М., Тальских В.Н. Основные результаты экологического мониторинга ветланда Судочье // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Междунар. конф. – Алматы-Ташкент, 2003. – С.355-363.
7. Кустарева Л.А. Экологические проблемы озера Сары-Челек // Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации. – 2000. – С. 86-89.
8. Никитин А.М. Озера Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 106 с.
9. Нурбаев Д.Д. Реакция горных озер бассейна Аральского моря на долгосрочные изменения климата // Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды: Сборник докладов Республ. научно-практ. конф. – Ташкент, 2000. – С. 107-111.
10. Отчёт о результатах экспедиции по исследованию и оценке природных условия зоны формирования ветландов на территории дельты р. Амударья и ложа Аральского моря. Проект НАТО SEP 974357 «Комплексное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря с целью восполнения водных поверхностей Южной части Приаралья». – Ташкент, 2002.
11. Рузиев И.Б., Бородин В.Е., Рахманов Б.А. Влияние водности Амударьи на гидрохимический режим и загрязнение водоемов Южного Приаралья // Пресная вода: Труды отраслевой научно-практ. конф. – Ташкент, 1995. – С.111-115.
12. Спекторман Т.Ю. Сценарии изменения климата для территории Узбекистана и зоны формирования стока рек Сырдарьи и Амударьи. Узгидромет, НИГМИ, Бюллетень: Изменение климата, причины, последствия и меры реагирования. – Вып. 9. – 2015. – С.29-39.
13. Тальских В.Н. Методология оценки экологического состояния водных объектов Приаралья по гидробиологическим показателям // Пресная вода: Труды отраслевой научно-практ. конф., Ташкент, 1995. – С.7-95.
14. Тальских В.Н. Исследования перифитона и зообентоса в озерах ветланда Судочье: основные результаты и извлеченные уроки // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в

- бассейне Аральского моря: Труды Междунар. конф. – Алматы-Ташкент, 2003. – С.369-375.
15. Тальских В.Н. Предварительные результаты комплексных экспедиционных исследований биогидроценозов озерно-речного комплекса Сары-Челекского заповедника и прилегающей территории // Труды заповедников Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – С. 68-84.
  16. Тальских В.Н., Беглов Е.О. Влияние климатических факторов на водные экосистемы и меры адаптации // Последствия изменения климата в Узбекистане, меры адаптации. – Бюллетень № 7. – 2008. – С. 53-61.
  17. Тучин А.И., Громыко К.В., Рузиев И.Б. Экологические проблемы южного и северного Приаралья и предложения по их реабилитации и стабилизации функционирования // Экологическая устойчивость и переводные подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Труды Междунар. конф. – Алматы-Ташкент, 2003. – С.341-351.
  18. Borodin V.E. and Talskikh V.N. Hydrological, Hydrochemical and Hydrobiological Regime in flat water bodies in the Aral Sea Region (Subproject 14) // Aral Sea project seminar, UNESCO, Tashkent, Uzbekistan. – 1994 (1992-1993 Reports). – P.63-65.
  19. Joldasova I., Pavlovskaya L., Lyubimova S., Urasinbetova B., Temirbekov R. The economic potential of fish of Delta zone of the Amudarya Riva and problems of its sustainable development. – Towards Rational Water and Landuse Management in the Northern Amudarya Delta Region. Intas Project Meeting, Nukus. – 2002. – P.17-19.

Поступила 11.07.2019

Биол. ғылымд. кандидаты

В.Н. Тальских  
Л.Ю. Шардакова

**КЛИМАТТЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРІ МЕН ӨЗГЕРУІ  
ЖАҒДАЙЫНДА АРАЛ ТЕНІЗІ АЛАБЫНЫҢ КӨЛДЕР  
ЭКОЖҮЙЕЛЕРІ ҮШІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ РҰҚСАТ ЕТІЛГЕН  
ИНДИКАТОРЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ**

*Түйін сөздер:* беттік ағысты қалыптастыру және тұтыну аймақтарындағы лимникалық жүйелер, экологиялық жай-күй критерийлерінің жүйесі, абиотикалық және биотикалық өлшемдер, биоценоздар, перифитон, зообентос, фитопланктон, зоо-планктон

*Кездесетін ақпараттарды талдау және авторлардың экспедициялық зерттеу нәтижелері негізінде 13 көл бойынша үлгідегі су қоймасы бойынша олардың қазіргі экологиялық жай-күйіне бағалау жүргізілді, көлдердің су режимін мониторингілеу және басқару бойынша индикаторлар мен критерийлерді таңдау негізделді, Амудария атырауы мен төменгі ағысының көл бойынша экожүйелердің антропогендік өзгеруіне қатысты тұжырым жасалынды.*

V. N. Talskikh, L. Yu. Shardakova

**DEVELOPMENT OF INDICATORS FOR ECOLOGICALLY ACCEPTABLE STATE OF LAKE ECOSYSTEMS IN THE ARAL SEA BASIN UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC IMPACT AND CLIMATE CHANGE**

**Key words:** limnic systems in the zones of surface runoff formation and consumption, criteria system for the ecological state, abiotic and biotic criteria, base biocenoses, periphyton, zoobenthos, phytoplankton, zooplankton

*Based on the analysis of existing information and fields studies results of the authors on 13 lakes, their current ecological status was assessed, the choice of indicators and criteria for monitoring and controlling the water regime of lakes was justified, conclusions were made on the anthropogenic changes in the lake ecosystems of the Amu Darya lower reaches and delta.*

УДК 502.55

Биол. ғылымд. кандидаты  
Техн. ғылымд. кандидаты

К.Т. Абдраимова<sup>1</sup>  
Ә.Қ. Ибрагимова<sup>1</sup>  
Ж. Төлеш<sup>1</sup>

### БАЙҚОҢЫР ҒАРЫШ АЙЛАҒЫ МАҢЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ СЫНАМАЛАРЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

**Ключевые слова:** топырақ жамылғысы, ластану, қауіптілік класы, тұздану, техногенді, қарашірік, нитраттар, галофиттер, қоршаған орта, диметилгидразин, экология

Мақалада «Байқоңыр» ғарыш айлағы (БҒА) орналасқан теорриторияда топырақ жамылғысының тұздануына жалпы баға берілді. Топырақ жамылғысының маңызды көрсеткіштерінің бірі - тұздардың мөлшеріне талдау жүргізілген. Зерттеуге алынған «Байқоңыр» ғарыш айлағынан (БҒА) 6000, 7000 м қашықтықтан алынған топырақ сынамаларында су сығындысы арқылы құрғақ қалдық, фотоколориметриялық әдіс арқылы  $NO^{-2}$  иондары, титрлеу әдіс арқылы  $Ca^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO^{-3}$ , иондары анықталды. Зерттелген сынамалардағы карбонаттар шектік рұқсат етілген концентрациядан топырақ жамылғысының беткі қабаты – А горизонтында (0...20 см тереңдік) 6000, 7000 м қашықтықта сәйкесінше 5,2; 3,4 есе, ал өтпелі қабат - В горизонтында (21...60 см тереңдік) 4,4; 3 есеге жоғары екені айқындалды. Жұмыста алынған қорытындылар топырақ жамылғысының өзгерістерін болжауда және техногендік ластанудың нәтижесінде орын алған салдарға баға беруде қолданылуы мүмкін.

**Кіріспе.** Ғарыштық технологияның қарқынды дамуы зымыран-жанармай компоненттері мен ұшыру құралдарының бөліктері арқылы қоршаған ортаны ластауға әкелді [12]. Диметилгидразиннің қоршаған ортаға шығарылуының негізгі көздерінің бірі – зымырандардың және олардың бөлшектерінің жерге құлауынан болады. Диметилгидразин топыраққа түскен кезде, оны қайта өңдеу өнімдері жинақталады, олардың

<sup>1</sup>Қ.А. Ясауи атын. ХҚТУ, Түркістан қ., Қазақстан

уыттылығы салыстырмалы және кейбір жағдайларда бастапқы қосылыстың уыттылығынан асып кетеді. Диметилгидразиннің әсерінен адам ағзасы уланса көздің шырышты қабығының қабынуы, тыныс алу жолдарының және өкпенің тітіркенуі, орталық жүйке жүйесінің күшті қозуы, асқазан-ішек жолдарының бұзылуы орын алады. Диметилгидразин өсімдіктерде жақсы сақталғандықтан қоректік тізбек арқылы шөпқоректі жануарлардың организміне түсіп отырады. Топырақпен байланысқан диметилгидразин жер асты суларын да ластайды. Азотқышқылды тотықтырғыштар құрамындағы оксиданттар топырақтың микрофлорасына және гидробиотаға әсер етіп, олардың өліміне әкеледі. Көмірсутек топырақта тұрақты және ұзақ уақыт бойы қалады [16]. Бірінші жылдан кейін көмірсутегі отындарының топыраққа төгілуі олардың қарқынды төмендеуіне алып келеді. Булану және ауа райына байланысты шоғырлану және жер үсті, жер асты суларында концентрация мөлшері жоғары болады. 0,7-ден 50 мл/кг-ға дейінгі концентрация микробтық қоғамдастықтың өзгеріске ұшырауына себепші болып табылады. Көмірсутектің концентрациясының 300 мл/кг жоғары болуы микроорганизмдердің өлуіне алып келеді [6].

Келтірілген әдебиеттердің мәліметтері бойынша [9], зымырандардың шапшаң құлауының кейбір жер учаскелерінде симметриялы емес диметилгидразин СДМГ концентрациясы, тіпті құлағаннан кейін де, көптеген ондаған шектік рұқсат етілген концентрацияға (ШРК) жетеді [4]. Екінші саты жоғары биіктікте (шамамен 35-50 км) құлап, салыстырмалы түрде шағын фрагменттер түрінде жерге түседі, ал отынның қалдықтары атмосфераға бөлінеді, кейбір жағдайларда екінші саты кезең бөлшектері де жерге түседі. Жанармай құйылған цистерналарды жою отынның төгілуіне және қарқынды булануына, атмосфераның, топырақтың, жер асты және жер үсті суларының ластануымен, сондай-ақ өсімдіктердің қарқынды ластануымен қатар жүреді. Құстар, балықтар, жабайы және үй жануарлары ластанған өсімдіктермен азықтанып, ластанған суды пайдаланып, адамның тағамдық шикізаты ретінде пайдалану қауіптілігі туындайды. Ракеталық жанармайдың құрамдас бөліктерінің әсеріне ұшыраған өңірлерде [3] «драмалық экологиялық тізбектер» - біздің терминологияда «техногенді түрде тәуелді тамақ тізбектері» пайда болады. Бұл тізбектер ластанған тіршілік ету ортасы - өсімдіктер - жануарлар (құстар, балықтар) - тамақ – адамдар түріндегі дәйекті жүйе ретінде ұсынылуы мүмкін.

Ғарышқа ұшу аппаратының қоршаған ортаға басты зиянды әсері салмағы 3,2 тоннадан – 16,2 тоннаға дейін болатын зымырандардың жағар және жанармай қалдықтары құрамында химиялық улы қосылыстардың болуында [1].

Ғарыш айлағынан ұшырылатын зымыран жеткізгіштердің қозғалтқыштарына пайдаланылатын жанармайына нақтырақ тоқталсақ:

Азоттетраоксиді (АТ) және азот қышқылы тотықтырғыштарымен симметриясыз диметилгидразин (СДМГ). Сутегі асқын тотығы мен сұйық оттегі тотықтырғыштарымен көміртегі РТ-1 (зымыран қозғалтқыштарына арналған РТ-маркалы отын), РГ (зымыранның сұйық жанғыш компоненті - керосин), Т-1 (мұнайдан алынатын нафтендік негіздегі азкүкіртті авация отыны жанармай, бұл қосылыс жұмысын аяқтаған бөлшектің жерге құлауы кезінде буланып оттегі және сутегіне айналып кетеді. РТ-1 және осы тектес басқа қосылыстар қоршаған ортаға керосин және бензин секілді әсер етеді, ал симметриясыз диметилгидразин қауіптілігі жағынан бірінші класқа жататын химиялық улы қосылыс. Зымыранның сұйық жанармай компонентіне кіретін «гептил» азотты органикалық қосылысы гидразин туындыларына жатады. Химиялық құрамына сәйкес симметриясыз диметилгидразин активті тотықсызданғыш, әртүрлі тотықтырғыштарда оңай тотығып, тетраметилтеразен (ТМТ), нитрозодиметиламин (НДМА), диметилметиленгидразин (ДММГ), диметиламин (ДМА), формальдегид (ФА), су, азот, аммиак және басқа қосылыстарға айнала бастайды.

Симметриясыз диметилгидразин және оның алкилгомологтарының тез тотығуы тотықтырғыштардың түріне және концентрация мөлшеріне байланысты. Мұндай тотықтырғыштардың қатарына (су, ауа, топырақ, температура) белсенді металдар Cu, Fe, Cr, Mn және олардың оксидтері, пассивті металдар Al, Ni, Mg және олардың оксидтері жатады [10].

Бұл металдарға аймақтың топырағы бай екенін ескеруіміз қажет. Зымыран қозғалтқыштарындағы тотықтырғыш ретінде, азот тетраоксиді (АТ) қолданылады. Азот тетраоксиді – сары немесе қызыл түсті ұшатын сұйықтық өткір иісі бар. Ол адам ағзасына белсенді түрде әрекет етеді, органикалық еріткіштермен суда жақсы ериді. Азоттетраоксиді (АТ) - 1-ші қауіптілік класына жатады. Атмосфераға таралу кезінде, адам ағзасында бірінші кезекте тыныс алу және жүрек қызметі мен тамыр жүйесінің жұмыстарын бұзады. АТ-мен ұзақ мерзімді улану бронхиттің дамуына, өкпенің склерозына алып келеді [7].

**Зерттеу нысаны:** «Байқоңыр» ғарыш алаңы Қазақстан Республикасының Қызылорда облысы аумағында орналасқан. Ғарыш алаңы ауданы 6717 км<sup>2</sup> және солтүстіктен оңтүстікке дейін ұзындығы — 75 км, батыстан шығысқа дейін — 90 км аумақты алып жатыр [18]. Аумақтың рельефі – тұзды топырақты, жылжымалы құмды төбелерден тұратын қуаңшылық режимді көрсетеді. Өсімдік түрлері көп, бірақ сирек орналасқан, негізінен эфермелерден тұрады, шілде айының ортасына дейін сақталып, содан кейін тіршілігін жояды.

Осыған байланысты, 5B060800 – «Экология» мамандығын бітіруші студенттер ғылыми жетекші басшылығымен Қызылорда облысы, «Байқоңыр» ғарыш айлағынан 6000 м (жұмыс барысында А қабаты болып белгіленген 20 сынама 2 ай мерзімінде ) және 7000 м-ден (жұмыс барысында В қабаты болып белгіленген 20 сынама 2 ай мерзімінде ) жақын территориядан 0...60 см тереңдіктен алынған топырақ сынамаларына талдау жұмыстары жүргізілді.

**Зерттеу әдістері.** Топырақтың тұздануын бағалау үшін ерігіш тұздардың аниондары мен катиондары анықталды. Осыған сәйкес, топырақтың тұздылығын анықтау келесі әдістер бойынша жүргізілді:

- Су сығындысы арқылы құрғақ қалдықты анықтау, тұздану дәрежесін есептеу [13];

- Титрлеу әдісі арқылы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}^{-3}$ , иондарын анықтау, Фотоколориметриялық әдісі арқылы  $\text{NO}^{-2}$  иондарын анықтау [2];

Зерттеу нысаны Байқоңыр ғарыш айлағы орналасқан Қызылорда облысының аймағы болғандықтан, оның эдафикалық жағдайын облыс көлемінде қарастырдық.

**Нәтижелерді талқылау.** Топырақтың жоғары қабатындағы ылғалдылықтың азаюынан эолды процестер күшейген. Арал теңізі құрғап қалған бөліктерінде аридті зонаның тұзды-шөлді процестері қарқынды жүруде. Байқоңырдың оңтүстік бөлігінде құмды топырақтар таралған. Оның ішінде сортаңды, сазды, тақыр тектес топырақтар кеңінен таралған. Ауданның солтүстік бөлігі жайылымдық және шабындық болып келеді. Байқоңыр аумағаның топырағы құмды, тақыр тектес және тақырлар, сұр-кұба, құба және Сырдария өзені маңында жайылмалы шалғынды топырақтар кездеседі.

Байқоңыр ғарыш айлағының топырақ жамылғысының құрамындағы карбонаттар мен гидрокарбонат иондарын анықтау барысында зерттеу жұмысы топырақтың А және В қабаттарына жүргізілді. Нәтижесінде

карбонат иондарының ШРК мөлшерінен жоғары екендігі анықталды (кесте 1).

Кесте 1

Топырақ үлгілерінің су сығындысына жүргізілген талдау жұмыстарының нәтижесі

Тұз иондары, мг/дм <sup>3</sup>	Байқоңыр ғарыш айлағынан қашықтықта				Су сығындыдағы мөлшері бойынша ШРК, мг/дм <sup>3</sup>
	А-қабаты, 6000 м		В-қабаты, 7000 м		
Карбонат	516	444	336	300	100
Гидрокарбонат	244	281	195	220	1000

Зерттеліп отырған топырақта карбонаттың таралуы біркелкі емес. Топырақтың су сіңіру кешеніне ауыспалы катиондардың құрамы топырақ құрамына әсерін тигізеді. Соның ішінде физикалық және механикалық қасиетіне, ауа және су сіңіру қасиеттеріне, қоректік заттардың сіңіруіне жалпы топырақтың құнарлығына әсері бар. Топырақтың жоғарғы қабаттарында жер асты суларының ағыны булану кезінде суда еритін тұздарды жер бетіне тасымалдайды. Әлсіз жауын жауған кездерде жер бетіндегі тұздар толық жойылмайды. Нәтижесінде, топырақ профилінің жоғарғы беткейінде тұз жинақталады. Бұл, сондай-ақ, ұзақ қашықтыққа тұздарды тасымалдайтын жел және жанбыр; жер асты мүшелері минералды қосылыстарды соруға дағдыланған галофитті өсімдіктер; тұзды көлдер құрғаған соң пайда болған тұзды жыныстар қалдығы [14].

Тұзды топырақтардың құрылымдық профилі, олар құрылған ауданында топырақтардың түріне ұқсастықтары жиі байқалады. Алайда, шешуші фактор осы топырақтың тұздық режимі болып табылады. Көптеген тұзды топырақтардың профилі нашар бөлшектенген. Топырақтардың гумустық (А), өтпелі (В) және аналық тау жыныстарынан тұратын (С) үш генетикалық горизонттары бар. Тұзды топырақтардың морфологиялық сипаттамасы, профильді ерекшелігі жіп, сызықтар мен дақтар түріндегі тұздардың болуымен айқындалады [15].

Топырақтар қарашірік мөлшеріне байланысты кейбір аудандастыру мүмкіндіктерін сақтап қалдырады. Мұндай топырақтар нашар ылғалдылығы үшін құрамында карбонаттар кездеседі.

Топырақтың тұздануы дұрыс суарылмайтын суармалы жерлерде жиі дамиды. Шамадан тыс ылғалдандыратын мәдени жерлерде жер асты

суларының деңгейін көтеріп жібереді, нәтижесінде жылдам тұздану үдерісіне ұшырайды.

Дұрыс суарылмайтын суармалы жерлердің тұздануын екінші ретті тұздану деп атайды, ал тұзданған жерлерді екінші ретті тұзданған немесе ирригацияланған деп атайды. Екінші реттік тұздануға ұшыраған топырақтар, толығымен ауыл шаруашылық айналымнан шығып қалады [5].

Байқоңыр ғарыш айлағының топырақ жамылғысының А және В қабаттарының кальций мөлшері титрлеу арқылы анықталды (кесте 2). Байқоңыр ғарыш айлағының топырақ жамылғысының құрамындағы кальций катионы ШПК – дан 6000 м қашықтықта А горизонтында 3 есеге, В горизонтында 2,2 есеге, ал 7000 м қашықтықта сәйкесінше 2,3 және 0,4 есеге жоғары екендігі анықталды.

Кесте 2

Топырақ үлгілерінің су сығындысындағы кальций катионы мен нитриттердің мөлшері

Тұз иондары, мг/дм <sup>3</sup>	Байқоңыр ғарыш айлағынан қашықтықта, м		Су сығындыдағы мөлшері бойынша ШПК, мг/дм <sup>3</sup>
	А-қабаты, 6000	В-қабаты, 7000	
Са <sup>2+</sup>	600	460	200
	420	240	
Нитрит иондар	0,43	0,34	0,1
	0,18	0,17	

Нитриттер – бұл өсімдіктерді ассимиляциялауға қабілетті азотты қамтитын қосылыстар, әрі өсімдіктерді қоректендіретін азот көзі [17].

Нитраттар табиғатта кеңінен таралған, кез–келген тірі ағзаның метоболиттері болып табылады, адам ағзасындағы метобализм процесіне күніне 100 мг – нан астам нитраттар қатысады [11].

Нитраттардың өсімдік мүшелерінде таралуы өсімдіктің тұқымдарымен тығыз байланысты. Нитраттар өсімдіктің жеміс бөлігінде кездеспейді, сабақтар мен жапырақтарда шоғырланады. Өсімдіктердің сабақтарына қарағанда жапырақ бөлігінде 4–10 есе аз болады. Картоп өсімдігінің түйнек целлюлозасында нитраттардың төмен, ал қабығы мен қабатында олардың мөлшері 1,1-1,3 есе артады. Қырыққабат өсімдігінің ішкі жапырақтарына қарағанда сыртқы жапырақтарында нитраттардың мөлшері 2 есе артық. Сәбіздің түбірлік деңгейінде нитраттардың мөлшері кездеседі [8].

Жүргізілген зерттеулерде Байқоңыр ғарыш айлағының 6000 м және 7000 м арақашықтан алынған топырақ сынама үлгілерінің құрамындағы нитриттер анықталды, нәтижесінде бұл қосылыстың ШРК мөлшерден жоғары екендігі айқындалды (кесте 2).

Нитриттердің артық мөлшері табиғи экожүйелер мен тірі организмдердің қалыпты жұмыс істеуіне жол бермейді, өнімдердің биологиялық құндылығы азайып, адам мен жануарларға теріс әсер етеді. Топырақта және суда нитриттердің қалыптасуы және жиналуы өсімдіктердің коректену режимін, метаболизм мен өнімділікті ғана емес, сондай-ақ өсімдік, су және ауа сапасын айқындайтын экологиялық фактор болып есептеледі. Біздің зерттеулерімізде «Байқоңыр» ғарыша айлағы БҒА топырақ жамылғысының құрамындағы нитрит мөлшері 6000, 7000 м қашықтықта сәйкесінше А – горизонты бойынша 0,43; 0,34 мг/дм<sup>3</sup> В – горизонты бойынша 0,18; 0,17 мг/дм<sup>3</sup> құрады. Көрсеткіштер ШРК – дан кем дегенде А – горизонтында 4,3 – 3,4; В – горизонтында 1,8 – 1,7 есе жоғары екендігі туралы нәтиже алынды. Бұл жағдай, топырақтың микрофлорасына, педобиотасына теріс әсерінен, популяцияның статикалық көрсеткіштеріне тәуелді қасиеттерінің өзгерісіне, нәтижесінде өлім-жітіміне әкеледі. Нитриттердің артық мөлшері бар топырақта, көміртекті отынның тұрақты, ұзақ сақталуына әсер етеді. Диметилгидразин қосылысының қалдықтары таралған топырақ қабатындағы ортаның сутектік көрсеткіш мәні сілтілі (рН – 12) екені көрсетілген.

**Қорытынды.** Зерттеуге алынған топырақ сынамаларының құрамындағы карбонаттар ШРК-дан А горизонтында (0...20 см тереңдік) 6000, 7000 м қашықтықта сәйкесінше 5,2; 3,4 есе, ал В горизонтында (21...60 см тереңдік) 4,4; 3 есеге жоғары екені анықталды. Бұл көрсеткіштер топырақтың механикалық құрамы бойынша құм фракциясының артуы табиғи тұздылықтың қайтара тұздану процесімен жалғасуға алып келетін бірден-бір себебі екенін көрсетеді. Байқоңыр ғарыш айлағының топырақ жамылғысының құрамындағы кальций катионы ШРК – дан 6000 м қашықтықта А горизонтында 3 есеге, В горизонтында 2,2 есеге, ал 7000 м қашықтықта сәйкесінше 2,3 және 0,4 есеге жоғары екендігі анықталды. Кальций катионының мұндай мөлшері топырақ жамылғысының тұздануын қарқындата түсетін фактор қатарына жатады. «Байқоңыр» ғарыш айлағы БҒА топырақ жамылғысының құрамындағы нитрит мөлшері 6000, 7000 м қашықтықта сәйкесінше А – горизонтында 0,43; 0,34 мг/дм<sup>3</sup>, В – горизонтында 0,18; 0,17 мг/дм<sup>3</sup> құрады. Көрсеткіштер ШРК – дан кем

дегенде А – горизонтында 4,3 – 3,4; В – горизонтында 1,8 – 1,7 есе жоғары екендігі айқындалды. Нитриттердің артық мөлшері көміртекті отынның тұрақты, ұзақ сақталуына әсер етеді. Диметилгидразин қосылысының қалдықтары таралған топырақ қабатындағы ортаның сутектік көрсеткіш мәні сілтілі (рН – 12) – бұл өз кезегінде бактериялардың дамуы үшін бейтарап орта немесе реакциясы сәл сілтілік орта қажет болғандықтан шығу тегі органикалық қалдықтарды белсенді түрде ыдырататын бактериялармен қоса саңырауқұлақтар, актиномицеттердің қарқынды түрде көбеюіне қолайсыз орта деп есептеледі.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровкин В.В. Проблемы космодромов Байконур // Евразия сегодня. – 2005. – № 6. – С. 19-29.
2. Гайлитис М. Еще раз о нитратах // Наука и мы. – 1990. – № 6. – С. 2.
3. Миняев А.П., Сидоров П.И., Совершаева С.Л. // Экология человека. – Москва, 1997. – № 3. – С.13-16.
4. Мисийчук Ю.И., Терещенко Г.Ф., Лебедев Г.П. и др. // Экологическая химия. – Москва, 1998. – № 7(1). – С. 42-47.
5. Ерденов М.Т., Түкібаева А.С. Агрехимия бойынша № 2 лабораториялық жұмыстар / М.Т.Ерденов, А.С.Түкібаева. – Кентау 2002 ж. – 35 б.
6. Панин Л.Е., Перова А.Ю. Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептил) // Бюллетень СО РАМН. – 2006. – №1 (119). – С.124-131.
7. Панин М.С., Безель В.С. Экоотоксикология: Учебник для вузов / Под ред. А.Г. Сармурзиной. – Алматы: Раритет, 2008. – С.112 – 126.
8. Пестов Л. Ф. Засоленность природных вод // Мелиоративная энциклопедия. – М.: Росинформагротех, 2004. – Т. 1. – С. 517.
9. Потрохов В.К., Малинина А.М., Климова Н.И. // Способ определения несимметричного диметилгидразина. Пат. 2111486. Россия, МКИ6 G
10. Применение метода ионной хроматографии для определения гидразин в природных водах и почвах/ А.Д. Смоленков, О.А. Шпигун // 5-я Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика-2003»: Тез. докл. – СПб, 2003. – С. 121.
11. Қазақстан топырақтары: орысша-қазақша анықтамалық сөздік / Р.А. Мирзадинов, С.Л. Дүйсенбеков. – Алматы, 2008. – 196 б.

12. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель РК за 2010 г.: Отчет / ГИСХАГИ. – Астана, 2018. – 275 с. – Отв. испол. Бегманов А.С., Салыбеков Н.Н., Беда П.И.
13. Шамсутдинов З.Ш. Галофиты России, их экологическая оценка и использование / З.Ш. Шамсутдинов, И.В. Савченко, Н.З. Шамсутдинов. – М.: РАСХН, 2000. – 399 с.
14. Эвенштейн З. Нитраты, нитриты, нитрозамины // Общественное питание. – 1989. – С. 17-187.
15. Яковлева, Л.В. Практикум по химическому анализу почв : рабочая тетрадь / Л.В.Яковлева, А.В.Федотова. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – 37 с.
16. Rumbold A. et al. Antioxidants for preventing pre-eclampsia // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2007. – № 4. – P. 1-17.
17. Kaiser W., Puber S. C. Posttranslational Regulation of Nitrate Reductase in HigherPlants // Plant Physiol. – 1994. – № 106. – P. 817-821.
18. Байқоңур ғарыш алаңы [Электрондық ақпарат]. – 2010. – URL: <http://bayterek.kz/kz/info/baykonur.php> (жүгіну датасы: 16.11.2019).

Қабылданды 09.01.2019

Канд. биол. наук  
Канд. техн. наук

К.Т. Абдраимова  
Э.К. Ибрагимова  
Ж. Толеш

## АНАЛИЗ ПОЧВЕННЫХ ПРОБ В РАЙОНЕ КОСМОДРОМА БАЙКОНУР И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Ключевые слова:** почвенный покров, загрязнение, класс опасности, соленость, техногенный, гумус, нитраты, галофиты, окружающая среда, диметилгидразин, экология

*В статье дана общая оценка засолению почвенного покрова теорритории, где расположен космодром "Байконур". Проведен анализ количества солей являющихся важнейшим показателем почвенного покрова. По результатам исследований установлено превышение ПДК карбонатов в образцах почвенных проб, взятых с горизонтов А (глубина 0...20 см) на расстоянии 6000, 7000 м соответственно в 5,2; 3,4 раз, а в горизонте В (глубина 21...60 см) в 4,4; 3 раз. Выяснилось, что в 3 раза выше. Данные показатели указывают на то, что частицы песка в механическом составе почвы*

*являются единственной причиной того, что естественная засоленность может сопровождаться повторяющимся процессом засоления. Полученные в работе выводы могут быть использованы в прогнозировании изменений почвенного покрова и оценке последствий, произошедших в результате техногенного загрязнения.*

K.T. Abdraimova, E.K. Ibrahimova, Zh. Tolesh

### **ANALYSIS OF SOIL SAMPLES IN THE AREA OF BAIKONUR COSMODROME AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT**

**Key words:** soil cover, pollution, hazard class, salinity, technogenic, humus, nitrates, halophytes, environment, dimethylhydrazine, ecology.

*The article gives a General assessment of the salinity of the soil cover of the territory where the Baikonur cosmodrome is located. The analysis of the number of salts is the most important indicator of soil cover. According to the results of studies, the excess of the MPC of carbonates in soil samples taken from horizons A (depth 0...20 cm) at a distance of 6000, 7000 m, respectively, in 5.2; 3.4 times, and in horizon B (depth 21...60 cm) in 4.4; 3 times. It turned out that 3 times higher. These indicators indicate that sand particles in the mechanical composition of the soil are the only reason that natural salinity can be accompanied by a repetitive salinization process. The conclusions obtained in this work can be used in forecasting changes in soil cover and assessing the consequences that have occurred as a result of man-made pollution.*

---

ӘӘЖ 556.18+338.48

Геогр. ғылымд. кандидаты

А.М. Сергеева<sup>1</sup>

Геогр. ғылымд. докторы

Ә.Ғ. Көшім<sup>2</sup>

Геогр. ғылымд. докторы

Қ.Т. Сапаров<sup>3</sup>

### КАСПИЙ ТЕҢІЗІ МЕН ОНЫҢ ЖАҒАЛАУЫН ТАБИҒИ-РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН БАҒАЛАУ

**Ключевые слова:** гидрологиялық режим, су туризмі, су алабы, климаттық жағдай, туристік аудандар, рекреациялық ресурстар, тұздылық, өзен

*Қазақстан мұхитпен шектеспейтін болғандықтан туризм мақсатында ішкі су алаптарын зерттеу маңызды. Сондай нысанның бірі – бұл туризмде толық пайдаланылмайтын Каспий теңізі. Осыған байланысты жұмыстың негізгі мақсаты – Каспий теңізінің гидрологиялық жағдайын туристік-рекреациялық бағалау. Жұмыста Каспий теңізінің туризмді дамытудағы су-ресурстық әлеуетінің ерекшеліктері, рекреациялық мүмкіншіліктері жан-жақты талданды. Сондай-ақ, Каспий теңізінің физикалық-географиялық жағдайы, гидрографиясы, климаттық ерекшелігі сипатталды. Теңіз алабы туризм мен демалысты дамытуға мүмкіндік беретін алуан түрлі табиғат ресурстармен жеткілікті дәрежеде қамтамасыз етілген. Мұнда емдік-шипажайлық рекреация мен жағажайлық демалыстан бастап көпшілік сипаттағы туризмнің барлық түрлерін ұйымдастыруға қажетті жағдайлар бар. Жұмысты жазу барысында салыстырмалы географиялық, статистикалық әдістер қолданылды. Каспий жағалауындағы елдердің туристік-рекреациялық сипаттамасы берілді.*

Европа мен Азия арасында орналасқан Каспий теңізі – әлемдегі тұйық кеңістіктегі ең ірі алап. Ол солтүстіктен оңтүстікке қарай 1030 км астам қашықтыққа созылса, ені – 200-ден 400 км дейінгі көлемді қамтиды.

---

<sup>1</sup>Қ. Жұбанов атын. АӨМУ, Ақтөбе қ., Қазақстан

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

<sup>3</sup>Л.Н. Гумилев атын, ЕҰУ, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

Теңіздің ауданы оның деңгейіне байланысты өзгеріп отырады, 1996...2010 жж. арасында ол орташа шамамен алғанда 392600 км<sup>2</sup> құрады. Ендік ерекшеліктерге байланысты физикалық-географиялық айырмашылықтарды ескере отырып теңізді әдетте Солтүстік, Орталық және Оңтүстік Каспий болып бөлеміз. Солтүстік Каспий – таяз, оның тереңдігі 20 м аспайды. Орта және Оңтүстік Каспийдің тереңдіктері сәйкесінше 788 және 1025 м [7].

Каспий теңізі оқшауланған су алабы ретінде өзіне тән гидрологиялық режимге ие. Теңіз режимінің ерекшелігін мынадай факторлар анықтайды: климаттық жағдайы, өзен ағыны, теңіз тереңдігі және теңіз түбінің жер бедері, жергілікті жер бедері, жағалау сипаты [17].

Каспий теңізінде 1980 жылға дейін жалпы ауданы 350 км<sup>2</sup> құрайтын 50-ге жуық шағын аралдар болды. Олардың ішіндегі неғұрлым маңыздылары: Құлалы, Чечень, Артем, Жилой, Огурчинский және т.б. Аралдардың ауданы теңіз деңгейінің тербелісінен өзгеріп отырады [10].

Тұрғындардың демалысын ұйымдастыруда көлдер мен су қоймалары ерекше орын алады. Олар ландшафттардың көріктілігі мен тартымдылығын біршама арттырып, алуан түрлі рекреациялық іс-әрекеттерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Ұзақ мерзімді демалыс мекемелерінің 85...90 %, қысқа мерзімді демалыс мекемелерінің 90..95 % көлдер мен су қоймаларының жағалауларында шоғырланған. Көлдерді рекреациялық пайдалану мақсатында оңтайландыру үшін олардың аквальды-аумақтық кешендерін (ААК) немесе су нысандарының жеке телімдерінің рекреациялық құндылықтарын бағалау жұмыстарын жүргізеді. Көлдердің рекреациялық әлеуетін бағалаудың бастапқы сатысы демалыстың жеке түрлерін дамытуға қолайлылығын бағалауды көздейтін жұмыстар жасау. Бағалау барысында алынған нәтижелерге негізделіп көлдер мен су қоймаларының ААК рекреациялық құндылықтары анықталады [13].

Зерттеу жұмысының барысында туристік-рекреациялық аудандастырудың әртүрлі деңгейін қалыптастыруға ықпал ететін климат пен гидроминералдық ресурстардың рекреациялық іс-әрекеттерге қолайлылығы, басқа да алғышарттар басшылыққа алынды.

Каспий теңізі алабы туризм мен демалысты дамытуға мүмкіндік беретін алуан түрлі табиғат байлықтарымен жеткілікті дәрежеде қамтамасыз етілген. Мұнда емдік-шипажайлық рекреация мен жағажайлық демалыстан бастап көпшілік сипаттағы туризмнің барлық түрлерін

ұйымдастыруға қажетті жағдайлар бар. Каспий теңізі жағалауында қазіргі заманғы туристік кешендерді қалыптастыру үшін аймақтың ерекше тарихи ескерткіштері де маңызды. Мәселен, Дербент қаласындағы дүниежүзілік мәдени мұра нысандары [1]. Осындай тарихи-мәдени нысандар Каспий жағалауындағы әрбір мемлекетте бар.

Қазіргі заманғы Каспий пішіні және өткен геологиялық кезеңі батысында Қара және Азов теңіздерін, шығысында Орта Азияның үлкен бөлігін алып жатқан ішкіконтинентальді Тетис мұхитының кішігірім бір бөлігі. Алайда, Каспий теңізінің көлемі қазіргісінен де кіші болғаны белгілі. Ал Каспий теңізінің плейстоцен мен голоцен аралығындағы су ауданы мен көлемінің өзгерістері Варушенко С.И. еңбегінде берілген [3].

Теңіздің солтүстігіне Волга, Жайық сияқты ірі өзендер құяды. Олардың жиынтық ағыны Каспий теңізіне келетін жылдық өзен ағынының 88 %-ға жуығын құрайды. Батыс жағалауында Сулак, Терек, Кура және басқа ұсақ өзендер құяды. Олар жылдық ағынның 7 %-ын құрайды. Өзендердің жылдық ағынының 5 %-ы Иран жағалауындағы өзендердің (Горган, Хирад, Сефидруд) үлесіне тиеді. Каспийдің шығыс жағалауында тұрақты су ағындары жоқ [5].

Теңіздің гидрологиялық режимінде теңіз тереңдігі мен түбінің жер бедері маңызды орын алады. Теңіздің терең сулы бөліктері жазғы уақытта жылудың жинақталуына мүмкіндік береді, ал оның ағыны қыста су температурасының таралуына күшті ықпал етеді.

Солтүстік Каспийдің жағалаулары құрғақ қайраңмен көмкерілген, тереңдік шамалары 2...3 м таяздықта – 10 м мен 70 км арасындағы қашықтықта созылып жатыр. Жайық өзенінің сағасы мен Маңғыстау шығанағының арасында тереңдігі 5...8 м жететін Орал жыралық аймағы деп аталатын ауқымды ойпат орналасқан. Теңіздің солтүстік бөлігінің түбі оңтүстікке қарай еңкіш, оны құм мен бақалшақ қабаты жауып жатыр. Сағалық бөліктер көптеген өзендер барқындарына толы, олар көптеген қайраңдарды құрайды, сондықтан, Солтүстік Каспий түбінің рельефі аса күрделі. Теңіз деңгейінің ауытқу амплитудалары жоғары болғандықтан Каспий теңізінің жағалау аймағының морфологиялық құрылымының басты ерекшелігі регрессиялар маусымындағы су деңгейлеріне тәуелді болатын жағалайлардың, өзен арналары мен сағаларының реликтілік формаларының кездесуі. Бұл әсіресе көптеген реликтілік арналары бар Солтүстік Каспий рельефінен көрінеді. Орта Каспийдің батыс жағалаулары Махачкала қаласына дейін ойпатты. Мұнан әрі оңтүстікке, Баку қ. дейін теңіз сызығын

бойлай оған жақын жерлерде Кавказ тауларының сілемдері созылып жатыр. Тау аңғарлары мен жағалау арасын тар жазықтық алап алып жатыр. Теңіз жағалаулары көп жағдайда аккумулятивті, тек Дағыстан мен Апшерон жағалауларының жекеленген бөліктерінде ғана – амброзивті. Батыс жағалауларда ірі Терек, Сулак, Самур өзендерінің ірі аңғарлары орналасқан.

Орта Каспийдің шығыс жағалауы батыс бөлігіне қарағанда айтарлықтай төмен және оларға өзен ағындары құйылмайды. Орта Каспийдің шығыс жағалауынан теңізге қарай тереңдеп түбектер мен айрықтар еніп, олардың арасында теңізге қарай шығанақтар кіріп жатыр. Каспийдің ең үлкен шығанағы – Қара-Бұғаз-Гол. Шығыс жағалауларда іргелес жатқан шөл және шөлейт үстірттерді құрайтын, ізбестастан тұратын абразионды жағалаулар басым. Орта Каспий шегінде қайраң, материктік ылди мен қазан шұңқыр көрініс табады. Оның тереңдігі солтүстік бөлігінде 15...25 м шамасында. Оңтүстікке қарай олар біртіндеп, ал кейін 50 м изобатадан бастап, әсіресе, максималды тереңдігі 790 м шамасында болатын батыс жағалауға қарай ығысқан Дербент шұңғымасына қарай күрт артады. Екі бірдей жағалауды бойлай жіңішке алап болып 20 м тереңдік аймағы созылып жатыр, ол тек Апшерон түбегінде ғана 30 км қашықтықта изобата жағалаудан 30 км шамада. Оңтүстік Каспий ауданы 148,5 мың км<sup>2</sup> және альпілік қатпарлы саласына жататын күрделі рельефі мен ең терең ойыстары бар (максималды 1025 м, орташа – 344 м) аумаққа ие [2].

Оңтүстік Каспийдің түбі мен қайраңдық аумағының рельефі көптеген лайлы жанартаулармен және тектоникалық көтерілімдермен күрделенген. Оңтүстік Каспий жағалаулары әр алуан. Баку қ. батысқа қарай, Алят мүйісіне дейін жағалауды бойлай, Кавказ тауларының оңтүстік-шығыс сілемдері созылып жатыр. Оларды оңтүстікке қарай Кура-Аракс ойпатының жартылай шөлейтті құрғақ далалары ауыстырады. Ленкоран маңында таулар қайтадан жағалауға жақындап, тар Талыш жотасы мен теңіз арасындағы мойнақты құрайды. Батыс жағалауды бойлай, Баку қолтығынан 130 шақырымға дейін Баку архипелагының аралдары созылып жатыр. Теңіздің оңтүстік жағалауы Эльбрус таулы жотасымен шектелген. Ішінара таулар теңізге жақындайды, бірақ олар көп ретте 30...50 км қашықтықта орналасқан. Ең биік Демавенд тауы 5630 м жетеді. Ленкораннан оңтүстікке қарай және жалпы Иран жағалауының барлығы (ең шеткері оңтүстік-шығыстан басқа) ормандарға және цитрус, құрма, анар, жеміс ағаштарына толы. Эльбрустың солтүстік сілемдері қалың

субтропикалық ағаштарға толы. Оңтүстік Каспийдің шығыс жағалаулары солтүстіктегі Челекен түбегіне дейін ойпатты, жағалауда құмдауытты шөлдер басым. Солтүстікке қарай екі – Түрікменбашы (Красноводск) және Түрікмен шығанақтары бар, олар Челекен түбегімен бөлінген. Шығанаққа жақын жерде бірнеше аралдар орналасқан. Астара қаласынан Гасан Голи елді мекенінен дейінгі Иран жағалауының ұзындығы шамамен 620 км жуық. Жағалаудың жазықтық бөлігінің ені орталық бөліктегі 1 км бастап, Сефируд және Горган өзендерінің аңғарына дейін 50...60 км құрайды. Әкімшілік тұрғыдан алғанда жағалау жазығы батыс бөлікте Гилян (Астарадан Чабоксарға дейін), ал шығыс бөлікте Мазандеран (Рамсардан Гасан Голиге дейін) деп аталады. Иран жағалауында тау бөктерлері мен плейстоцендік террасалар, ежелгі жыралар, ойпаттар, жағалау жоталарын және су астылық жағалау бөктерін бөліп қарауға болады [11]. Су астылық жағалау бөктерінің еңкіштілігі (теңіздің 100 м тереңдігіне дейін) Хаштпара және Горгана аудандарында 0,0005, ал жағалаудың орталық бөлігінде 0,01 дейін өзгереді. Су астылық бөктердің 10 м тереңдіктегі еңкіштілігі картографиялық мәліметтерге сәйкес 0,01...0,0007, ал жағажайлық аумақта 0,06-дан 0,004 дейін өзгереді [12]. Каспийдің Иран жағалауындағы қазіргі жағалау сызығы өте қарапайым, аз тілімделген, өзен аңғарларымен және шығанақтар аз кездеседі. Каспийдің Иран жағалауындағы ең ірі өзен атырауы Сефируд өзенінің атырауы (ескі және жаңа), ал одан көлемі шағындары Гиляндағы Карганруд пен Полруд шағын өзендері, ал жағалаудың Мазандер бөлігіндегі Чалус, Чешмекиле және Горганруд болып табылады. Энзели шағын мүйісі мен Горган шығанағы теңізден құмдауыт шағылдармен бөлінген. Каспий теңізіне Иран жағалауынан 40-тан астам шағын өзендер келіп құяды. Барлық дерлік өзендер Эльбрус жотасының солтүстік беткейінен басталады. Өзен бастаулары өсімдік жабындысы сирек таулы аудандарда орналасқан, онан төменірек өзендер орманды аумақтар арқылы өтеді (әдетте ормандармен су жинау аумақтарының 50...55 % қамтылған), ал жағалау бойындағы аккумулятивтік жазығы арқылы теңізге келіп құяды. Иран жағалауының өзендерінің су жинақтау ауданы жалпылама алғанда 163,4 мың км<sup>2</sup> құрайды. Иран өзендерінің бір бөлігі Түрікменстан мен Әзірбайжан аумақтары арқылы өтеді. Ең ірі өзен – Сефируд – Манджид тауы маңында Шахруд және Гезедузан өзендерінің қосылысынан пайда болады. Өзеннің ұзындығы 800 км жетеді. Барлық дерлік ірі өзендерде су қоймалары салынған, сондықтан, олардың сұйық және қатты ағындары соңғы 50 жыл ішінде айтарлықтай

қысқарған. Ирандағы жағалау аймағының жағажайлық бөлігін құрайтын үйінділердің құрамына байланысты жағалаудың үш түрін: киыршықты-малтатасты (батыс Мазандеран), құмдауыт (Гилан мен орталық Мазандеран жағалаулары), құмдауыт-алевритті (шығыс Мазандеран) деп бөліп қарауға болады. Су астылық жағалау бөктерінің жіңішке жолағы изобаталардың 15...20 м дейін құмнан құралған, ол тереңірек қарасақ, ірі алеврит пен пелитке ауысады. Жағалау жазығының көп бөлігі ауыл шаруашылығына белсенді пайдаланылып, оларда күріш, шәй плантациялары, жібек тұт ағашының тоғайлары, бақшалық дақылдар орналасқан, сол себепті ылғал жалпақ жапырақты ормандар тек тау аңғарларында ғана сақталып қалған [11].

Каспий теңізінің тұздылығы мұхиттың тұздылығынан айқын ерекшеленеді. Тұздың үлесі материктік ағындар мен өзен тасындыларына байланысты болады [16, 17]. Өзен атырауларында, Волга өзенінің сағасында 1 л суда 1...3 грам тұз сәйкес келеді. Теңіздің Орта және Оңтүстік бөліктерінде орташа тұздылық 12...14 ‰ немесе 1 л суда 12...14 гр тұз, шығыс жағалауында тұздылық 2...3 ‰-ге жоғары. Қара-Бұғаз-Гол шығанағында тұздылық мөлшері жоғары, 35 ‰-ге жетеді [16].

Каспий теңізі солтүстікте континентті, батыста қоңыржай жылы, оңтүстік-батыста субтропикалық ылғалды және оңтүстікте шөлді климаттық аймақтардың ықпалында жатыр. Климаттық аймақтардың алуан түрлілігі Каспий теңізінің алабындағы синоптикалық үдерістердің дамуы мен ауа райының маусымдық ерекшеліктерінен көрініс табады. Каспий теңізі мен оның су жинақтау алабының үстіндегі атмосфераның циркуляциясын анықтаушы қысым орталықтары болып, қыста Азиялық максимумның сілемі болса, жазда Азор максимумының жотасы табылады. Теңіздің барлық акваториясы үшін радиациялық баланстың көлемі орта есеппен 60 ккал/см<sup>2</sup> құрайды. Артық жылу қарқынды жылу алмасуға және атмосферамен қарқынды конвективті жылу алмасуға негіз болады. Барлық акватория үшін жылу балансы наурыздан қазанға дейінгі аралықта ең жоғары мөлшерде болады және маусым-шілде айларында шарықтау шегіне жетеді (11...12 ккал/см<sup>2</sup>). Жылу балансы тек желтоқсанда ғана кері мәнге ие болады (1...2 ккал/см<sup>2</sup>). Қыста теңіз акваториясының басым бөлігі Сібір антициклоны ықпалында болады. Қысқы маусымдағы Армян және Иран таулы үстірттерінен қысым максимумының болуы теңіздің оңтүстік бөлігінде қысымның ішінара артуына көмектеседі. Теңіздің орта бөлігінде температурасы әртүрлі ауа ағындарының түйісу аймағы түзіледі, бұл өз

кезегінде қыс мезгілінде циклондық циркуляцияның дамуына әкеліп, Қара және Жерорта теңіздерінен оңтүстік циклондардың шығуы байқалады. Көктемгі маусым үшін синоптикалық үдерістердің үлкен өзгермелілігі мен ауа массаларының жиі ауысулары тән. Жазда температуралық қайшылықтар қалыпқа келіп, циркуляциялық үдерістер әлсірейді. Каспий теңізінің бетіндегі синоптикалық үдерістер батыста солтүстік атланттық ауытқулар ықпалында болады. Орал және Кавказ таулары шығыс пен оңтүстіктен келетін ауа массаларына кедергі болып, Каспий алабына климат түзуде үлкен ықпал етеді. Алаптың көп бөлігі салыстырмалы түрде жазы жылы және қысы салқын қоңыржай климаттық белдеуде, ал ең шеткі оңтүстік бөлігі субтропикалық белдеуде орналасқан, оларда батыс аудандардың ауа-райы жазда ашық және тымық, қыста жаңбырлы және желді, ал шығыс аудандардың жазы құрғақ әрі ыстық, ал қысы салыстырмалы түрде салқын [4].

Каспий теңізінің солтүстігі жазы жылы (маусым-тамызда солтүстік-шығыс бөлігінде орташа 24...25 °С) және қысы салқын (желтоқсаннан ақпанға дейін солтүстік-шығыс бөлікте орташа есеппен – 5...6 °С) континенталды климатқа ие. Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 95...125 мм (аздап Атырауда – 173 мм және Форт-Шевченкода – 172 мм жоғарырақ)[15]. Маусымдық ауытқулар айтарлықтай болмағанына қарамастан жауын-шашын мөлшері жылдан жылға ауытқып отырады. Қазақстандық Каспий теңізінің ауданы екі бөлікке: Солтүстік Каспийдің шығыс бөлігі мен Солтүстік Каспийдің орта бөлігіне бөлінеді. Солтүстік Каспийдің шығыс бөлігі таяз, ойпаттық жағалауы мен түптік еңістері шағын. Мұнда орташа тереңдік 2 м. Теңіз түбінің рельефі қайраңдар, аралдардың болуымен күрделенген. Ол гидрологиялық режимі континенталды, аридті климат жағдайларында қалыптасатын Жайық және Волга өзендерінің су ағындарымен нақтыланатын жартылай тұнық су қоймасы. Ол шын мәнінде Орта Каспий суларының ықпалынан бөлек жатыр, тұздылығы салыстырмалы төмен. Солтүстік Каспийдегі судың тұздылығы 0,2...2,0 промилледен (Волга атырауы) теңіздің терең бөлігінде 9...11 промиллеге дейін жетеді. Каспий теңізінің орта бөлігінде теңіз тұздылығы 13...15 промиллені құрайды [6, 9].

Каспий теңізінің солтүстік-шығыс таяз бөлігі жыл сайын қатады, орта бөлігінде мұз теңіз жағалауларында тек қатты қыс кезінде ғана пайда болады. Салқын және аса қатты салқын қыстарда тұтас мұздар 20 м изобатаға дейін түзілуі мүмкін. Қаттылығы орташа қыстарда Солтүстік

Каспийдегі мұз жабындысы 3...4 ай сақталады. Аномалиялы салқын қыстар кезінде мұзды маусым 4...6 айға дейін, ал аномалиялы жылы қыстарда Солтүстік Каспий акваториясының көп бөлігіндегі мұз жабындылары 2...3 айдан аз уақыт сақталады. Н.И. Ивкина зерттеулері бойынша Пешной гидрометеорология стансасының мәліметтеріне сәйкес, мұз басу маусымының ұзақтығы 2005 жылдан 2015 жылға дейінгі аралықта 156 күннен (2011...2012 жылдың қатты қысы) 96 күнге (2003...2004 жж. жылы қысы) дейін жеткен. Бұл ретте Каспий теңізінің түрлі бөліктері үшін мұз басудың ұзақтығының әркелкі екендігін айта кеткен жөн [9].

Каспий теңізіне толқындану секілді құбылыс тән. Бұл атаумен тайыз жердегі толқын жотасының оның алдында орналасқан қойнауға аударылып түсу жолымен ішінара бұзылуы аталады. Толқын жоталарының аударылуы жағалауда болатын соқпа толқынға қарағанда көбікті толқындар жағадан алыста жатқан қайраңдар үстінде байқалады. Каспий теңізінде жел толқындарының және ұсақ толқындардың әрекеті солтүстік-шығыс қайраң бетінен жақсы байқалады. Каспий теңізінің таяз бөлігінде толқындар түзу үшін қосымша фактор болып теңіз тереңдігі мен түбінің рельефі әсер етеді [8].

Каспий теңізіндегі ағыстардың режиміне ықпал ететін жетекші факторлар: жел, өзен ағысы, теңіз түбіндегі жер бедері, жағалаудың конфигурациясы. Таяз сулы аудандарда ағыс бағыты сол аймақтағы соғатын желдің бағытына сәйкес келеді. Терең сулы аудандардағы ағыс бағыты желдің бағытынан ауытқиды. Теңіздің солтүстік бөлігіндегі ағыстардың бағыты тұрақты.

Қазіргі кезде Каспий теңізінің жағалауын бес мемлекет игеріп отыр. Теңіз тек мұнай-газ өнеркәсібіне ғана емес туризм саласында да үлкен сұранысқа ие болып келеді.

Кесте 1

Каспий жағалауындағы елдердің туристік-рекреациялық сипаттамасы (авторлардың құрастыруымен)

Мемлекеттер	Жағалаудың туристік-рекреациялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Ресей Федерациясы	Ресейдегі туристік маусым маусым айынан қыркүйекке дейін созылады. Судың қызу температурасы шілде айында +22,3 °C-ге дейін жетеді. Тек Дербентте суға түсу маусымы мамыр айының	Махачкала, Дербент, Каспийск, Избербаш, Лагань, Астрахань

Мемлекеттер	Жағалаудың туристік-рекреациялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Қазақстан	<p>ортасынан қыркүйек айының ортасына дейін созылған. Ресейлік Каспий аймағы негізінен тек суға түсуге ғана емес, балық аулау, туризмнің белсенді түрлерін дамытуға да қолайлы.</p> <p>Қазақстанда Маңғыстау облысының қалалары туристік мақсатта пайдаланылады. Жаз айлары туризм үшін ең қолайлы кезең болып саналады. Теңізге түсу маусымы маусым айынан бастап тамыз айының аяғына дейінгі аралықты қамтиды. Шілде айында +24 °С-ге дейін жетеді.</p>	Ақтау, Форт-Шевченко, Кендірлі аймағы
Әзірбайжан	<p>Каспий теңізінің әзірбайжандық бөлігі жұмсақ климатымен ерекшеленеді. Субтропиктік климат бұл аймақта туризмді қарқынды дамытуға мүмкіндіктер береді. Сәуір айынан басталған туристік маусым айының ортасына дейін созылады.</p> <p>Жағажайдың басым көпшілігі құмды.</p>	Баку, Худат-Ялама; Набрань; Абшерон: Мердакан, Бильгя, Бузовна, Зугульба, Сурахан; Ленкоран-Астарин
Түрікменстан	<p>Жылдың барлық маусымында жылы. Бірақ ең қолайлы мезгіл мамыр – қыркүйек айлары. Бұл кезде су температурасы 25...30 °С-ді көрсетеді. Жалпы су температурасы наурызда +12 °С болса, қарашада +20 °С. Қазір бұл арнайы туризм зонасы орналасқан аймақ.</p>	Аваза, Туркменбаши
Иран	<p>Туризмді дамыту үшін мемлекеттердің жағалауларымен салыстырғанда аса қолайлы болып саналады. Қыс айларында +10 °С; жаз айларында +27 °С. Жауын-шашын айларында көп түседі, бірақ жерортатеңіздік циклон әсерінен жаз айларында да жауын-шашын болып тұрады. Тамыз айындағы судың температурасы +28 °С, ал қазан-қараша</p>	Гилян провинциясы, Мазандеран провинциясы: Рамсар, Ноушахир; Гулстан провинциясы

Мемлекеттер	Жағалаудың туристік-рекреациялық сипаттамасы	Туристік аудандар
	айларында +17 °С. Сондықтан жылдың барлық маусымы өте қолайлы. Балық аулау, туризмнің белсенді түрлері қарқынды дамыған.	

1-ші кестеде Каспий жағалауындағы елдердің туристік-рекреациялық сипаттамасы берілген. Алайда Каспийдің барлық жағалауы туристік-рекреациялық тұрғыдан тиімді болып саналмайды. Каспий теңізінің 600 км-дей жағалауын Ресейде туристік мақсатта қолданады. Теңіз жағалауын жағажай ретінде барлық маусымда қолдануға климаттық жағдай мүмкіндік бермейді.

Каспий теңізінде жағажайлық туризмді дамытуға құмды жағалаулары мен тұнбаларының құрамында адам ағзасына пайдалы минералды заттарға бай емдік батпақтар, өзіне тән өсімдіктер мен жануарлардың болуы, т.б. ықпал етеді [14].

Қорыта келгенде, Каспий теңізінің жағалауында туризмді дамыту жер бедерінің ерекшеліктеріне, климаттық жағдайына тікелей байланысты. Әрбір аудан немесе аймақтың рекреациялық құндылығына, табиғат кешендеріне түсірілетін салмақтың тұрақтылығына және басқа да факторларға тәуелді болатын табиғатты рекреациялық пайдалану қарқынының тиістігі бір деңгейі болуы тиіс. Олардың қатарына негізінен рекреациялық іс-әрекеттердің қандай да бір түрлерінің нышаны, ерекшеліктері, сипаты, рекреациялық аудандарға рекреанттардың бөліну заңдылықтары жатады.

Каспий теңізі мен оның жағалауын табиғи-рекреациялық тұрғыдан бағалау барысында мынадай қорытындыларға келдік:

1. Каспий теңізін туристік-рекреациялық аймақ ретіндегі ерекшеліктері - теңіз суы жұмсақ және кальций мен сульфаттарға байлығы, биологиялық ресурстарының алуан түрлілігі;

2. Қолайлылығы жоғары ауа райында туризммен айналысу белгілі дәрежеде шектелуі мүмкін. Қолайсыз ауа-райы демалыстың барлық түрлерін шектейді. Жиналған деректерге жасалған талдаулар Каспий теңізінде метеорологиялық жағдай маусым мен қыркүйек аралығында қолайлы екенін көрсетеді;

3. Каспий теңізін рекреациялық мақсатта жағалауындағы барлық мемлекет пайдаланады. Бірақ мемлекеттердің арасында теңіз жағалауын туризмде тиімді пайдалануда Әзірбайжан алдыңғы орын алады.

Каспий теңізін туристік-рекреациялық бағалау туризм мен рекреацияны дамытудың келешектегі бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді. Теңізі алабының туристік-рекреациялық әлеуеті табиғатқа бағытталған, танымдық, спорттық, емдеу-сауықтыру туризмінің әртүрлі түрлерін дамытуға қолайлы. Каспий теңізінің табиғат кешендерін қорғау және тиімді пайдалану, рекреациялық ресурстарды қажеттілікке сай оңтайлы пайдалану қазіргі кезеңдегі көкейкесті мәселелердің бірі.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аванесян М.М. Формирование Каспийского рекреационного района. Современные научные исследования и инновации. 2012. – № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/02/7733> (дата обращения: 26.03.2019).
2. Аманниязов К.Н. Каспийское море. – Алматы: «Қазақ университеті», 1999 – 110 с.
3. Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени.– М.: Наука, 1987. – 239 с.
4. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз // под ред. Е.С. Нестерова. – М.: Триада лтд, 2016. – 378 с.
5. Воропаев Г.В., Красножон Г.Ф., Лахиджани Х.К. Сток рек и устойчивость Иранского побережья Каспийского моря // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25. – № 6. – С.747-758.
6. Гидрометеорология и гидрохимия морей, том VI. Каспийское море, вып. 1. Гидрометеорологические условия. – 1992. – СПб: Гидрометеоиздат. – 359 с.
7. Гинзбург А.И., Костяной А.Г. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990-е – 2017 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – № 7. – С.195–207.
8. Ивкина Н., Галаева А.В. О применении спектральной волновой модели SWAN для прогноза волнения на Каспийском море // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Матер. Междунар. научн. практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы: 2016. – С.103-107.

9. Ивкина Н., Наурузбаева Ж., Клове Б. Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журнал исследований воды. – 2017. – № 3(3). – С.15-29.
10. Касымов А.Г. Каспийское море. – Ленинград: Гидрометеозид., 1987. – 187 с.
11. Лахиджани Х.К., Красножон Г.Ф. Сток рек иранского побережья в Каспийское море // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 11. – С. 100-102.
12. Леонтьев О.К., Маев Н.Г., Рычагов Г.И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. – М.: МГУ, 1977. – 208 с.
13. Мазбаев О.Б., Асубаев Б.Қ., Тоқпанов Е.А. Туристiк iс-эрекеттердi ұйымдастырудың теориялық және әдiснамалық негiздерi // Монография. – Алматы: «Алтын баспа», 2013. – 184 б.
14. Садыков Ж.С., Голубцов В.В., Дуйсебаев Ж.Д. и др. Колебания уровня Каспийского моря и его прогноз // Доклады Национальной Академии наук РК. – 1995. – № 6. – С. 9-19.
15. Справочник по климату Казахстана. Многолетние данные.1971-2000 гг. Алматы – 2004. – 38 с.
16. Яицкая Н.А., Бердников С.В. Многолетняя динамика солености вод Каспийского моря в зависимости от положения уровня моря // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: Матер. Междунар. науч. конф. (6-11 июня 2011 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – С.117-120.
17. Kosarev A.N., Kostianou A.G. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea // The Caspian Sea environment. – Berlin, 2005. – P. 5-31.

Поступила 18.10.2019

Канд. геогр. наук  
 Доктор геогр. наук  
 Доктор геогр. наук

А.М. Сергеева  
 А.Г. Кошим  
 К.Т. Сапаров

## **ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННАЯ ОЦЕНКА КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ЕЕ ПОБЕРЕЖЬЕ**

***Түйін сөздер:*** гидрологический режим, водный туризм, водный бассейн, климатические условия, туристические районы, рекреационные ресурсы, соленость, река

*Поскольку Казахстан не граничит с океаном, в целях туризма важно изучать внутренние водные бассейны. Одним из таких объектов является Каспийское море, которое не в полной мере используется в*

*туризме. В связи с этим основной целью работы является туристско-рекреационное оценивание гидрологического состояния Каспийского моря. В работе для развития туризма в регионе Каспийского моря были проанализированы особенности водно-ресурсного потенциала и рекреационные возможности. Также были охарактеризованы физико-географическое положение, гидрография и климатические особенности моря. Здесь имеется все необходимое для организации лечебно-оздоровительного туризма и пляжного отдыха. При выполнении работы были использованы сравнительно-географические, статистические методы. Даны туристско-рекреационные характеристики прибрежных стран.*

A.M. Sergeyeva, A.G. Koshim, K.T. Saparov

## **NATURAL RECREATIONAL EVALUATION OF THE CASPIAN SEA AND ITS COAST**

**Key words:** hydrological conditions, recreational assessment, hydrological regime, water tourism, water body, climatic conditions, tourist areas, recreational resources, salinity, river

*Since Kazakhstan does not border the ocean, it is important to study inland water basins for tourism purposes. One of these facilities is the Caspian Sea, which is not fully used in tourism. In this regard, the main purpose of the work is a tourist-recreational assessment of the hydrological status of the Caspian Sea. In the work for the development of tourism in the Caspian Sea region, the features of the water resource potential and recreational opportunities were analyzed. The physical and geographical position, hydrography and climatic features of the sea were also characterized. It has everything you need to organize health tourism and beach holidays. When performing the work, comparative geographic, statistical methods were used. The tourist and recreational characteristics of coastal countries are given.*

УДК 551.435.16

PhD

Б.А. Чашина<sup>1</sup>Н.Е. Рамазанова<sup>1</sup>

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СМЫВА ПОЧВЫ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

**Ключевые слова:** смыв почв, потенциальный смыв почв, модели водной эрозии, эрозионная опасность, метод расчета эрозионной опасности, уравнение Уишмейера-Смита, эмпирическая модель RUSLE, эродированные почвы, интенсивность осадков, интенсивность снеготаяния

*В данной статье рассматриваются методологические подходы к изучению водной эрозии агроландшафтов с целью выявления наиболее эффективных методик, в которых осуществляется комплексный учет показателей смыва почв для дальнейшей адаптации расчетов к условиям на территории Казахстана. В связи с этим, был проведен анализ существующих методик по расчету показателей смыва почв, который зависит от множества различных факторов смыва. Данный набор факторов у разных авторов имеет различную степень проявления. Для территории Казахстана роль того или иного фактора также может быть различной, поэтому методики, который подходят для одних регионов, могут быть не применимы для других. Это обуславливает актуальность данного исследования в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на природно-территориальные комплексы, которое может привести к необратимым последствиям в будущем.*

**Введение.** Ключевые приоритеты совершенствования систем землепользования заключаются в их целевой ориентации на получение заданного уровня продуктивности при одновременном выполнении условий ресурсосбережения, повышения плодородия почв, защиты их от эрозии, экологической сбалансированности. Эти основополагающие

---

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

предпосылки взяты в качестве отправной точки формирования концептуально-методологических подходов к исследованию и построению систем противоэрозионных мероприятий [12].

В связи с нерациональным природопользованием в прошлом и, как следствие, ухудшением экологической обстановки в настоящем в Республике Казахстан назрела необходимость придать сельскому хозяйству новый аспект его развития – ландшафтно-экологический и энергосберегающий. Опасность дальнейшего развития эрозионных процессов обуславливает необходимость более эффективного использования эродированных и эрозионно опасных земель. Это требует совершенствования методики, противоэрозионной организации территории сельскохозяйственных организаций с учетом адаптивного подхода к разработке и осуществлению мер, направленных на повышение противоэрозионной устойчивости ландшафтов.

**Постановка проблемы.** Высокая распаханность на территории страны, недостаточная защищенность пахотных земель лесными насаждениями, изреженность травяного покрова сенокосов и пастбищ, низкий уровень хозяйствования на земле привели к экологической неустойчивости ландшафтов. В этих условиях любое необоснованное решение по организации использования эрозионно опасных земель может привести к необратимым процессам разрушения почв сельскохозяйственных угодий [3].

Наибольшие площади смытых почв в составе сельскохозяйственных угодий находятся в Южно-Казахстанской области – 958,7 тыс. га, в Алматинской и Мангыстауской областях по 802 тыс. га, в Актюбинской – 473,1 тыс. га, в Восточно-Казахстанской – 424,9 тыс. га, в Жамбылской области – 352,6 тыс. га [13].

Наибольший удельный вес эродированных сельскохозяйственных угодий отмечается в Алматинской, Атырауской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областях. Из 30,7 млн. га эродированных сельскохозяйственных угодий в составе пашни находится 1,6 млн. га, из которых 1,3 млн. га (80,8 %) представлены в основном слабоэродированными почвами, требующими несложных противоэрозионных мероприятий.

Среднеэродированных почв в составе пашни находится 303,1 тыс. га (17,8 %), на которых требуется проведение интенсивных противодефляционных и противоэрозионных мелиораций.

Сильноэродированных почв в составе пашни находится 13,3 тыс. га (0,8 %), из которых 10,0 тыс. га приходится на Акмолинскую область [2].

**Объект исследования.** Объектом данного исследования являются существующие методики и методы (формулы) расчета показателей смыва почв, предложенных разными авторами в различные периоды исследования данного вопроса.

К настоящему времени разработаны, опробованы и усовершенствованы многочисленные приемы и методы измерения почвенной эрозии и моделирования отдельных процессов. Несмотря на это, точных данных о скорости эрозии недостаточно и территориально они представлены крайне неравномерно. Сопоставление данных отчасти затруднено отсутствием именно общепринятых методов, специальных нормативов или ГОСТов [7].

**Материалы и методы.** Данное исследование основывается на материалах исследований водно-эрозионных процессов, которые проводились на основе эмпирических опытов и многолетних наблюдений. Среди них можно выделить универсальное уравнение RUSLE, которая была предложена американскими учеными Уйшмейером и Смитом, а впоследствии доработана Ренардом и Фостером. Также были рассмотрены методы советских и российских ученых: Корнева, Сальникова, Швевса, Герасименко и др.

В качестве методов исследования были применены ретроспективный анализ, сравнительный анализ, системно-структурный подход, типологический подход, метод аналогий.

**Анализ методов определения смыва почв.** Для разработки проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия требуется надежная количественная оценка эрозионной опасности земель. Она проводится путем соответствующих расчетов по определению суммарного смыва почвы с использованием существующих методических разработок, известных в географической и сельскохозяйственной науке. В частности, для определения поверхностного смыва почвы, используется несколько десятков формул, число которых продолжает увеличиваться в последние годы (табл. 1, 2), что создает дополнительные трудности по выбору адекватной модели при решении конкретных задач.

По мнению В.Д. Иванова, большинство из них не обеспечено соответствующими обоснованными значениями параметров, дающих саму возможность производить необходимые практические расчеты. Однако их

систематизация представляет определенный научный и практический интерес, поскольку дает возможность сравнительного анализа и определения наиболее перспективных подходов в объективной количественной оценке интенсивности процессов эрозии [8].

Таблица 1

Формулы расчета смыва почв тальми водами

Формула	Значение параметров формулы	Автор
$W = A I^{0.75} L^{0.5} X^{1.5}$	W – смыв почвы, т/га в год, A – коэф. других факторов, I – уклон, L – длина склона, м, X – интенсивность осадков, мм	Корнев, 1937
$\mu = C y I$	$\mu$ – смыв почвы, т/га в год, C – эрозионный коэффициент, y – слой стока, мм, I – уклон	Кузник, 1962
$\mu = 10(\gamma_2 - \gamma_1) \frac{Ly_1}{l} + 10\gamma_2 y_2$	$\mu$ – смыв почвы, т/га в год, $\gamma_1$ – мутность вышележащего участка, мг/л, $\gamma_2$ – мутность нижележащего участка, мг/л, L и l – длина выше- и нижележащей части, м, $y_1$ и $y_2$ – слой стока с выше- и нижележащих частей склона, мм	Сурмач, 1976
$I_s = Qmg0,5L \sin \alpha PK$	$I_s$ – интенсивность эрозии, т/га в год, Q – эродируемость почв, т/га, m – масса стока, т, g – ускорение силы тяжести, м/с <sup>2</sup> , 0,5L – половинная длина склона, м, $\sin \alpha$ – средневзвешенный уклон склона, P – противоэрозионная стойкость почв, K – коэф. формы и экспозиции склона	Иванов, 1977
$M = \gamma \alpha \beta A h^{1.5} \delta^{1.5} i^{0.75} L^{1.5}$	M – смыв почвы т/га в год, $\gamma$ – плотность почвы, г/см <sup>3</sup> , $\alpha$ – коэф. формы склона по Лопатину, A – эрозионная способность почв, т/га, $\beta$ – коэф. формы склона по Арманду, h – интенсивность снеготаяния, мм/сут, $\delta$ – коэф. стока, i – уклон, L – длина склона, м	Конокотин 1977
$M_r = pML \sin \alpha S_r \lambda k_s$	p – коэффициент степени увлажнения территории: M – средний многолетний смыв почвы (т/га) с зяби; L – расстояние от водораздела до створа, где определяется смыв почвы в м; $\alpha$ – уклон склона в градусах на расстоя-	[4]

Формула	Значение параметров формулы	Автор
	нии $L$ метров от водораздела; $\pi$ – коэффициент учета влияния на смыв почвы профиля склона; $S_{\pi}$ – поправка на тип (подтип) почвы; $\lambda$ – коэффициент, характеризующий влияние на смыв степени эродированности почв; $k_3$ – коэффициент воздействия на смыв экспозиции склона.	
Источник: Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: Учебное пособие. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – 360 с. Таблица дополнена автором		

Некоторые исследователи делят все модели водной эрозии на статистические и логико-математические. Последние, в свою очередь, подразделяются на три класса: с сосредоточенными параметрами, с сосредоточенно-распределенными параметрами и с распределенными параметрами. В Западной Европе и Северной Америке при оценке процессов водной эрозии используют эмпирические и физически обоснованные модели или эмпирические, физически обоснованные и концептуальные модели. Эмпирические модели представляют собой обобщения данных наблюдений, выполненные на основе определенного объема априорной информации статистическими методами. Классическая эмпирическая модель – известное универсальное уравнение потерь почвы (УУП, *RUSLE* – Revised Universal Soil Loss Equation) или уравнение Уишмейера-Смита, впервые опубликованном в 1965 г. в сельскохозяйственном справочнике [17]. Она наиболее проста и наименее требовательна к информационному обеспечению. Ее отличает высокая степень пространственной и временной генерализации и небольшое количество казуальных переменных. Использование этой модели дает возможность оценить среднегодовые «потери» или «смыв» почвы в среднем для склона или большой территориальной единицы [14].

При этом его структура имеет следующий вид (1):

$$A = RKLSCP \quad (1)$$

где  $A$  – среднее расчетное количество теряемой почвы в год на единицу площади т/га в год;  $R$  – коэффициент эродирующей способности осадков;  $K$  – коэффициент эродируемости почвы;  $L$  – коэффициент длины;  $S$  – коэффициент уклона;  $C$  – коэффициент растительного покрова и севооборотов;  $P$  – коэффициент охраны почв [15].

RUSLE - это модель эрозии, предназначенная для прогнозирования многолетних среднегодовых потерь почвы (A), переносимых стоком с конкретных полевых склонов в определенных системах земледелия и управления, а также с пастбищ. Широкое использование обосновало полезность и обоснованность использования RUSLE для этой цели. Он также применим к несельскохозяйственным условиям, таким как строительные площадки [16]

Таблица 2

Формулы расчета смыва почв в условиях выпадения обильных дождей

Формула	Значение параметра формулы	Автор
$A = RKLSCP$	A – смыв почвы, т/га в год, R – коэф. эрозийности дождя, K – коэф. эродлируемости почв, L – длина склона, м, S – коэф. крутизны склона, C – коэф. возделывания культур, P – коэф. охраны почв	Уишмейер и др., 1959 (Гудзон, 1974)
$A = \alpha + b S^n$	A – смыв почвы, т/га в год, $\alpha, b, n$ – величины, зависящие от интенсивности осадков, почвы и ее поверхности, S – уклон	Смит, Уитт (Сальников, 1965)
$E = P^{1.75} S^{1.35} L^{6.35}$	E – смыв почвы, т/га в год, P – максимальная за 2 года 30-минутная сумма осадков, мм, S – уклон, L – длина склона, м	Масгрейв (Пенман, 1968)
$R = k y^{1.2}$	R – смыв почвы, т/га в год, k – коэф., учитывающий агрофон, y – слой стока, мм	Кузник, Лысов, 1969
$X = C S^{1.4} L^{1.6}$	X – смыв почвы, т/га в год, C – постоянная варьирования, S – коэф. крутизны, L – длина склона, м	Austin, Zingg, 1972
$Q = \beta \alpha^{1.13} q^{2.18} t^{0.78}$	Q – смыв почвы, т/га в год, $\beta$ – коэф. почвы, $\alpha$ – крутизна склона, q – коэф. интенсивности дождя, t – время дождевания, сут	Сулима, Бурыкин, 1973
$W = 10^{-5} J^n L^{0.5} [12 \lambda_{p(n)} j R_o \cdot \Sigma K_{ГМ(n)} + \lambda_{p(b)} \gamma \rho_o \Sigma K_{ГМ(b)}]$	W – интенсивность смыва, т/га в год, J – уклон, n – показатель степени, L – длина склона, м, $\lambda_p$ – коэф. противоэрозионного эффекта растительности, jR <sub>o</sub> – коэф. противоэрозионных свойств почв, K <sub>ГМ</sub> – гидрометеорологический показатель, мм	Швебс, 1973
$V_s = 0,028 A^{3,745} K F C$	A – интенсивность дождя, мм/сут, K – эрозионный коэффициент, F – уклон, C – коэффициент покрытия водосбора растительностью	Antonio, 1976
$M_r = \pi i L \sin \alpha \pi S_r \lambda A$	i – максимальная 30-минутная интенсивность ливневых осадков 50% обеспеченности в мм/мин; L – расстояние от водораздела до створа в м; $\alpha$ – уклон склона в градусах на расстоянии L метров от водораздела; $\pi$ – коэффициент учета влияния на смыв профиля	[4]

Формула	Значение параметра формулы	Автор
	склона; $S_{\pi}$ – поправка на тип почвы; $\lambda$ – коэффициент влияния на смыв эродированности почв; $A$ – параметр, зависящий от вида агрофона.	
Источник: Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: Учебное пособие. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – 360 с. Таблица дополнена автором		

Многолетний опыт апробирования методик по количественной оценке эрозионной опасности в производственных условиях при землеустроительном проектировании показал целесообразность использования метода расчета эрозионной опасности, изложенного в Методических указаниях по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии [9], имеющий вид (2):

$$ЭТ(L) = KT(L)RKЭKnП \quad (2)$$

где  $ЭТ(L)$  – потенциальный смыв от стока талых вод (ливневых дождей), т/га в год;  $KT(L)$  – эродирующая способность стока талых вод (ливневых дождей), л/га на единицу эрозионного потенциала талых вод (ливневых дождей);  $R$  – коэффициент эрозионного потенциала рельефа;  $KЭ$  – поправочный коэффициент за экспозицию склона;  $Kn$  – поправочный коэффициент за поперечный профиль склона;  $П$  – коэффициент относительной смываемости почвы.

Следует отметить, что данная методика, на наш взгляд, является более универсальной в отношении регионов применения. Американская схема также считается универсальной, но, судя по составляющим формулы, рассчитана только на расчет смыва в условиях ливневых дождей, тогда как на большей части Казахстана основное разрушение почв происходит вследствие стока талых вод. Поэтому американская методика может быть использована и для казахстанских условий эрозионных процессов, но с некоторым преобразованием формулы.

Также существуют методики, которые опосредствованным образом могут свидетельствовать об интенсивности водно-эрозионных процессов. Одним из таких методов является метод оценки смыва почв с использованием данных о твердом стоке. Являясь интегральным показателем склоновой и русловой эрозии на водосборе, твёрдый сток используется для оценки интенсивности эрозионных процессов и разработки противоэрозионных мероприятий [6]. Несмотря на большую значимость, эта гидрологическая

характеристика остается одной из самых слабоизученных. Это обусловлено большими техническими трудностями измерений, несовершенством приборов и методов для изучения твёрдого стока.

Суть данного метода заключается в определении основных характеристик стока взвешенных наносов и мутности воды, как показателей развития эрозионных процессов на водосборе и интенсивности поверхностного смыва. Он позволяет количественно оценить размах этих процессов [3].

Таким образом, для количественной оценки суммарного влияния всех природных факторов на процессы эрозии проводят расчеты потенциального смыва почвы с участка склона (все факторы приводятся к одному показателю, смыв почвы – т/га в единицу времени). При этом в смыв почвы для эталонного склона вводят поправочные коэффициенты для условий конкретного участка. В итоге, потенциальный смыв почвы представляет собой функцию от факторов эрозии.

**Результаты.** Общепринятая практика противозерозионного проектирования структуры агроландшафтов основана на сопоставлении расчетных величин смыва почв с допустимыми потерями, которые часто определяют на основе скорости формирования гумусового горизонта почв. При таком (оценочно-процессном) подходе остается в стороне оценка почвенного ресурса, дискретно распределенного в пространстве из-за многообразия комбинаций почвенно-формирующих и почвенно-деградационных процессов. Поэтому в целях выработки сценариев дальнейшего использования почвенно-земельных ресурсов, обоснования границ технологических групп земель при землеустроительном проектировании и расчета прогнозной оценки потенциальной длительности расхождения почвы при постоянной среднесуточной величине смыва необходима разработка и апробация комплексных показателей, которые интегрируют информацию о запасах почвенных ресурсов и скоростях ресурсоформирующих и почворазрушающих процессов [15].

В настоящее время в Казахстане экспериментальных данных о смыве почв очень мало. Приведенные выше методики, как правило, не используются, что не дает возможность сказать, насколько они точны в определении параметров водной эрозии почв, и определить, насколько они подходят для применения на данной территории при всех ее климатических, геологических, почвенных особенностях. Необходимы серьезные обширные экспериментальные исследования на территории Казахстана данных

методик, которые позволят проверить и откорректировать рассмотренные методики применительно к местным условиям [5].

Точность приведенных методических приемов определения смыва почв в агроландшафтах можно проверить с помощью современных геоинформационных технологий, сравнить полученные результаты и выявить наиболее подходящие из них для физико-географических условий Казахстана в целом, и отдельно взятых регионов в частности.

В особенности, сложно применение данных методик, некоторые из которых и считаются универсальными, в условиях совместного воздействия водной и ветровой эрозии. Таких почв выявлено всего 189,7 тыс. га [1], из которых в Западно-Казахстанской области находится 180,0 тыс. га [10].

Вместе с тем, в приведенных формулах учитываются только процессы эрозионного смыва, тогда как эти показатели могут быть искажены в результате периодической аккумуляции наносов, которые могут происходить по тем или иным причинам.

Также, на наш взгляд, необходимо ввести коэффициент, учитывающий содержание гумуса, так как, как известно, чем выше в почве содержание гумуса, тем ниже смываемость, поскольку гумус повышает устойчивость почв к смыву.

**Заключение.** Таким образом, необходимо фактически доработать общепринятые методики применительно к казахстанским условиям, делая упор на особенности климатических показателей, почвенного покрова и специфики землепользования. В итоге, возможно получение регионального варианта методики расчета потенциального смыва почв, основанного на универсальном уравнении, при этом адаптированного под особенности местных условий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абитбаева А.Д., Темирбаева Р.К. Деградация земель сельскохозяйственного назначения Прикаспийского региона Казахстана // Гидрометеорология и экология. – №3. – 2010. – С. 88-94.
2. Акмолдаева Б.К., Зулпыхаров К.Б., Хамидов Н. Экологическое состояние земельных ресурсов Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – № 3. – 2015. – С. 182-189.
3. Апсарова А.Ж., Чигринец Л.Ю. Оценка водно-эрозионной деятельности рек казахстанской части левобережья реки Ертыс с

- использованием данных о твёрдом стоке // Гидрометеорология и экология. – № 3. – 2015. – С. 105-117.
4. Герасименко В.П. Практикум по агроэкологии. Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2009. – 432 с.
  5. Голубев И.А. Проблема определения интенсивности водной эрозии почв в Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 1. – С.80-83.
  6. Дускаев К.К., Чигринец Л.Ю. Оценка интенсивности эрозионных процессов в бассейнах рек Заилийского и Джунгарского Алатау с использованием данных о твердом стоке // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Матер. Междунар. конф., посвященной 50-летию КазНИИМОСК, Алматы, 2001. – С. 168-170.
  7. Егоров И.Е. Полевые методы изучения почвенной эрозии // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2009. – Вып. 1. – С. 157-170
  8. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: Учебное пособие. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – 360 с.
  9. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии / Карцев Г.А., Лука А.Н., Носов С.И. – М., 1989. – 79 с.
  10. Научные исследования по оценке экологической ситуации в Казахстане, степень использования природных ресурсов, влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду, и меры, предпринимаемые для снижения негативного воздействия на нее и другое (Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан в 2007 г.) / Под редакцией М.К. Баекеновой – Алматы: РГП «КазНИИЭК», 2008 – 225 с.
  11. Петрова, В. Л. Землеустройство сельскохозяйственных организаций в условиях проявления эрозии почв / Автореф. дис. ... докт. эконом. наук – М., 2009. – 28 с.
  12. Пружин М.К. Теоретико-методические основы исследования по совершенствованию систем земледелия в условиях эрозионноопасного рельефа. / Автореф. дис. ... докт. сельскохоз. наук. – М., 1991. – 33 с.
  13. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2013 год. – Астана, 2014. – 260 с.
  14. Смирнова Л.Г., Нарожняя А.Г., Шамарданова Е.Ю. Сравнение двух

- методов расчета смыва почвы на водосборах с применением ГИС-технологий // Достижения науки и техники АПК, 2012. –№ 9. – С. 10-12.
15. Федор Н. , Лисецкий А. Н., Мунтян З., Ксения В., Жолумская В. Оценка длительности расходования почвы в условиях активного развития эрозионных процессов (на примере Нижнебыковской равнины) // Biogeosystem Technique, 2016 – Vol.(7). – Is. 1. – P. 49-64.
  16. Renard K.G., Foster G.A., Weesies D.K. McCool, Yoder D.C., coordinators. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture Handbook, 1996. – 404 pp.
  17. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting Rainfall-Erosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation / USDA Agricultural Handbook № 282. – Washington, D.C.: Government Printing Office, 1965. – 47 p.

Поступила 20.02.2019

Б.А. Чашина

PhD

Н.Е. Рамазанова

### **АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІНЕН ТОПЫРАҚТЫҢ ШАЙЫЛУЫН АНЫҚТАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ-ӘДІСНАМАЛЫҚ ТӘСІЛДЕМЕЛЕРІ**

**Түйін сөздер:** топырақтың шайылуы, топырақтың әлеуетті шайылуы, су эрозиясының модельдері, эрозиялық қауіптілік, эрозиялық қауіптілікті есептеу әдістері, Уишмейер-Смит теңдеуі, RUSLE эмпирикалық моделі, шайылған топырақтар, жауын-шашын қарқындылығы, қар еру қарқындылығы

*Ұсынылған мақалада Қазақстан аумағындағы жағдауларға бейімдету үшін топырақтың шайылу көрсеткіштерінің кеиенді қамтылуын қамтамасыз ететін ең тиімді әдістемелерін айқындау мақсатымен агроландшафттардағы су эрозиясын зерттеудің әдіснамалық тәсілдемелері қарастырылады. Осыған байланысты, шайылудың көптеген факторларынан тәуелді топырақтың шайылу көрсеткіштерін есептеу бойынша қолданыстағы әдістемелер талқыланды. Осы факторлар жинағы әртүрлі авторларда әртүрлі дәрежеде көрініс табады. Қазақстан аумағы үшін белгілі бір фактордың рөлі әртүрлі болу мүмкін, сондықтан бір аймақтарға келетін әдістемелер басқа аймақтар үшін жарамсыз болуы ықтимал. Бұл болашақта қайтымсыз салдарға әкелу қауіпі бар*

*табиғи-аймақтық кешендерге деген антропогендік әсердің күшеюі жағдайындағы осы зерттеулердің көкейтестілігін анықтайды.*

B.A. Chashina, N.E. Ramazanova

## **THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DEFINITION OF SOIL LOSS FROM AGRICULTURAL LAND**

**Key words:** soil washout, potential soil washout, water erosion, erosive danger, method of calculation of erosive danger, the Wischmeier- Smith equation, RUSLE empirical model, eroded soils, precipitation intensity, snowmelt intensity

*In this article methodological approaches to studying of a water erosion of agrolandscapes for the purpose of identification of the most effective techniques in which the complex accounting of indicators of washout of soils for further adaptation of calculations to conditions in the territory of Kazakhstan is carried out are considered. In this regard, an analysis of existing techniques for the calculation of soil flush indicators was carried out, which depends on many different flush factors. This set of factors in different authors has different degree of manifestation. For the territory of Kazakhstan, the role of a factor may also be different, so methods that are suitable for some regions may not be applicable for others. This makes the study relevant in the context of increasing anthropogenic impact on natural and territorial complexes, which may lead to irreversible consequences in the future.*

**Калинин Михаил Юрьевич  
(к 70-летию со дня рождения)**

Известному советскому и белорусскому гидрогеологу и экологу, большому другу Казахстана, доктору технических наук, профессору Михаилу Юрьевичу Калинину исполнилось 70 лет.

Михаил Юрьевич родился 24 июня 1949 г. в Центральной Азии в г. Ташкенте. В 1961 г. семья переехала в Беларусь. Именно здесь он начал искать «ключ» к тайнам природы еще в школьные годы, когда во время летних каникул в составе экспедиций Института геологических наук НАН Беларуси и Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (1964...1965 гг.) выезжал в Речицкий район на поиски белорусской нефти.

В 1966 г. он поступил в Белорусский государственный университет на геолого-географический факультет. В 1969 г. в составе группы из 50 студентов-геологов был переведен на учебу в Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, который окончил в 1971 г. по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». После службы в армии в 1973 г. Михаил Юрьевич пришел работать в Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов (далее - ЦНИИКИВР) Минводхоза СССР.

В 1979 г. Калинин М.Ю. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «Гидрогеология» на тему «Исследования и прогноз закономерностей взаимосвязи подземных и поверхностных вод с учетом нарушения их естественного режима». Вскоре он был назначен научным руководителем работ по теоретическому обоснованию создания подземных водохранилищ в различных природных условиях СССР (в том числе и в Центральной Азии), координировал работу 14 исследовательских групп из крупнейших республиканских НИИ СССР по водным ресурсам.

Азия всегда привлекала его внимание и в 1970 г., а затем в 1988 г. по линии «Главзарубежводстроя» Калинин М.Ю. в качестве международного консультанта выезжал в Народную Демократическую Республику Йемен (НДРЙ), где занимался оценкой запасов подземных вод в вади Хадрамаут, Ахвар и Рабва. В 1990...1992 гг. Михаил Юрьевич был приглашен «Совинтерводом» (г. Москва) принять участие в контракте «Схема использования водных и земельных ресурсов южных и восточных провинций ЙР».

После возвращения из Йемена с 1992 г. Калинин М.Ю. поступает в Белорусский научно-исследовательский центр (БелНИЦ) «Экология» Минприроды РБ, где с 1994 г. по 1999 г. работает на должности заместителя директора по науке и руководит разработками территориальных комплексных схем охраны окружающей среды (ТерКСОС). Их разработка подсказала идею о необходимости учета мест выходов природного газа радона при разработке генеральных планов городов и строительстве зданий. Он проводит исследования газа радона на территории населенных пунктов Беларуси (в гг. Речица, Жлобин, Минск, Барановичи, Мозырь и др.). Публикации Калинина М.Ю. внесли вклад в обоснование введения в Закон о радиационной безопасности населения РБ статьи 13 о необходимости «Обеспечения радиационной безопасности при воздействии радона и гамма-излучения природных радионуклидов». В этот период он участвовал в создании серии карт для Национального атласа Беларуси по экологическому состоянию окружающей среды и совместно с академиком И.И. Лиштваном подготовил очерк к разделу «Экологическое состояние окружающей среды».

В 1998 г. Калининым М.Ю. была защищена диссертация «Теоретические основы и практические приемы использования подземных вод с целью устойчивого развития территорий» на соискание ученой степени доктора технических наук по двум специальностям «Гидрогеология» и «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

После защиты его приглашают на должность заместителя директора по научной работе Института проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси (ИПИПРЭ НАН Беларуси). Там он активно разрабатывал новую государственную научно-техническую программу «Полесье», участвовал в организации международных научных конференций. Михаил Юрьевич был председателем Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени д.т.н. по специальностям «Геоэкология» (25.00.36) и «Химия и технология топлива и специальных продуктов» (05.17.07). Совместно с академиками В.Ф. Логиновым и И.И. Лиштваном принимал участие в создании в г. Бресте Полесского аграрно-экологического института.

В 2003 г. приказом Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь Калинин М.Ю. был назначен директором РУП «ЦНИИКИВР». С этого периода его научные интересы вновь устремляются в страны аридного климата. Он участвует в международных конференциях, проводимых в столицах центрально-азиатских государств в рамках 10-летия «Вода для жизни». В Беларуси им была инициирована и начата исследовательская тема по инвентаризации водных объектов (рек, озер, водохранилищ), которая не проводилась на территории республики более 50 лет. При выполнении этой темы впервые были использованы в комплексе космические снимки, облет водных объектов и наземное обследование. Михаилу Юрьевичу запечатлел историю института путем создания «Музея ЦНИИКИВР», который перерос в музей «Водные ресурсы». В тот период было начато издание трех серий научно-популярных изданий, в которых Михаил Юрьевич был не только научным редактором, но и автором разделов и фотоиллюстраций. Первая серия книг «Водные ресурсы Беларуси», вторая серия «Природные ресурсы и охрана окружающей среды административных районов Беларуси», третья серия «Прикладные вопросы озераведения Беларуси».

Педагогическая деятельность Михаила Юрьевича шла параллельно его научной работе. Она началась с 1993 г. на республиканских курсах повышения квалификации работников природоохранных органов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. С 1996 г. он являлся председателем научно-методического совета Республиканского экологического центра учащихся Министерства образования. С 2001 по 2006 гг. работал по совместительству в должности профес-

сора кафедры «Экология» Белорусского национального технического университета, а в период с 2007 по 2011 гг. преподавал в Международном государственном экологическом университете им. А.Д. Сахарова. Позже в государственных университетах г. Тараз и г. Кызылорда Республики Казахстан вел курс по «Интегрированному управлению водными ресурсами» для магистрантов и PhD-докторантов в Казахстане. Он опубликовал в соавторстве с казахскими коллегами несколько монографий и два учебных пособия: Учебная практика по гидрометрии (Минск: Изд. центр БГУ, 2003) и Гидрометрические измерения и гидрогеологические расчеты для водохозяйственных целей. (Алматы: Каганат, 2004), и самостоятельно «Мониторинг поверхностных и подземных вод» (Минск, МГЭИ, 2019).

Под его руководством было защищено три кандидатских диссертации. В 2009 г. ему было присуждено ученое звание «профессор» по специальности «Экология».

В качестве международного эксперта в области управления водными ресурсами М.Ю. Калинина неоднократно приглашали участвовать в различных проектах Всемирного банка, Европейском банке реконструкции и развития, Европейской Экономической Комиссии ООН, Представительстве ООН в Беларуси и Представительстве ООН в Узбекистане, Исполнительном Комитете Международного Фонда Спасения Арала, ОБСЕ. М.Ю. Калинин – член Международной ассоциации гидрогеологов (ИАН), Белорусского географического общества.

Михаил Юрьевич является автором более 400 научных работ, в том числе 9 изобретений в области искусственного пополнения запасов подземных вод и аналогового электро моделирования, 23 научных монографий, важнейшими из которых являются: «Современное использование и экологическое состояние подземных вод Могилевской области» (1997), «Подземные воды и устойчивое развитие» (1998), «Охрана окружающей среды г. Мозырь и Мозырского района: Экологические проблемы и пути их решения» (1999), «Водные ресурсы Брестской области» (2002). Его труды широко известны среди ученых Беларуси, стран Содружества и дальнего зарубежья.

Калинин М.Ю. награжден медалью «За трудовые заслуги», почетными грамотами Минприроды и Минобразования Республики Беларусь. Является почетным профессором Таджикского педагогического института.



В настоящее время профессор Калинин Михаил Юрьевич передает свои знания студентам на географическом факультете, где читает спецкурс «Речной сток и русловые процессы» и в международном государственном экологическом институте им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, где ведет спецкурс «Мониторинг подземных и поверхностных вод». Как педагог и известный советский и белорусский ученый, он пользуется авторитетом у коллег и студентов.

Сердечно поздравляем Михаила Юрьевича с юбилеем и желаем ему здоровья, счастья, творческих успехов в научной и учебно-педагогической деятельности!

Редколлегия журнала «Гидрометеорология и экология»

**Абдрахметов Мереке Абдрахметович  
(к 60-летию со дня рождения)**



7 ноября 2019 г. исполнилось 60 лет одному из ведущих специалистов гидрометеорологической службы Казахстана, первому заместителю Генерального директора РГП «Казгидромет» – Абдрахметову Мереке Абдрахметовичу.

Мереке Абдрахметович родился в 7 ноября 1959 года, в селе Булак, Московского района, Северо-Казахстанской области, 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 1982 г. и получил специальность инженера-метеоролога.

Трудовая деятельность Абдрахметова М.А. является ярким примером достижения карьерных успехов в своей отрасли. За время работы в системе Казгидромета, благодаря целеустремленности, организаторскому таланту и энергии, им пройден большой трудовой путь от инженера до одного из руководителей Гидрометслужбы.

Свою трудовую деятельность в системе гидрометеорологической службы он начал в 1982 г. в качестве инженера-синоптика Авиаметеорологической станции г. Петропавловска. Впоследствии занимал должности старшего инженера-синоптика и ведущего специалиста. В 1992 г. на него

была возложена ответственная работа директора Центра-Гидрометеорологического мониторинга по Мангистауской области, на которой он проработал до 2015 г.

Перестройка, распад СССР, смена экономической формации на рубеже веков поставили гидрометеорологические службы стран СНГ на грань выживания. Более всего пострадала государственная наблюдательная сеть. Количество пунктов наблюдений существенно сократилось.

В условиях тяжелого экономического кризиса М. Абдрахметов смог обеспечить непрерывную работу наблюдательной сети Мангистауского региона. Более того, он одним из первых стал внедрять в производство автоматические метеорологические станции. Под его руководством ЦГМ перешел на качественно новый уровень производства: восстановлены многие виды работ и наблюдений гидрометеорологического и экологического направления, изменились подходы к качеству осуществления гидрометеорологической деятельности, внедряются современные методы и технологии.

В 2015 г. М.А. Абдрахметов назначается заместителем, а в 2017 г. становится Первым заместителем Генерального директора РГП «Казгидромет». Возглавляя такую ответственную работу, Абдрахметов М.А. отдает ей много сил и здоровья.

Многое сделано им для поднятия престижа Гидрометслужбы на международном уровне. Он был ответственным руководителем по гидрометеорологическому обслуживанию знаменательных для страны событий, таких как 28-е зимние всемирные международные студенческо-молодёжные спортивные соревнования – Зимняя Универсиада 2017 г., Международная специализированная выставка ЭКСПО 2017.

Являясь примером высокого профессионализма и компетентности, М. Абдрахметов награжден Юбилейной медалью «25 лет независимости Республики Казахстан», орденом «Құрмет».

Мы сердечно поздравляем Вас с юбилеем. Желаем Вам счастья, здоровья, оптимизма, удачи, и долгих лет жизни.

Коллектив РГП «Казгидромет»

«ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ» ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫНА ӨТКІЗІЛЕТІН ҚОЛЖАЗБАЛАРҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР «ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК РЕСМИ САЙТЫНДА ОРНАЛАСТЫРЫЛҒАН: <https://kazhydromet.kz/>

ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРҒА СӘЙКЕС БЕЗЕНДІРІЛМЕГЕН ҚОЛЖАЗБАЛАР БАСЫЛЫМҒА ЖІБЕРІЛМЕЙДІ ЖӘНЕ АВТОРҒА ҚАЙТАРЫЛМАЙДЫ.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ РАЗМЕЩЕНЫ НА ОФИЦИАЛЬНОМ САЙТЕ РГП «КАЗГИДРОМЕТ»: <https://kazhydromet.kz/>

РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ, К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.

*Журналға мақала ұсынушы авторлар төменде келтірілген кестені толтыруы шарт/Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить таблицу, приведенную ниже*

#### Мақала туралы ақпарат/Сведения о статье/Manuscript details

№	ӘОЖ/УДҚ	
1.	Авторлар/Авторы/Authors	қазақша/ на русском/ in english
2.	Авторлардың жұмыс орны/ Место работы авторов/ Affiliation	қазақша/ на русском/ in english
3.	Мақаланың атауы/ Название статьи/ Manuscript title	қазақша/ на русском/ in english
4.	Түйін сөздер/Ключевые слова/Key words	қазақша/ на русском/ in english
5.	Түйіндеме/Аннотация/Abstract	қазақша/ на русском/ in english
6.	Байланыс/Контакты/ Contacts	Әрбір авторға беріледі/ Предоставляется по каждому автору/ Must be provided for each author

**Примечание** – зарубежным авторам редакция журнала предоставляет услугу по переводу названия, ключевых слов, аннотации статьи на казахский язык.