

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

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

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

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

Quarterly
scientific and technical journal

№ 1

АЛМАТЫ, 2021
ALMATY, 2021

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР	Д.К. Алимбаева
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА	Н.И. Ивкина С.Б. Саиров
ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ	А.В. Галаева
РЕДАКЦИЯ	Н.И. Ивкина Н.Н. Абаев А.Ф. Елтай А.В. Галаева
РЕДКОЛЛЕГИЯ	Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан) А.Х. Ахмеджанов (Алматы, Казахстан) Н.Н. Абаев (Нур-Султан, Казахстан) М.Ж. Бурлибаев (Алматы, Казахстан) А.А. Волчек (Брест, Беларусь) В.Ю. Георгиевский (Санкт-Петербург, Россия) А.В. Галаева (Алматы, Казахстан) С.А. Долгих (Алматы, Казахстан) А.Ф. Елтай (Нур-Султан, Казахстан) И.Б. Есеркепова (Алматы, Казахстан) А.Р. Медеу (Алматы, Казахстан) Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан) Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан) К. Опш (Марбург, ФРГ) Е.В. Островская (Астрахань, Россия) В.Г. Сальников (Алматы, Казахстан) С.Г. Сафаров (Баку, Азербайджан) А.Г. Терехов (Алматы, Казахстан) А.В. Чередниченко (Алматы, Казахстан)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ **№1 (100)**

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

<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

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

HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY

№1 (100)

© The magazine has been published since 1995.

Registration certificate

№ 1538 from 14 March 1995

Editorial office address: 050022, Almaty,

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

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

E-mail: hydromet.journal@gmail.com

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

<http://www.kazhydromet.kz>

Signed to the press

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Е.Е. Белдеубаев, В.Г. Сальников

О СРОКАХ УСТАНОВЛЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА ОЗЕРЕ
БАЛКАШ В СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.6

Т.М. Казакбаева

СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІ АЛАБЫ ЖЫЛДЫҚ АҒЫНДЫ ДЕРЕКТЕРІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ17

Л.С. Тайжанова, Г.Ж. Кенжетев

МҰНАЙ ҚҰРАМДЫ ӨНДІРІСТІК САРҚЫНДЫЛАРДЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ЖАҒАЛАУ
СУЛАРЫНА ӘСЕРІ.27

А.А. Волчек, Д.О. Петров

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ
СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ 36

Н.Е Рамазанова, Ч.Ж Аvezханов

RUSLE ФОРМУЛАСЫ БОЙЫНША ҰЛЫСАЙ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ
ШАЙЫЛУЫН АНЫҚТАУ.42

Д.К. Кисебаев, С.Ж. Бейсенбаева

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКЕ ЖАЙЫК (УРАЛ). 50

С.К. Алимкулов, А.А. Турсунова, А.А. Сапарова

РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ БУДУЩИХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ. 57

N.I. Ivkina, A.V. Galayeva

ASSESSMENT OF FLUCTUATIONS IN THE CASPIAN SEA LEVEL UNDER THE INFLUENCE
OF CLIMATE CHANGE FOR THE FUTURE UNTIL 2050.70

ХРОНИКА

Д.К. ДЖУСУПБЕКОВ (К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) 78

ПАМЯТИ И.Н. ШМАРОВОЙ80

CONTENT

SCIENTIFIC ARTICLES

Ye.Ye. Beldeubayev, V.G. Salnikov

ABOUT DATES OF ICE COVER'S FREEZE AND BREAK OF BALKASH LAKE UNDER MODERN CLIMATE CONDITIONS.6

T.M. Kazakbayeva

CDATA RECOVERY OF ANNUAL RIVER RUNOFF IN THE SYRDARYA RIVER BASIN17

L.S. Taizhanova, G.Zh. Kenzhetayev

INFLUENCE OF OIL-CONTAINING INDUSTRIAL WASTEWATER ON THE COASTAL WATERS OF THE CASPIAN SEA 27

A.A. Volchek, D.O. Petrov

SOURCES OF GLOBAL SCALE SOIL MOISTURE MONITORING DATA BY SATELLITE BASED REMOTE SENSING OF EARTH'S SURFACE 36

N.E. Ramazanova, Ch.Zh. Avezkhanov

DETERMINATION OF SOIL LOSS IN THE ULYSAI RIVER BASIN USING THE RUSLE FORMULA42

D.K. Kissebayev, S.Zh. Beysenbayeva

CHARACTERISTIC FEATURES OF THE AUTUMN ICE REGIME OF R. ZHAYIK (URAL). 50

S.K. Alimkulov, A.A. Tursunova, A.A. Saparova

RESOURCES OF THE RIVER RUNOFF OF KAZAKHSTAN UNDER THE CONDITIONS OF FUTURE CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC CHANGES. 57

N.I. Ivkina, A.V. Galayeva

ASSESSMENT OF FLUCTUATIONS IN THE CASPIAN SEA LEVEL UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE FOR THE FUTURE UNTIL 2050.70

CHRONICLE

D.K. DZHUSUPBEKOV (ON THE 60TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)78

IN MEMORY OF I. N. SHMAROVA 80

УДК 556.5

О СРОКАХ УСТАНОВЛЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА ОЗЕРЕ
БАЛКАШ В СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Е.Е. Белдеубаев¹, В.Г. Сальников² д.г.н.

¹РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казакстан

E-mail: yerke_beldeubayev@mail.ru

²Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казакстан

E-mail: viteco108@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы установления и вскрытия ледового покрова на оз. Балкаш. Как показали исследования, наблюдается тенденция более позднего появления первых ледяных образований, а продолжительность ледостава уменьшается, в среднем на 4 дня/10 лет. Ледовый режим озера меняется под воздействием изменения климата.

Ключевые слова: озеро Балкаш, появление первых ледяных образований, установление и вскрытие ледового покрова, продолжительность ледостава, изменение климата

Поступила 30.11.20

DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-6-16

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Балкаш находится в юго-восточной части Казахстана, на пересечении трех областей. Озеро состоит из западной мелководной и восточной глубоководной частей, соединенных между собой узким проливом Узынарал. Вода в озере слабосоленоватая. Минерализация воды значительно изменяется по длине водоема с запада на восток [1]. С площадью 18200 км² Балкаш является одним из крупнейших естественных водоемов в мире. Изучению оз. Балкаш было посвящено большое количество работ [7, 13...5].

Большая широтная протяженность озера и различные гидрометеорологические условия отдельных его районов обуславливают сложный характер процессов образования и разрушения льда на акватории. Изучение этих процессов имеет важное значение для обслуживания рыбного хозяйства в зимнее время, продления навигации в опасный ледообразовательный период [11].

Ледовый покров озера дает возможность использовать его в зимнее время в качестве временных мостов, ледяных дорог. Разрушающийся ледяной покров под действием течений и

ветра начинает перемещаться, оказывая воздействие на берега и гидротехнические сооружения [4]. Роль сплошного ледового покрова весьма существенна в зимнем режиме водоема, так как теплообмен между водой и атмосферой должен происходить через толщу льда и снега, покрывающего лед [10].

На сроки установления и разрушения ледового покрова озер влияет потепление климата. Еще в прошлом столетии наблюдалось более позднее установление и раннее вскрытие ледостава озер северного полушария [16]. В связи с повышением температуры воздуха уменьшается продолжительность ледостава и толщина льда [12]. Ледовый режим Казахстанской части Каспийского моря также подвержен влиянию изменения климата [8...9]. За период 1976...2016 гг. коэффициент линейного тренда среднегодовой температуры воздуха составил для Земного шара 0,18 °C/10 лет, 0,34 °C/10 лет для Северного полушария, 0,34 °C/10 лет для Казахстана [6]. В прибалкашском регионе наблюдается устойчивое повышение суточных максимумов и минимумов, повторяемость теплых дней и теплых ночей. Уменьшается количество суток с температурой ниже 2 °C, 0 °C, минус 2 °C, минус 20 °C, суточная амплитуда, повторяемость холодных

дней и ночей [3]. Также в регионе на несколько процентов уменьшился индекс континентальности климата [5].

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ДАННЫЕ

Для работы были выбраны 4 гидрологиче-

ских поста (рис.1):

- Мынарал, - Сарышаган, - Балкаш, - Алгазы.

Для анализа использовались данные ледовых явлений на участке поста и средняя месячная температура воздуха сети РГП «Казгидромет» на оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

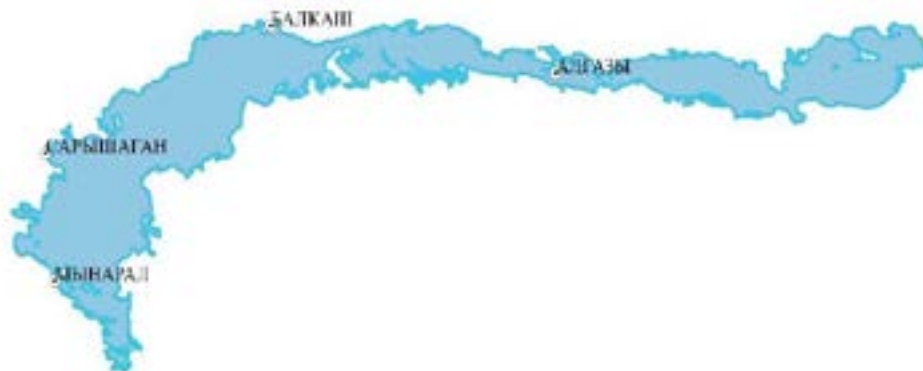


Рис.1. Расположение гидрологических постов на оз. Балкаш.

В данной работе были выполнены следующие расчеты:

– средние даты появления первых ледяных образований, начала ледостава, разрушения льда, окончания ледостава;

– коэффициент линейного тренда, коэффициент детерминации, статистическая значимость, коэффициент корреляции, межквартильный размах.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Появление первых ледяных образований. Ледообразованию оз. Балкаш предшествует продолжительное охлаждение, которое неравномерно протекает по площади водоема. Ледообразование на водоеме начинается с появления заберегов, реже сала и шуги [2].

Таблица 1

Дата появления ледяных образований на озере Балкаш за период 1971...2016 гг.

Дата	Гидрологический пост			
	Балкаш	Мынарал	Сарышаган	Алгазы
Ранняя	31.10	26.10	29.10	01.11
Средняя	21.11	17.11	18.11	26.11
Поздняя	14.12	17.12	17.12	22.12

Как следует из таблицы 1, ледообразование на постах в среднем за исследуемый период начинается со второй половины ноября.

Самая ранняя дата появления ледяных образований отмечалась на посту Мынарал 26.10.1987 г. В среднем за период 1971...2016 гг., появления ледяных образований на посту Мынарал начинается раньше – 17 ноября, на посту Алгазы позже – 26 ноября. Самая поздняя дата появления ледяных образований зафиксирована на посту Алгазы – 22.12.2013 г.

В данной работе рассматривается тенденция изменения сроков появления первых ледяных образований за 1971...2016 гг. Статистически значимыми были тренды на постах Мынарал и Алгазы (табл. 2).

В соответствии с табл. 2, коэффициент линейного тренда варьирует от 2 до 5 дней/10 лет. Вклад доли тренда в общую дисперсию составляет от 7 до 25 %. На рис. 2 и 3 приведены временной ход дней появления первых ледяных образований на постах Мынарал и Алгазы.

Таблица 2

Характеристики тренда дат появления ледяных образований на озере Балкаш за период 1971...2016 гг.

Гидрологический пост	Коэффициент линейного тренда, кол-во дней/10 лет	Коэффициент детерминации, %	p-value
оз. Балкаш – г. Балкаш	2	7	0,08
оз. Балкаш – ж.-д. ст. Мынарал	5	25	0
оз. Балкаш – ж.-д. ст. Сарышаган	2	9	0,08
оз. Балкаш – о. Алгазы	4	25	0

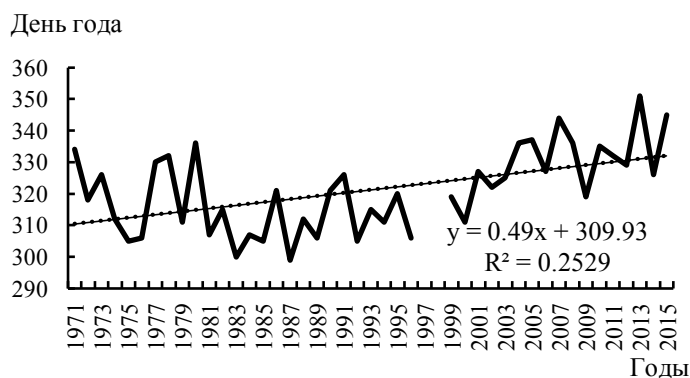


Рис. 2. Временной ход дат появления ледяных образований за период 1971...2016 гг. на посту оз. Балкаш – ж.-д. ст. Мынарал.

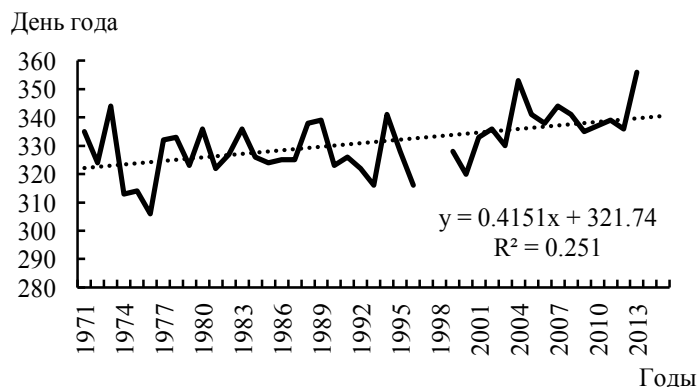


Рис. 3. Временной ход дат появления ледяных образований за период 1971...2016 гг. на посту оз. Балкаш – о. Алгазы.

За исследуемый период наблюдается рост тренда на 5 дней/10 лет на посту Мынарал и на 4 дня/10 лет на посту Алгазы, что говорит о тенденции более позднего появления первых ледяных образований.

Начало ледостава на оз. Балкаш. На пунктах наблюдений оз. Балкаш средняя дата начала ледостава приходится на третью декаду ноября – первую декаду декабря.

Из данных, приведенных в таблицы 3 вид-

но, что самая ранняя дата начала ледостава (06.11.1975 г.) отмечалась на посту Сарышаган. Проведенный анализ показал, что в среднем за период 1971...2016 гг. ледостав на посту Сарышаган устанавливается раньше – 26 ноября, позже всех на посту Алгазы – 4 декабря. Самая поздняя дата начала ледостава (02.01.1990 г.) отмечалась на посту Алгазы.

Характеристики тренда сроков начала ледостава представлены в таблице 4.

Таблица 3

Дата начала ледостава на озере Балкаш за период 1971...2016 гг.

Дата	Гидрологический пост			
	Балкаш	Мынарал	Сарышаган	Алгазы
Ранняя	09.11	09.11	06.11	15.11
Средняя	30.11	02.12	26.11	04.12
Поздняя	19.12	30.12	19.12	02.01

Таблица 4

Характеристики трендов дат начала ледостава оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Гидрологический пост	Коэффициент линейного тренда, кол-во дней/10 лет	Коэффициент детерминации, %	p-value
оз.Балкаш – г. Балкаш	0	0	0,97
оз.Балкаш – ж.-д. ст. Мынарал	1	1	0,5
оз.Балкаш – ж.-д. ст. Сарышаган	2	6	0,15
оз.Балкаш – о. Алгазы	2	4	0,22

По данным табл. 4 видно, что тренды дней начала ледостава статистически незначимы, коэффициент линейного тренда положительный на трех постах, коэффициент детерминации незначителен.

Для дат начала ледостава и средней месячной температуры воздуха в ноябре за период 1971...2016 гг. на постах Балкаш и Сарышган были рассчитаны коэффициенты корреляции и построены диаграммы рассеяния (рис. 4 и 5).

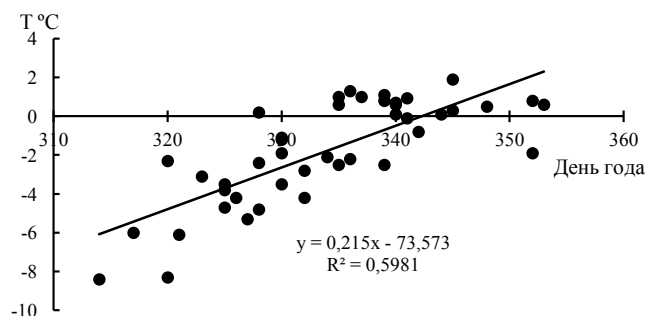


Рис.4. Диаграмма рассеяния дат начала ледостава и средней месячной температуры воздуха в ноябре для поста Балкаш.

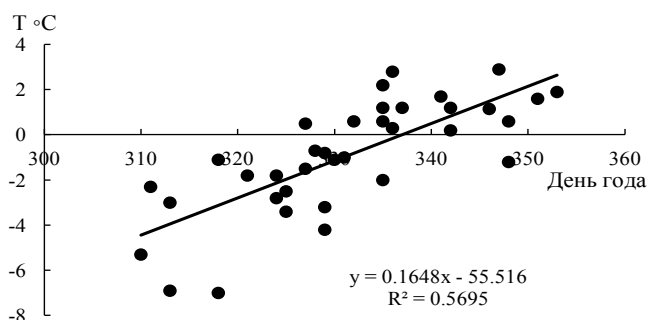


Рис.5. Диаграмма рассеяния дат начала ледостава и средней месячной температуры воздуха в ноябре для поста Сарышаган.

Анализ рисунков 4 и 5 показывает, что зависимость дат начала ледостава от средней месячной температуры воздуха прямая, коэффициент корреляции составил 0,8. На установление ледо-

става имеет значительное влияние температура воздуха в ноябре. Продолжительность ледостава на оз. Балкаш за период 1971...2016 гг. составила от 87 до 165 дней (рис. 6).

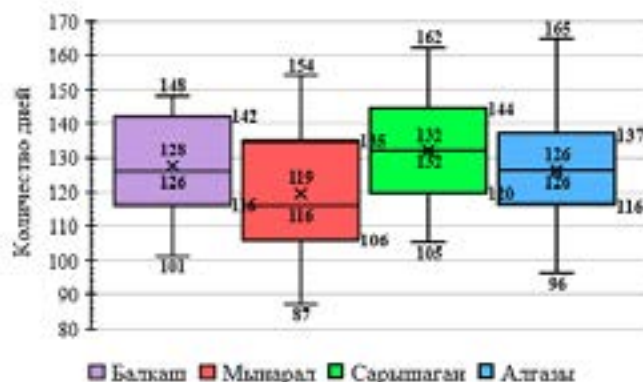


Рис. 6. Диаграмма размаха продолжительности ледостава на гидрологических постах оз. Балкаш.

Как показано на рис. 6, наибольшая средняя продолжительность ледостава на посту Сарышаган – 132 дня, наименьшая средняя продолжительность на посту Мынарал – 119 дней. Межквартильный размах количеств дней с ле-

доставом наибольший на посту Мынарал – 29 дней, наименьший на посту Алгазы – 21 день.

В таблице 5 приведены характеристики трендов продолжительности ледостава на оз. Балкаш.

Таблица 5

Характеристики трендов продолжительности ледостава оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Гидрологический пост	Коэффициент линейного тренда, кол-во дней/10 лет	Коэффициент детерминации, %	p-value
г. Балкаш	-2	3	0,24
ж.-д. ст. Мынарал	-3	8	0,07
ж.-д. ст. Сарышаган	-4	18	0,01
о. Алгазы	-2	2	0,33

Из таблицы 5 видно, что наблюдается тенденция уменьшения продолжительности ледостава. Коэффициент детерминации составил от 2 до 18 %.

Статистически значим тренд только на посту Сарышаган. Временной ход продолжительности ледостава на посту Сарышаган приведен на рис. 7.

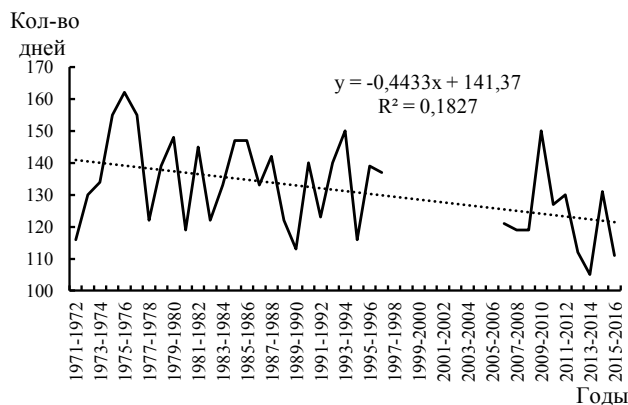


Рис. 7. Временной ход продолжительности ледостава на оз. Балкаш – ж.-д. ст. Сарышаган за период 1971...2016 гг.

Анализ рисунка показывает, что продолжительность ледостава имеет тенденцию к

уменьшению, в среднем на 4 дня/10 лет. Начало разрушения льда и окончание ледо-

става. За начало разрушения льда принята дата появления закраин, воды на льду, участков чистой воды (полыней, разводьев) и других явлений, характеризующих изменение состояния льда при наличии ледостава.

Самое раннее разрушение льда (07.02.1987 г.) наблюдалось на посту Мынарал. В среднем за период 1971...2016 гг. разрушение льда на оз. Балкаш начинается со второй половины марта (табл. 6).

Таблица 6

Дата начала разрушения льда на оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Дата	Гидрологический пост			
	Балкаш	Мынарал	Сарышаган	Алгазы
Ранняя	01.03	07.02	02.03	04.03
Средняя	19.03	16.03	23.03	25.03
Поздняя	10.04	04.04	12.04	12.04

Как следует из табл. 6, по средним датам разрушения льда на посту Мынарал лед разрушается раньше – 16 марта, позже на посту Алгазы – 25 марта. Самое позднее разрушение льда

было на постах Сарышаган в 1987 г. и Алгазы в 2014 г.

Характеристики трендов дат начала разрушения льда приведены в табл. 7.

Таблица 7

Характеристики трендов дат начала разрушения льда оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Гидрологический пост	Коэффициент линейного тренда, кол-во дней/10 лет	Коэффициент детерминации, %	p-value
г. Балкаш	-3	20	0
ж.-д. ст. Мынарал	-1	2	0,36
ж.-д. ст. Сарышаган	-2	8	0,09
о. Алгазы	1	1	0,53

Анализ табл. 7 показывает, что тренд статистически значим только на посту Балкаш.

На всех постах наблюдается тенденция к более ранним датам разрушения льда, коэффициент детерминации составляет от 1 до 20 %.

На всех постах наблюдается тенденция

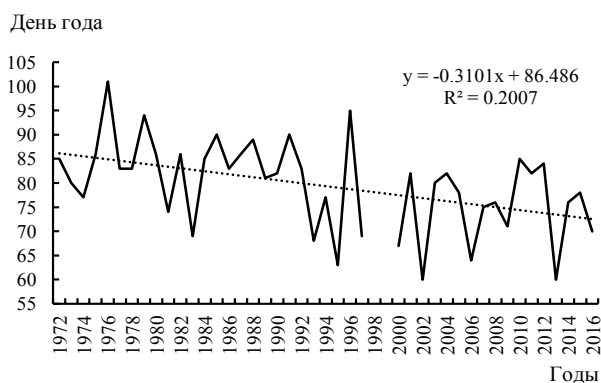


Рис. 8. Временной ход дат начала разрушения льда на посту оз. Балкаш- г. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Данные рисунка 8 показывают, что на посту Балкаш за период 1971...2016 гг. наблюдается тенденция к понижению, что говорит о начале разрушения льда на 3 дня раньше каждые 10 лет. Для дат начала разрушения льда и сред-

ней месячной температурой воздуха в марте за период 1971...2016 гг. на постах Балкаш и Сарышган были рассчитаны коэффициенты корреляции и построены диаграммы рассеяния (рис. 9 и 10).

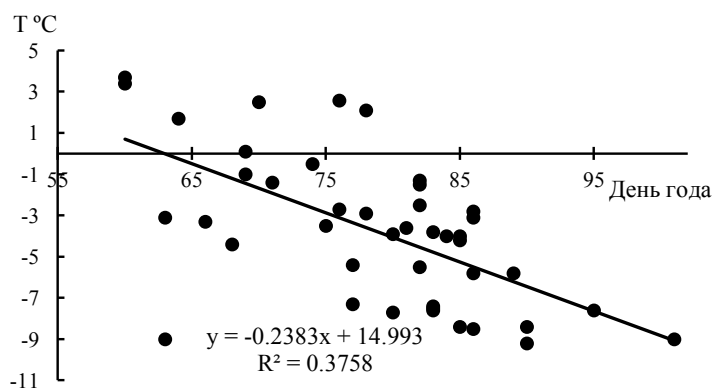


Рис. 9. Диаграмма рассеяния дат начала разрушения льда и средней месячной температуры воздуха в ноябре для поста Балкаш.

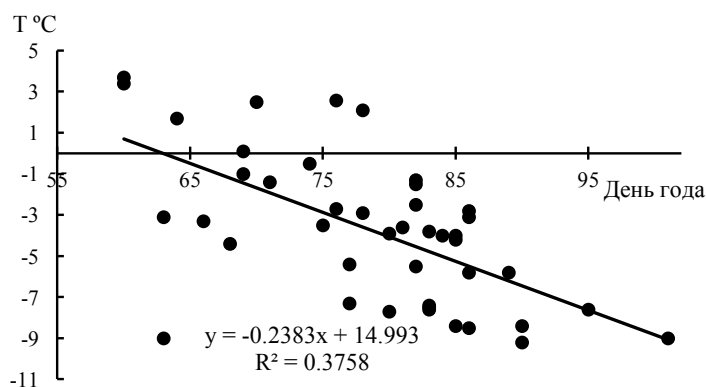


Рис. 10. Диаграмма рассеяния дат начала разрушения льда и средней месячной температуры воздуха в марте для поста Сарышаган.

По данным рисунков 9 и 10 видно, что зависимость дат начала разрушения льда от средней месячной температуры воздуха в марте обратная, коэффициент корреляции составил минус 0,6.

Окончанию ледостава соответствует дата, предшествующая первой дате появления ледя-

ных полей, битого льда, начала дрейфа под действием ветра или ледохода.

На оз. Балкаш по данным пунктов наблюдений самая ранняя дата окончания ледостава (09.03.1987 г.) отмечалась на посту Мынарал (табл. 8).

Таблица 8

Дата окончания ледостава на оз. Балкаш за период 1971...2016 гг.

Дата	Гидрологический пост			
	Балкаш	Мынарал	Сарышаган	Алгазы
Ранняя	15.03	09.03	17.03	25.03
Средняя	05.04	31.03	08.04	08.04
Поздняя	16.04	15.04	19.04	18.04

Как следует из табл. 8, по средним датам за период 1971...2016 гг. ледостав оканчивается раньше на посту Мынарал – 31 марта, а позже

на постах Сарышаган и Алгазы – 8 апреля. Самое позднее окончание ледостава (19.04.1985 г.) было отмечено на посту Сарышаган.

Таблица 9

Характеристики трендов дат окончания ледостава на оз. Балкаш

Гидрологический пост	Коэффициент линейного тренда, кол-во дней/10 лет	Коэффициент детерминации, %	p-value
г. Балкаш	-2	11	0,03
ж.-д. ст. Мынарал	-2	10	0,04
ж.-д. ст. Сарышаган	-2	11	0,05
о. Алгазы	0	0	0,71

По данным табл. 9, на постах Балкаш, Мынарал и Сарышаган коэффициент линейного тренда отрицательный, доля вклада в общую

дисперсию составляет 10...11 % и тренд статистически значим. На рис. 11...13 приведены графики временного хода дат окончания ледостава.

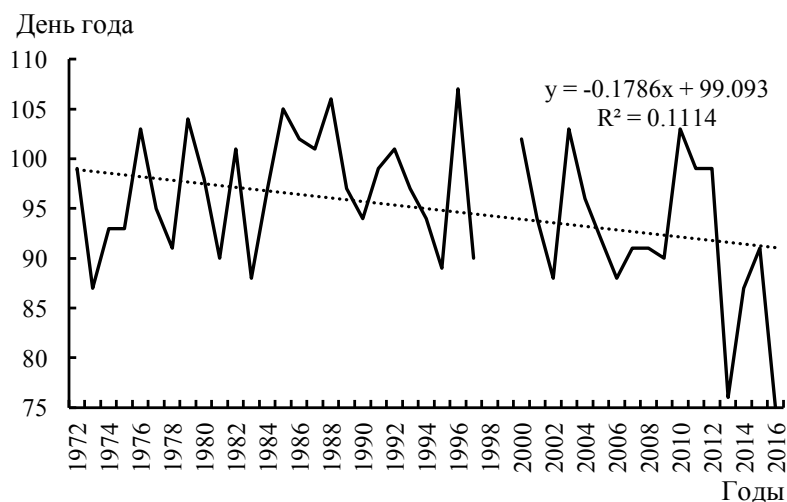


Рис. 11. Временной ход дат окончания ледостава на посту оз. Балкаш – г. Балкаш за период 1971...2016 гг.

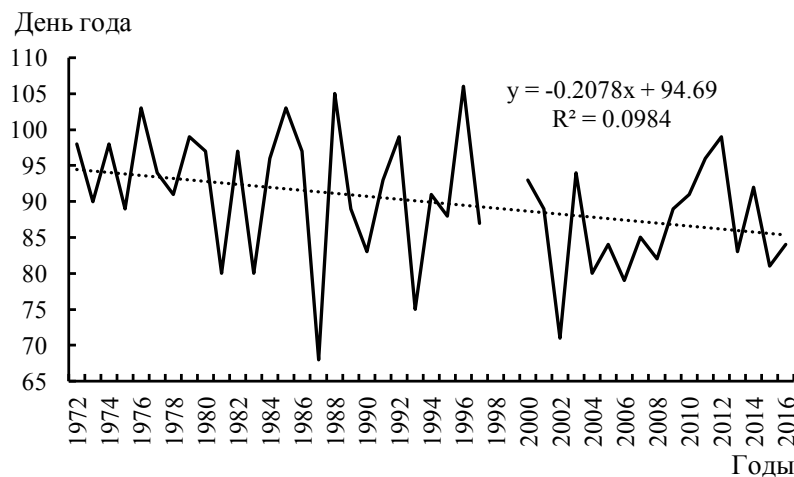


Рис. 12. Временной ход дат окончания ледостава на посту оз. Балкаш – ж.-д. ст. Мынарал за период 1971...2016 гг.

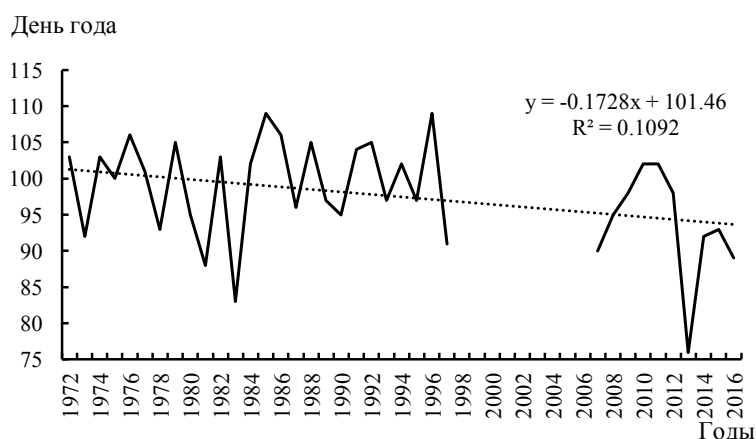


Рис. 13. Временной ход дат окончания ледостава на посту оз. Балкаш ж.-д. ст. Сарышаган за период 1971...2016 гг.

По данным рисунков 11...13 наблюдается тенденция к более ранним датам окончания ледостава на 2 дня/10 лет на постах Балкаш, Мынарал и Сарышаган.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены основные составляющие ледового режима оз. Балкаш и тенденции его изменения за исследуемый период, что связано с влиянием изменения климата.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Ледообразование на оз. Балкаш в среднем за исследуемый период начинается со второй половины ноября;
2. В среднем появление ледяных образований на посту Мынарал начинается раньше – 17 ноября, на посту Алгазы позже – 26 ноября;
3. Даты появления первых ледяных образований имеют положительный тренд за период 1971...2016 гг., коэффициент линейного тренда составил 2...5 дней/10 лет;
4. Средние даты начала ледостава приходятся на 3-ю декаду ноября и 1-ю декаду декабря. Ледостав устанавливался раньше на посту Сарышаган, позже на посту Алгазы;
5. Наблюдается положительная тенденция даты начала ледостава на трех постах за период 1971...2016 гг.
6. На дату начала ледостава значительное влияние оказывает температура воздуха в ноябре.
7. Продолжительность ледостава на оз. Балкаш составляла от 87 до 165 дней и уменьшалась от 2 до 4 дней/10 лет;
8. Средние даты начала разрушения льда

начинаются со 2-й половины марта. Даты начала разрушения льда имеют отрицательный тренд на трех постах, кроме Алгазы. Коэффициент линейного тренда 1...3 дня/10 лет;

9. На дату разрушения льда более значительное влияние оказывает температура воздуха в марте;

10. Средние даты окончания ледостава за период 1971...2016 гг. приходятся на конец марта – начало апреля. Тренды на трех постах статистически значимы, с отрицательным трендом 2 дня/10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. / Под ред. Скоцеляса И.И. – СПб: Гидрометеоиздат, 1995. – 269 с.
2. Бейлинсон М.М. Формирование и разрушение ледяного покрова: (на водотоках и водоемах Казахстана). – Алма-Ата: Наука, 1989. – 45 с.
3. Белдеубаев Е.Е., Долгих С.А. О температурном режиме приземного воздуха в холодный период в Прибалхашье и его изменения в последние десятилетия // Гидрометеорология и экология. – 2019. – №4. – С. 171-183.
4. Богородский В.В., Гусев А.В., Хохлов Г.П. Физика пресноводного льда. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – С. 3.
5. Вилесов Е.Н., Акмолдаева Б.К. Изменение основных величин климата Прибалхашья за 80 лет // Гидрометеорология и экология. – 2017. №2. – С. 27-35.
6. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния климата Казахстана: 2016 год [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: Ежегодный

бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана – URL: kazhydromet.kz (дата обращения: 15.02.2021).

7. *Ивкина Н.И.* Сгонно Нагонные колебания уровня воды на оз. Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1 – С. 66-74.

8. *Ивкина Н.И., Наурузбаева Ж.К.* Изменение характеристик ледового режима Казахской части Каспийского моря, в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №2. – С. 28-35.

9. *Ивкина Н.И., Наурузбаева Ж.К., Клове Б.* Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журнал исследований воды. – 2017. – Т.3. – №2. – С. 15-29.

10. *Одрова Т.В.* Гидрофизика водоемов суши – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 238 с.

11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Том 13. Вып.2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 644 с.

12. *Смахтин В.К.* Ледовый режим озёр Забайкалья в условиях современного потепления // Лёд и снег. – 2018. – Т.58. – №2. – С. 225-230.

13. *Турсунов Э.А.* Обоснование возможной отметки, при которой произойдет расчленение оз. Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №4. – С. 61-65.

14. *Чередниченко В.С., Кожакметова Э.П.* Колебания климата в Иле-Балхашском бассейне и его связь с уровнем озера // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3 – С. 62-77.

15. *Шиварева С.П., Долгих С.А., Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Ли В.И., Голубцов В.В., Попова В.П., Баймагамбетов Б.О., Петрова Е.Е.* Влияние изменения климата на водные ресурсы бассейнов озера Балхаш и Аральского моря // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3 – С. 36-61.

16. *Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingston D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S.* Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere // Science. – 2000. – V.289 – P. 1743-1746.

REFERENCES

1. Aktual'nye problemy gidrometeorologii ozera Balkhash i Pribalkhash'ya. / Pod red.

Skotselyasa I.I. – Spb: Gidrometeoizdat, 1995. – 269 s.

2. *Beilinson M.M.* Formirovanie i razrushenie ledyanogo pokrova: (na vodotokakh i vodoemakh Kazakhstana). – Alma-Ata: Nauka, 1989. – 45 s.

3. *Beldeubaev E.E., Dolgikh S.A.* O temperaturnom rezhime prizemnogo vozdukh v kholodnyi period v Pribalkash'e i ego izmeneniya v poslednie desyatiletia // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2019. – №4. – S. 171-183.

4. *Bogorodskii V.V., Gusev A.V., Khokhlov G.P.* Fizika presnovodnogo l'da. – L.: Gidrometizdat, 1971. – S. 3.

5. *Vilesov E.N., Akmoldaeva B.K.* Izmenenie osnovnykh velichin klimata Pribalkhash'ya za 80 let // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2017. №2. – S. 27-35.

6. Ezhegodnyi byulleten' monitoringa sostoyaniya klimata Kazakhstana: 2016 god [Elektronnyi resurs]. – 2017. – URL: Ezhegodnyi byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana – URL: kazhydromet.kz (data obrashcheniya: 15.02.2021).

7. *Ivkina N.I.* Sgonno Nagonnye kolebaniya urovnya vody na oz. Balkhash // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2011. – № 1 – С. 66-74.

8. *Ivkina N.I., Наурузбаева Ж.К.* Изменение характеристик ледового режима Казахской части Каспийского моря, в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №2. – С. 28-35.

9. *Ivkina N.I., Наурузбаева Ж.К., Клове Б.* Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Тsentral'noaziatskii zhurnal issledovaniy vody. – 2017. – Т.3. – №2. – С. 15-29.

10. *Одрова Т.В.* Гидрофизика водоемов суши – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 238 с.

11. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Tsentral'nyi i Yuzhnyi Kazakhstan. Tom 13. Vyp.2. Bassein ozera Balkhash. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 644 s.

12. *Smakhtin V.K.* Ledovyi rezhim ozer Zabaikal'ya v usloviyakh sovremennogo potepeniya // Led i снег. – 2018. – Т.58. – №2. – С. 225-230.

13. *Tursunov E.A.* Obosnovanie vozmozhnoi otmetki, pri kotoroi proizoidet raschlenenie oz. Balkhash // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2015. – №4. – С. 61-65.

14. *Cherednichenko V.S., Kozhakhmetova E.P.*

- Kolebaniya klimata v Ile-Balkhashskom basseine i ego svyaz' s urovnem ozera // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2009. – №3 – S. 62-77.
15. *Shivareva S.P., Dolgikh S.A., Stepanov B.S., Yafyazova R.K., Li V.I., Golubtsov V.V., Popova V.P., Baimagambetov B.O., Petrova E.E.* Vliyanie izmeneniya klimata na vodnye resursy basseinov ozera Balkhash i Arals'kogo morya // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2009. – №3 – S. 36-61.
16. *Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingston D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S.* Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere // *Science*. – 2000. – V.289 – P. 1743-1746.

ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ КЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙДА БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ МҰЗ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ОРНАЛУЫ МЕН ЖОЮЛУЫ

Е.Е. Белдеубаев¹, В.Г. Сальников² географ. ғылымдар. докторы

¹«Қазгидромет» РМК, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: yerke_beldeubayev@mail.ru

²ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: viteco108@gmail.com

Бұл мақалада Балқаш көлінің мұз жамылғысының орналу және жоюлу мәселелері талқыланды. Зерттеулер көрсеткендей, алғашқы мұз түзілімдерінің кейінірек пайда болу тенденциясы бар, ал көлдің мұз қабатының астында тұру ұзақтығы орта есеппен 4 күнге/10 жылға азаяды. Көлдің мұз режимі климаттың өзгеруінің әсерінен өзгеруде.

Түйін сөздер: Балқаш көлі, алғашқы мұз түзілімдерінің пайда болуы, мұз жамылғысының орналуы мен жоюлуы, мұз жамылғысының ұзақтығы, климаттың өзгеруі.

ABOUT DATES OF ICE COVER'S FREEZE AND BREAK OF BALKASH LAKE UNDER MODERN CLIMATE CONDITIONS

Ye.Ye. Beldeubayev¹, V.G. Salnikov² doctor of geographical sciences

¹RSE «Kazhydromet», Almaty, Kazakhstan

E-mail: yerke_beldeubayev@mail.ru

²al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: viteco108@gmail.com

This article is about analysis of ice cover's freeze and break of Balkash lake. As researches have shown, there is a tendency of late appearance of first ice formations, and the duration of freeze-up decreases, on average by 4 days/10 years. The ice regime of the lake is changing under the influence of climate change.

Keywords: Balkash lake, appearance of first ice formations, freeze and break of ice cover, duration of freeze-up, climate change.

УДК 556.167

СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІ АЛАБЫ ЖЫЛДЫҚ АҒЫНДЫ ДЕРЕКТЕРІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ**Т.М. Казакбаева¹**¹ *әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан**E-mail: t.kazakhbaeva@mail.ru*

Сырдария алабы өзендерінің жылдық ағынды деректері қалпына келтірілді және ағындының орташа шамасын анықтауға қажетті корреляциялық байланыстар тұрғызылды. Жылдық ағынды деректері бойынша және вариация коэффициентінің көмегімен айырымдық интеграл қисықтары тұрғызылды. Бақылау деректерін қалпына келтіруде өзен-аналог әдісі қолданылды. Қолда бар бақылау қатарлары көпжылдық кезеңге келтірілді. Айырымдық интеграл қисығының негізінде есептік кезең ретінде 1960...2015 жылдар аралығы таңдалды. Сонымен қатар, ағындының орташа мәнін көпжылдық кезеңге келтіру тиімділігіне сандық бағалау берілді.

Түйін сөздер: жылдық ағынды, есептік кезең, корреляция коэффициенті, регрессия теңдеуі, айырымдық интеграл қисығы, аналог өзен

Поступила 30.11.20

DOI: 10.54668/2789-6323-2021-100-1-17-26

КІРІСПЕ

Сырдария өзені Қазақстан аумағында Арал теңіз алабына жатады. Өзен Қазақстан аумағының оңтүстік бөлігімен Қызылорда облыстарын ағып өтіп Кіші Аралға құяды. Сырдария өзені Қырғыстан, Өзбекстан, Тәжікстан аумағымен ағып өтіп, Қазақстанда Арал теңізіне келіп құятындықтан трансшекаралық өзен болып табылады. Негізінде трансшекаралық өзендерді басқару қиын болып табылады, ынтымақты түрде шешу үшін шекаралас елдердің экономикалық дамуы, саяси бағыттары мен салааралық мүдделері толық есепке алынады. Сондықтан бұл өзенді жете зерттеу, жылдық ағындысын қалпына келтіру аса маңызды сипатқа ие.

Өзен суының бастауы таулы аудандарда өтетіндіктен және құламалы болып келетіндіктен жоғарғы ағысы гидроэнергетиканы дамыту аймағы болып табылады. Орта және төменгі ағыстары жазық жерлермен ағып өтетіндіктен ауыл шаруашылығын сумен қамтиды. Сырдария өзені бойында орналасқан қалалар мен шаруашылық нысандарды сумен қамту үшін көпжылдық ағынды жөніндегі мәліметтердің толық болуы кез келген есептеулердің дұрыс және дәлдігінің

жоғары болуына мүмкіндік береді.

БАСТАПҚЫ МӘЛІМЕТТЕР

Сырдария өзені бассейнінде әртүрлі периодтарда жалпы 256 өзен ағындысын бақылауға арналған гидрологиялық бекеттер болған. Олардың жұмыс істеу ұзақтығы 1 жылдан 96 жылға дейін деп есептеуге болады. Үздіксіз жұмыс істеп тұрған бекеттер жоқ. Барлығының ішінде 30 бекетте жұмыс істеу ұзақтығы 6 жылдан кем. Бекеттер бойынша ағынды деректері аталған ауданда «Беттік су ресурстары» (Ресурсы поверхностных вод СССР-6 1964, 1969 ж) [6...8]. «Негізгі гидрологиялық сипаттамалар», «Көпжылдық ағынды мәліметтері» (Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1987, 2005 ж) [5], Гидрологиялық жылнамалар (Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 2012...2015 г) бойынша жинақталып, жарияланған кадастрлік материалдардан, анықтамалық және басқа дереккөздерден алынды.

Өзеннің табиғи су режимінің бұзылуы өткен ғасырдың 30...40 жылдары, монополиялық мақта өңдеу қарқынды дами басталған сәтте

(1938 жылдан бастап) басты өзенде және салаларында су шаруашылығы әрекеттерінің дамуы да байқала басталды. Су шаруашылығына антропогендік іс-әрекеттің біртіндеп әсер етуінің дамуы мен 1948...1960 жылдардағы сулылығы мол фаза дәлме-дәл келді. 1970 жылдары су көлемі артуы қарқынды байқалса, антропогендік іс-әрекетің әсері екі есе ұлғайған еді. 1970 жылдан бастап 1974 жыл аралығында Сырдарияның төменгі ағынды тұстамаларында ағындының шұғыл түрде азайғаны байқалды. Ал 1987 жылдан бүгінгі күнге дейін ағынды көлемінің ұлғаю тенденциясы байқалуда. Бұл ең алдымен өзеннің жоғарғы бөліктеріндегі ағындының табиғи ұлғаюымен түсіндіріледі [3...4].

ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ МЕН НӘТИЖЕЛЕРІ

Сырдария өзені бойынша жылдық ағынды деректерінің гидрологиялық қатары аналог-өзен әдісін қолдану арқасында қалпына келтірілді. Гидрологиялық есептеулерді жүргізуде гидрометриялық бақылау деректерінің жеткіліксіздігі жағдайында гидрологиялық сипаттамалардың ықтималдық үлестірім қисықтарының параметрлерін, сонымен қатар есептік гидрографтың негізгі элементтерін аналог-бекеттегі бақылау мәліметтерін негізге ала отырып көпжылдық кезеңге келтіру ұсынылады.

Аналог-өзен таңдау кезінде бірқатар талаптар орындалуы қажет. Ағындысы қалпына келтірілетін өзен мен аналог-өзеннің географиялық орнынан бір-біріне жақын орналасуы, ағындыларының ұқсас болуы, олардың су жинау алаптарының физикалық-географиялық жағдайының біркелкі болуы, су жинау алаптарының орташа биіктіктерінде айтарлықтай айырмашылықтың болмауы, сонымен қатар ағындының табиғи сипатына әсер ететін факторлардың болмауы [1...2] есептеулерде жақсы нәтижеге қол жеткізеді.

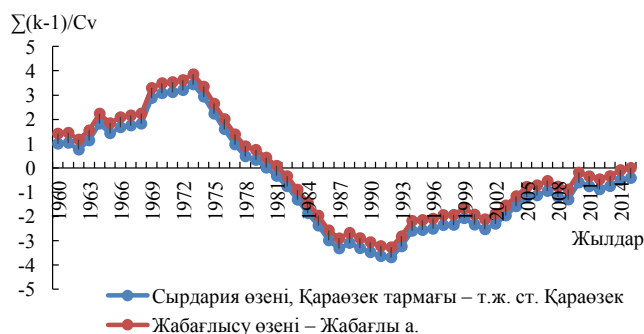
Жылдық ағынды басты гидрологиялық сипаттамалардың бірі болып табылады. Жылдық ағынды-өзен ағындысының интегралды сипаттамасы болғандықтан, ол тек өзен алаптары мен тұтас аймақтардың су ресурстарын бағалауға мүмкіндік береді. Олардың ылғалдылығының дәрежесі, түрлі аумақтардың су теңдестігі жөнінде түсінік береді. Жылдық ағындының уақыт және кеңістік бойынша өзгерісін зерттеу, беткі

суларды халық шаруашылығында пайдалану: су электр станциялары үшін бөгендер жобалау, су-армалау, сумен қамту, ағындыны аймақ ішінде қайта үлестіру мүмкіндігін және орындылығын бағалауға мүмкіндік береді. Жылдық ағынды математикалық статистика және ықтималдық теориясы, жүйелік талдау және басқа да математикалық әдістерді пайдаланудың негізінде гидрологиялық есептеулердің жаңа әдістерін әзірлеу кезінде негізге алынатын басты сипаттама болғандықтан ағындының басқа сипаттамалары, мысалы, қамтамасыздығы әртүрлі ағындының жылдық шамалары, маусымдық және айлық шамалар жылдық ағындының негізінде анықталады.

Сырдария өзені алабы жылдық ағынды деректерін қалпына келтіру барысында бақылау қатарындағы жылдар саны 50...60 жылдан аспайтын жағдайлардың барлығында есептік репрезентативті кезең белгіленді. Ол суы мол және суы аз жылдар тобынан тұратын аяқталған айналымдардың ең көп санынан тұрады. Тек үлкен аумаққа таралатын және осы ауданның барлық өзендерін қамтитын негізгі ұзақ айналымдар ғана назарға алынды. Негізгі айналымдарға қабаттасқан ұзақтығы кішкентай айналымдар (2...4 жыл) есепке алынбады. Тек қана суы мол немесе суы аз фазалардан тұратын толық емес айналымдар шығарып, есепке алынбады.

Гидрологиялық мәліметтер қатарының репрезентативтілігі ағынды нормасынан қаншалықты ауытқитындығын көрсететін бақылау қатарының орташа мәнінің орташа квадраттық қателігімен анықталады. Сондықтан репрезентативтілік бақылау қатарының ұзақтығына, өзгергіштік коэффициентіне және қатардың өзара байланыстылығына тәуелді, яғни бақылау қатарында ең суы мол және суы аз жылдардың қаншалықты шамада кездесуімен байланысты. Құрамында ең суы мол және ең суы аз жылдарды қамтитын циклды анықтау үшін кеңінен қолданылатын әдіс ағындының айырымдық интеграл қисығын тұрғызу болып табылады.

Сырдария өзені – Қараөзек т.ж.ст. бекеті мен Жабағлысу өзені – Жабағлы а. бекеті арасында тұрғызылған айырымдық интеграл қисығының талдауы негізінде жинақталған мәліметтер ұзақтығы әртүрлі болғандықтан, есептік кезең ретінде 1960...2015 жылдар таңдалды (1 сурет).



Сур. 1. Сырдария өзені – Қараөзек т.ж.ст. бекеті мен Жабағлысу өзені – Жабағлы а. бекеті деректері негізіндегі жылдық айырымдық интеграл қисығы.

Көптеген өзендерде бақылау қатары жеткіліксіз болғандықтан, яғни ағынды нормасын 5...10 %-ға және вариация коэффициентін 10...15 %-ға дейін рұқсат етілген салыстырмалы қателікте есептеу мүмкіндігі жоқ болғандықтан ағынды шамасы бақыланбаған жылдар аналог – тұстамалар арқылы көпжылдық кезеңге қалпы-

на келтірілді. Аналог – тұстаманы таңдау барысында есептік тұстама мен аналог – тұстамадағы өзен ағындысының тербелісі синхронды болуы басты критерий болып табылады. Бұл критерий жұп немесе көптік корреляция арқылы сипатталады. Сонымен қатар төменде келтірілген шарттар орындалуы тиіс [1...2, 9...10]:

$$n' \geq (6 - 10), R \geq R_{кр}; \frac{R}{\sigma_R} \geq A_{кр}; \frac{K}{\sigma_K} \geq B_{кр}, \quad (1)$$

мұндағы n' – қарастырып отырған тұстамадағы және аналог – тұстамадағы бірдей байқалған бақылау жылдарының саны ($n' \geq 6$ бір аналог кезінде, $n' \geq 10$ екі не одан көп аналогтар болғанда); R – қарастырып отырған тұстамадағы және аналог – тұстамадағы ағынды шамаларының арасындағы жұптық немесе көптік корреляция коэффициенті, K – регрессия теңдеуінің коэф-

фициенті; σ_K – регрессия коэффициентінің орташа квадраттық қателігі; $R_{кр}$ – жұптық немесе көптік корреляция коэффициентінің критикалық мәні (әдетте ол $\geq 0,70$ болады); R/σ_R және K/σ_K қатынастарының сәйкесінше критикалық мәндері (әдетте ол $\geq 2,0$).

Жылдық ағынды деректерін бір аналогпен қалпына келтіру үшін регрессия теңдеуі қолданылады:

$$Q = K_1 Q_a + K_0, \quad (2)$$

бұл жерде Q – негізгі бекеттегі су өтімі деректері; K_1 – регрессия теңдеуінің коэффициенті; Q_a – аналог бекеттегі су өтімі деректері; K_0 – бос мүше.

Теңдеу бойынша (2) қалпына келтірілген

деректер систематикалық түрде төмен дисперсияға ие.

Систематикалық түрдегі төмен дисперсияны болдырмау мақсатында келесі формула қолданылады:

$$Q'_i = \frac{(Q_t \overline{Q_n})}{r} + \overline{Q_n}, \quad (3)$$

мұнда Q'_i – регрессия теңдеуі бойынша есептелген гидрологиялық сипаттамалардың жылылық мәндері, рассчитанные по уравнению регрессии; $(\overline{Q_n})$ – бірлескен бақылау периодындағы гидрологиялық сипаттаманың орташа мәні; r – зерттелген өзен мен аналог өзен арасындағы жұптық корреляция коэффициенті (Айнымалылар арасындағы байланысты сипаттайтын сандық мән «корреляция коэффициенті», «г») болып табылады және таңдалған мәліметтерге сілтеме жасайды. Корреляциялар оң немесе теріс болуы

мүмкін. Үлгідегі сан үлкен болған сайын, стандартталған «t» айнымалының таралуын корреляцияның маңыздылығын тексеру үшін қолдануға болады (Студент t-критерийі) [9].

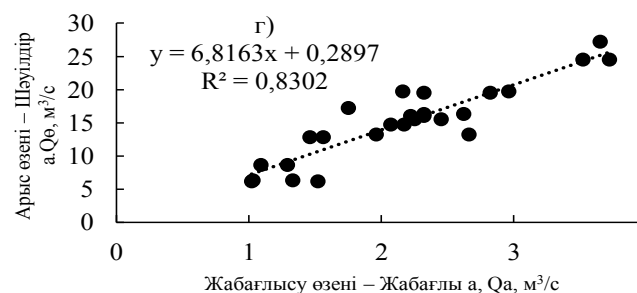
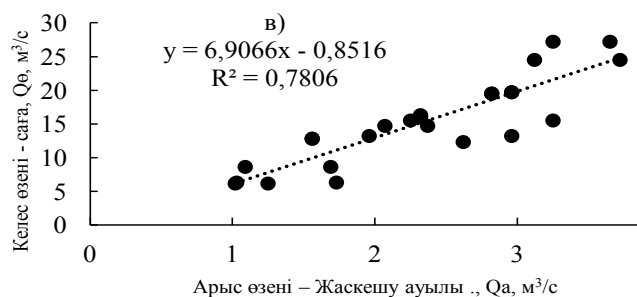
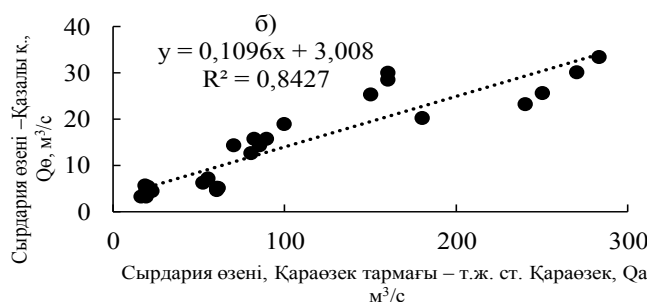
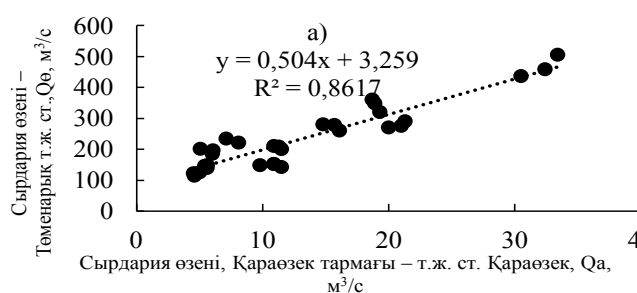
Аталған кезеңде әрекет етуші бекеттер саны 256 дан 38 ге дейін кеміген. Бастапқы мәліметтердің негізгі кемшіліктері – бақылау бекеттер санының аздығы. Бақылау қатарының біртектілігін сақтау үшін бақылау қатарлары барынша толық, әрекет етуші 38 бекет деректері бойынша қалпына келтірілді. Есептік кезең бойынша,

1960...2015 жылдарда, қалпына келтірілген мәндер бойынша корреляция коэффициентінің мәні $R = 0,70...0,98$ аралығында болды.

Әрекет етуші бекеттердің арасында жинақталған қолда бар деректерге сай, жалпы таңдалған есептік кезең бойынша үздіксіз бақылау деректері бар бекеттер саны – 12, яғни 35 % деректер толық қамтылған. Оларға Арыс өзені – Жаскешу а., Арыс өзені – т.ж. ст. Арыс, Жабағлысу өзені – Жабағлы а., Машат өзені – Кершетас а., Ақсу өзені – Сарқырама а., Бадам өзені – Қараспан а., Сайрам өзені – Тасарық а., Болды-

брек өзені – Мемл.қорық, Бугун өзені – Екпінді а., Қаттыбугун өзені – Жарықбас а., Шаян 1 өзені – Ақбет өз. сағ 3,3 км төмен, Қарашық өзені – Хантағы а., Ашылған өзені – Майдантал а. бекеттерін жатқызуға болады.

Ал 2 бекет (Сырдария өзені – Қаратерең а. бекеті, Достық каналы – Шұғыла а. бекеті) 1995 және 2009 жылдардан бастап қана іске қосылған. Олардағы бақылау деректері 6...10 жылды ғана қамтиды. Қалған бекеттер бойынша бақылау деректері аналог әдісі көмегімен қалпына келтірілді (сурет 2).



Сур. 2. Сырдария өзені алабында орташа жылдық су өтімі деректерінің есептік өзен бекеті мен аналог өзен бекетінің арасындағы байланыс графиктері.

Сырдария өз. – Келес өз. сағасынан жоғары бекеті деректерін қалпына келтіру барысында екі өзен аналог ретінде алынды. Себебі ағындыға антропогендік әсер байқалып, су өтімі 1970 жылдардын бастап реттелген. Сонымен қатар, Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – Жосалы пгт бекеті бойынша да регрессия теңдеуінің әлсіздігі байқалғандықтан есептеу кезеңі екіге бөліп қарастырылды. Есептеу қатарын көпжылдық кезеңге келтіру мақсатында бірқатар өзендер аналог ретінде көп жағдайлар үшін қолданылды. Оларға: Келес өзені – Қазығұрт а., Жабағлысу өзені – Жабағлы а, Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек, Машат өзені – Кершетас а., Ақсу өзені – Сарқырама а., Бадам өзені – Қараспан а., Сайрам өзені – Тасарық а., Болдыбрек өзені – Мемл.қорық, Бугун өзені – Екпінді а., Қаттыбугун өзені – Жарық-

бас а., Шаян 1 өзені – Ақбет өз. сағ 3,3 км төмен, Қарашық өзені – Хантағы а., Ашылған өзені – Майдантал а., Арыс өзені – Жаскешу ауылы сияқты бекеттерді келтіруге болады.

Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – Жосалы пгт бекеті деректері аналог өзендер болып саналатын Сырдария өзені – Жосалы пгт және Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек бекеттерінің көмегімен қалпына келтірілді. Алайда байланыс теңдеуінің корреляция коэффициенті 0,70-ке тең болғанына қарамай, біршама сақтықпен қарау қажет, себебі бекетте 1973...2012 жылдар аралығында бақылау деректері мүлдем жоқ болса, 1980 жылы ағынды байқалмаған.

Жалпы бақылау бекеттерінің деректерін қалпына келтіру барысында аналог бекеттер барынша талаптарға сай және табиғи сипатта-

малары жақын етіп таңдалды. Сонымен қатар, үздіксіз бақылау деректері бар бекеттердің арқасында бақылау қатары есептік кезеңге барынша жақын болды.

Ағындының орташа мәндерін көпжылдық кезеңге келтірудің сандық тиімділігін бағалау мақсатында келесі формула қолданылды [10]:

$$K_{Q_{орт}} = \left[\left(1 - \sqrt{1 - R^2 + nR^2/N} \right) / \left(1 - \sqrt{1 - n/N} \right) * 100\% \right], \quad (4)$$

мұнда $K_{(Q_{орт})}$ – орташа мәндерді бақылау тиімділігі; n – қысқа қатардағы бақылау жылдарының саны; N – көпжылдық кезеңге келтірілген деректердегі жылдар саны; R – жұптық корреляция

коэффициенті.

Қарастырылып отырған өзендер бекеттері бойынша есептеу нәтижелері кестеде (кесте 1) берілген.

Кесте 1

Сырдария алабы өзендерінің әрекет етуші бекеттерінде ағынды деректері қалпына келтірілген жылдар мен регрессия теңдеулері

Өзен-бекет	F, км	Жылдық ағынды есептелген жылдар	Регрессия теңдеуі	Теңдеуді есептеу жылдары	Теңдеудің сипаттамалары			Қалпына келтірілген жылдар	Аналог өзен
					R	σ_R	R/ σ_R		
Сырдария өз. – Келес өз. сағасынан жоғары	170000	1960,1976, 1981...2015	$y = 0,704x - 62,318$	1981...1995 n=14	0,91	0,097	9,4	1961...1968	Сырдария өзені – Көктөбе уч.
			$y = 0,4831x - 2,6903$	1999...2015 n=16	0,86	0,093	9,2	1969...1980	Сырдария өзені – Шардара су койм. жоғ. бьефі
Сырдария өзені – Шардара су койм. жоғ. бьефі	174000	1959, 1965...2012	$y = 0,4831x - 2,6903$ $y = 0,3251x - 65,962$	1960...1981, 1992...2015 n=32	0,82	0,076	10,8	1960...1965	Сырдария өзені – Көктөбе уч.
Сырдария өзені – Көктөбе уч.		1949...1951, 1952...2014	$y = 0,1011x + 5,7514$	1976...1992, 2000...2011, n=25	0,84	0,071	11,8	1960...1975, 1995...1999, 2012	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.	219000	1951...2014	$y = 0,504x + 3,259$	1960...1992, 2000...2011, n=43	0,88	0,086	10,2	1997...1998, 2012	Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек
Сырдария өзені – Кергелмес раз.		1976...1989, 2000...2015	$y = 0,1408x + 0,4612$	1976...1990, n=14	0,92	0,075	12,3	1960...1962, 1991...1993, 1995...1999	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Тасбөгет пгт		1981...1997, 2001...2015	$y = 0,1385x + 0,5888$	1981...1997, 2001...2015, n=30	0,86	0,085	10,1	1960...1980, 1995...2001	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Қараөзек т.ж. ст.		1960...1998, 2000...2001, 2004, 2006...2015	$y = 0,0723x + 1,5859$	1960...1997, n=37	0,91	0,084	10,8	1993...2003, 2005	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Жосалы пгт		1960, 1961, 1963...1993, 2012...2015	$y = 0,6993x - 61,353$	1963...1990, n=27	0,81	0,091	8,9	1961...1962, 1993...2011	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Жосалы пгт		1960, 1961, 1963...1993, 2012...2015	$y = 0,6993x - 61,353$	1963...1990, n=27	0,81	0,091	8,9	1961...1962, 1993...2011	Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.
Сырдария өзені – Қазалы қ.		1911, 1960...1992, 1994...2015	$y = 0,1096x + 3,008$	1962...1990, 2003...2015, n=40	0,89	0,078	11,4	1961, 1992...1997, 1999...2002	Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек
Сырдария өзені – Қаратерен а.		1993, 1995...2015	$y = 0,1038x + 4,4243$	2000...2011, n=11	0,93	0,085	10,9	1993...1997, 1999, 2012	Сырдария өзені – Қазалы қ.

Өзен-бекет	F, км	Жылдық ағынды есептелген жылдар	Регрессия теңдеуі	Теңдеуді есептеу жылдары	Теңдеудің сипаттамалары			Қалпына келтірілген жылдар	Аналог өзен
					R	σ_R	R/ σ_R		
Сырдария өзені – Қаратерен а.		1993, 1995...2015	$y = 0,1038x + 4,4243$	2000...2011, n=11	0,93	0,085	10,9	1993...1997, 1999, 2012	Сырдария өзені – Қазалы қ.
Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек		1913, 1923, 1960...2015	$y = 0,6584x - 54,283$	1971...1990, 2000...2015, n=34	0,99	0,096	10,3	197 Арыс өзені – Жаскешу ауылы 0, 1996, 1998...2000	Сырдария өзені – Қараөзек т.ж.ст.
Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – Жосалы пгт		1913, 1960...1973, 2012...2015	$y = 0,1135x + 2,6285$ $y = 0,6853x - 51,568$	1960...1973, n=13 2008...2015, n=8	0,95	0,092	10,3	1972, 1974, 1979...2011	Сырдария өзені – Жосалы пгт Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек
Келес өзені – саға	3310	1970, 1971...1975, 1983...2015	$y = 6,9066x - 0,8516$	1983...2015, n=32	0,90	0,079	11,4	1976...1982	Арыс өзені – Жаскешу ауылы
Арыс өзені – Жаскешу ауылы	16319	1971...2015	$y = 0,2056x + 2,3354$	1971...2015, n=44	0,89	0,075	11,3	1960...1972	Арыс өзені – т.ж. ст. Арыс
Арыс өзені – Шәуілдір а.	14700	1904, 1960...1996, 2008...2015	$y = 6,8163x + 0,2897$	1960...1990, n=30	0,94	0,084	11,2	1997...2007	Жабғалысу өзені – Жабғалы а
Көкбұлақ өзені – Пістелі а.	76	1963, 1964...1994, 2001, 2009...2015	$y = 0,2381x - 0,8539$	1964...1994, 2009...2015, n=37	0,84	0,085	9,9	1960...1963, 1995...2001	Машат өзені – Кершетас а.
Аксу өзені – Қолкент а.	744	1955, 1960...1994, 2008...2015	$y = 0,6236x - 28,97$	1960...1993, n=33	0,96	0,091	10,5	1992, 1994...2008	Боралдай өзені – Боралдай а.
Шұбар өзені – Шұбар а.	271	1976, 1977...1999, 2008...2015	$y = 0,4684x - 16,905$	1977...1995, 2000...2007, n=25	0,85	0,095	8,9	1976, 1999...2008	Боралдай өзені – Боралдай а.
Боралдай өзені – Васильевка а.	114	1956, 1960...1998, 2005...2015	$y = 0,2203x + 3,7398$	1960...1995, n=35	0,87	0,082	10,6	1998...2005	Боралдай өзені – Боралдай а.
Боралдай өзені – Боралдай а.	1460	1965...2015	$y = 0,1905x + 5,3855$	1966-1997, n=31	0,91	0,093	9,8	1960...1965	Боралдай өзені – Васильевка а.
Бадам өзені – Қызылжар а.	1970	1953, 1960...1994, 2006...2015	$y = 0,1527x + 7,4199$	1960...1977, 1979...1993, n=31	0,95	0,085	11,2	1978, 1992, 1995...2006	Бадам өзені – Қараспан а.
Арыстанды өзені – Алғабас а.	533	1964...2015	$y = 0,1937x - 0,2664$	1970...2015, n=45	0,95	0,083	11,4	1960...1964	Шаян 1 өзені – Ақбет өз. сағ 3,3 км төмен
Канал – Алғабас а.		1969, 1982...2015	$y = 0,1963x - 0,362$	1982...2015, n=33	0,93	0,086	10,8	1960...1982	Шаян 1 өзені – Ақбет өз. сағ 3,3 км төмен

Алынып отырған өзен бекеттердің гидрологиялық бақылау қатары толық болмағандықтан қалпына келтірілді. Гидрологиялық бақылау қатарына талдау жасау, есептерде қолдану біртектілікке бағалаудан басталуы керек. Біртекті емес қатарды пайдалану объективті емес нәтижелерді алуға әкеліп соқтыруы мүмкін. Сонымен қатар, әр түрлі өзендерге

жататын ағынды қатарларын бірі кеңістіктік – уақыттық статистикалық қатарға, бірі уақыттық статистикалық қатарға біріктірген жағдайда олардың біртектілік дәрежелерін анықтау маңызды болып табылады. Біртектілікке талдау жасау зерттеліп отырған жиынтықтарға сапалық критерийлерді қолдану арқылы атқарылады [1].

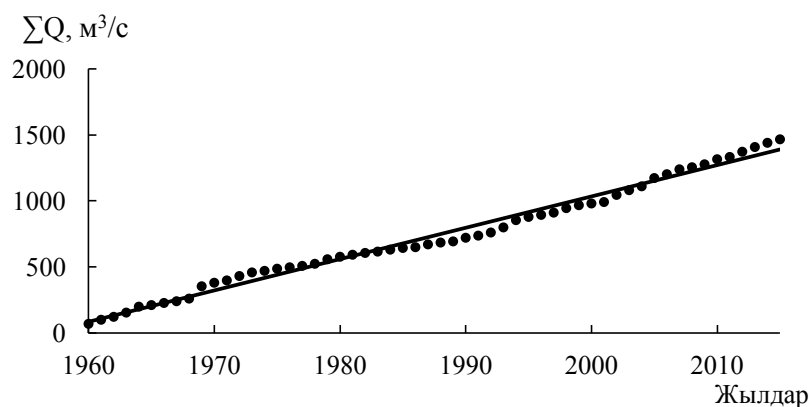
Қалпына келтірілген қатарды біртектілікке тексеру нәтижесі

Өзен-бекет	Фишер критерийі			Стьюдент критерийі			Вилькоксон критерийі			
	F	F _{5%}	нәтижесі	t	t _{5%}	нәтижесі	U	U ₂	U	нәтижесі
Сырдария өз. – Келес өз. сағасынан жоғары	1,05	4,97	біртекті	2,04	5,01	біртекті	53,2	201	193	біртекті
Сырдария өзені – Шардара су койм. жоғ. бьефі	1,56	3,36	біртекті	3,17	4,94	біртекті	139	400	175	біртекті
Сырдария өзені – Көктөбе уч.	1,00	4,54	біртекті	2,05	5,04	біртекті	44,8	183	162	біртекті
Сырдария өзені – Төменарық т.ж. ст.	2,53	2,98	біртекті	1,24	4,87	біртекті	113	367	158	біртекті
Сырдария өзені – Кергелмес раз.	2,1	3,32	біртекті	2,00	4,93	біртекті	81,9	282	96	біртекті
Сырдария өзені – Тасбөгет пгт	1,06	5,45	біртекті	3,88	5,12	біртекті	25,8	128	135	біртекті емес
Сырдария өзені – Қараөзек т.ж.ст.	1,94	3,16	біртекті	1,56	4,90	біртекті	36,7	194	72	біртекті
Сырдария өзені – Жосалы пгт	7,17	5,00	біртекті емес	3,10	5,00	біртекті	49,0	190	179	біртекті
Сырдария өзені – Қазалы қ.	4,02	2,17	біртекті емес	1,94	2,0	біртекті	87	212	75	біртекті емес
Сырдария өзені, Қараөзек тармағы – т.ж. ст. Қараөзек	20	2,12	біртекті емес	0,45	2,39	біртекті	121	298	131	біртекті
Келес өзені – саға	1,52	3,26	біртекті	3,83	2,44	біртекті емес	87	218	251	біртекті емес
Арыс өзені – Жаскешу ауылы	2,27	2,29	біртекті	0,97	2,41	біртекті	119	285	148	біртекті
Арыс өзені – Шәуілдір а.	1,28	2,20	біртекті	1,03	2,40	біртекті	83	226	95	біртекті
Көкбұлақ өзені – Пістелі а.	3,16	3,13	біртекті емес	2,28	2,44	біртекті	60	167	176	біртекті емес
Ақсу өзені – Қолкент а.	1,96	3,13	біртекті	0,55	2,44	біртекті	99	242	181	біртекті
Шұбар өзені – Шұбар а.	1,29	3,5	біртекті	4,12	2,45	біртекті емес	65	174	207	біртекті емес
Боралдай өзені – Васильевка а.	1,33	2,17	біртекті	1,33	2,00	біртекті	143	306	161	біртекті
Боралдай өзені – Боралдай а.	5,46	2,09	біртекті емес	0,30	2,00	біртекті	138	303	196	біртекті
Бадам өзені – Қызылжар а.	1,54	2,50	біртекті	1,12	2,02	біртекті	98	223	101	біртекті
Арыстанды өзені – Алғабас а.	1,14	2,27	біртекті	3,28	2,01	біртекті емес	183	366	438	біртекті емес
Канал – Алғабас а.	2,84	2,85	біртекті	1,12	2,04	біртекті	62	157	144	біртекті

Кесте 2-де гидрологиялық қатарлардың біртектілігінің нәтижесі көрсетілген. Гидрологиялық қатарларды біртектілікке тексеру үшін Фишер (F), Стьюдент (t) және Вилькоксон критерийлері (U) қолданылды. Инженерлік-гидрологиялық есептеулерде гидрологиялық бақылау қатарын талдау үшін статистикалық әдістер қолданылғанда бастапқы ақпарат біртекті деп қарастырылады. Дегенмен кесте 2-ден көріп отырғанымыздай біртекті емес жағдайлар да орын алды. Бұл бекеттерде гидрологиялық қатардың біртектілігінің бұзылуы ағынды қалыптастырушы табиғи және жасанды факторлардың уақыт және кеңістік бойынша өзгеруімен байланыстырылады. Табиғи себептерге байланысты

өзгеруін, жылдық ағындының қалыптасуына ылғал жеткіліксіз аудандарда тұйық макро және микроойыстардың тигізетін әсерлерін айтуға болады. Сонымен қатар бойында нөлдік мәндері бар ағынды қатарын келтіруге болады.

Біртектіліктің бұзылуы Арыстанды өзені – Алғабас а., Боралдай өзені – Боралдай а., Көкбұлақ өзені – Пістелі а. бекеттерінен көрініс берген. Бұл бекеттерде өзен суының қыс мезгілінде түбіне дейін қатуы және жазда арнасының құрғап қалуы себебінен ағынның сарқылуы қатардың біртектілігінің бұзылуына себеп болады. Сонымен қатар су жинау алабында және су арнасында жүргізілген шаруашылық іс-әрекеттің қарқынды өсуі біртектілікті бұзады.



Сур. 3. Арыс өзені Арыс т.ж.бекетінің (1960...2015 жж.) жиынтық интеграл қисығы.

Арыс өзені Сырдария өзенінің оң жақ саласы. Арыс өзеніне антропогендік әсерді бағалау үшін жиынтық интеграл қисығы тұрғызылды (сурет 3). Жиынтық интеграл қисығының өзгерісі өзен алабында 3 СЭС салынғанынан және өзеннен тікелей каналдардың бастау алуынан болып отыр. Өзен суы егістікке, бау-бақшаға суаруға пайдаланады, сонымен қатар бұл аймақта халық тығыз қоныстанғандықтан өзен ағындысына антропогендік әсердің көрінісі айқын байқалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қарастырылып отырған Сырдария алабы өзендерінің қалыпты жылдық ағынды қабаты су өтімі деректерінің мәні қайта қалпына келтіріліп, бақылау қатары ұзартылды. Аталған өзен алабы бойынша бақылау деректерінің мәліметтері түрлі ақпарат көздерінен жинақталып, талданды. Алынған деректер негізінде айырымдық интеграл қисықтары тұрғызылып, есептік кезең алынды. Есептік кезеңнің негізінде алаптағы әрекет етуші бекеттер мәліметтері сараланды.

Деректерін қалпына келтіруге тиісті бекеттер анықталып, корреляциялық байланыс негізінде аталмыш коэффициенттері есептелді, регрессия теңдеуі негізінде орташа жылдық су өтімі деректерінің есептік өзен бекеті мен аналог өзен бекетінің арасындағы байланыс графиктері тұрғызылды. Барлық қалпына келтірілген деректер бойынша кесте жасалды. Қалпына келтірілген гидрологиялық қатарлар Фишер, Стьюдент және Вилькоксон критерийлері арқылы біртектілікке тексерілді. Аталған өзен алабы бойынша Арыс өзені – Арыс бекеті мысалында жиынтық интеграл қисығы тұрғызылып, антропогендік әсер бағаланды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Болдырев В.М. Практикум по дисциплине гидрологические расчеты. – Алматы: Қазақ университеті, 2000. – 40 с.
2. Давлетғалиев С.К., Джусупбеков Д.К., Молдахметов М.М. Гидрологиялық ақпаратты математикалық өңдеу әдістері. – Алматы, «Қазақ университеті», 2012. – 304 с.
3. Достай, Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Водные Ресурсы Казахстана: оценка, прогноз управление. Том 7. Ресурсы речного стока Казахстана. Кн.2: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. – Алматы, 2012 г. – С. 97-98.
4. Достай, Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Оценка водных ресурсов на современном этапе развития Арало-Сырдарьинского природнохозяйственного комплекса // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №1. – С. 93-102.
5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 4. Узбекская ССР (1987). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 285 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12-15. Вып. 2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 646 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Том 14 Средняя Азия. Выпуск 1 Бассейн р.Сырдарья (1965). – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 477 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 14 Средняя Азия. Выпуск 1 Бассейн р.Сырдарья (за 1963-1970 гг. и весь период наблюдений) (1974). – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 526 с.
9. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983. – 36 с.
10. СП-33-101-2003. Определение основных

расчетных характеристик – М.: Госстрой России, 2004. – 71 с.

11. How to do hydrological data validation using regression // World Bank & Government of The Netherlands funded /// New Delhi, February 2002 [Электр. ресурс]. – URL: <http://nhp.mowr.gov.in/Docs/HP-2/Manuals/WaterLevel-37Howtodohydrologi.pdf>

12. The New Zealand Digital Library Project // Department of Computer Science, University of Waikato, Handbook for agrohydrology // Chapter 8: Data analysis [Электр. ресурс]. – URL: <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0hdl-00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1.8&d=HASH3b4d99e5f9716ab628b9b2.11.fc>

REFERENCES

1. *Boldyrev V.M.* Praktikum po distsipline gidrologicheskie raschety. – Almaty: Kazak universiteti, 2000. – 40 s.

2. *Davletgaliev S.K., Dzhusupbekov D.K., Moldakhmetov M.M.* Gidrologiyalyq akparatty matematikalыq өңдеу әдистері. – Almaty, «Kazak universiteti», 2012. – 304 s.

3. *Dostai, Zh.D., Alimkulov S.K., Saparova A.A.* Vodnye Resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz upravlenie. Tom 7. Resursy rechnogo stoka Kazakhstana. Kn.2: Vozobnovlyaemye resursy poverkhnostnykh vod yuga i yugo-vostoka Kazakhstana. – Almaty, 2012 g. – S. 97-98.

4. *Dostai, Zh.D., Alimkulov S.K., Saparova A.A.* Otsenka vodnykh resursov na sovremennom etape razvitiya Aralo-Syrdar'inskogo prirodnokhozyaistvennogo kompleksa //

Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2016. – №1. – S. 93-102.

5. *Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi.* Tom 4. Uzbekskaaya SSR (1987). – L.: Gidrometeoizdat, 1987. – 285 s.

6. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR.* T. 12-15. Vyp. 2. – L.: Gidrometeoizdat, 1969. – 646 s.

7. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'.* Tom 14 Srednyaya Aziya. Vypusk 1 Bassein r.Syrdar'i (1965). – L.: Gidrometeoizdat, 1967. – 477 s.

8. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki.* Tom 14 Srednyaya Aziya. Vypusk 1 Bassein r.Syrdar'i (za 1963-1970 gg. i ves' period nablyudenii) (1974). – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – 526 s.

9. SNiP 2.01.14-83. Opredelenie raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. – M.: Stroizdat, 1983. – 36 s.

10. SP-33-101-2003. Opredelenie osnovnykh raschetnykh kharakteristik – M.: Gosstroj Rossii, 2004. – 71 s.

11. How to do hydrological data validation using regression // World Bank & Government of The Netherlands funded /// New Delhi, February 2002 [Elektr. resurs]. – URL: <http://nhp.mowr.gov.in/Docs/HP-2/Manuals/WaterLevel-37Howtodohydrologi.pdf>

12. The New Zealand Digital Library Project // Department of Computer Science, University of Waikato, Handbook for agrohydrology // Chapter 8: Data analysis [Elektr. resurs]. – URL: <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0hdl--00-0--0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50--20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1.8&d=HASH3b4d99e5f9716ab628b9b2.11.fc>

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДАННЫХ ГОДОВОГО СТОКА БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ

Т.М. Казакбаева¹

¹ *Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*
E-mail: t.kazakhbaeva@mail.ru

Выполнено восстановление данных годового стока и получены корреляционные зависимости, которые были использованы для расчета нормы стока по каждой из выбранных рек в бассейне реки Сырдарья. По данным стока с помощью коэффициента вариации построены разностные интегральные кривые. При восстановлении отсутствующих данных годового стока применен метод «реки-аналога». Фактические ряды наблюдений приведены к многолетнему

периоду. Расчетный период был выбран с 1960 по 2015 гг. Так же даны количественные оценки эффективности приведения средних значений стока к многолетнему периоду.

Ключевые слова: годовой сток, расчетный период, коэффициент корреляции, уравнение регрессии, разностная интегральная кривая, река-аналог

DATA RECOVERY OF ANNUAL RIVER RUNOFF IN THE SYRDARYA RIVER BASIN

T. M. Kazakbayeva¹

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: t.kazakhbaeva@mail.ru

The data recovery of the annual runoff was carried out and correlation dependences were obtained, which were used to calculate the runoff rate for each of the selected rivers in the Syrdariya river basin. Differential integral curves were constructed from the runoff data using the variability index. When restoring the missing data on the annual runoff, the river-analogue method was applied. The actual series of observations are given for a long-term period. The base period was chosen from 1960 to 2015. Quantitative estimates of the effectiveness of bringing the average values to a multi-year period are also provided.

Keywords: annual runoff, calculation period, correlation coefficient, regression equation, difference integral curve, analog river

ӘӨЖ 502: 504.4.054**МҰНАЙ ҚҰРАМДЫ ӨНДІРІСТІК САРҚЫНДЫЛАРДЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ
ЖАҒАЛАУ СУЛАРЫНА ӘСЕРІ****Л.С. Тайжанова¹, Г.Ж. Кенжетаяев¹** техн. ғылым. докторы¹*«Есенов Университеті» КеАҚ, Ақтау, Қазақстан**E-mail: taizhanova@mail.ru, gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz,*

Мақалада Каспий теңізінің жағалауында орналасқан өнеркәсіптік кәсіпорындардан пайда болатын мұнай құрамды сарқынды сулардың жер асты ағындар арқылы Маңғыстау облысы шегіндегі Каспий теңізінің жағалауындағы жер асты сулары мен теңіз суларына әсері қарастырылды, зерттеуге алынған сынамаларда бақыланған ластаушы заттардың құрамы келтірілді. Жер асты және жер үсті суларындағы зиянды заттар деңгейінің өзгеру динамикасын анықтау үшін теңізден әр түрлі қашықтықта орналасқан мұнайды өндіру және өңдеумен айналысатын 3 өндіріс орны таңдалды. Олардың екеуі теңіз жағасында орналасса, бір нысан Каспий теңізінен 8 км қашықтықта орналасқан. Зерттеуге алынған 3 нысанда да тазартудан өткен сарқынды сулар тоғанға тасталынады. Жұмыс өндіріс аумағын зерттеу, жер асты және жер үсті суларының деңгейін, температурасын бақылау және зерттеу аймағында орналасқан теңіз станциялары мен гидрогеологиялық бақылау ұңғымаларын пайдалана отырып, судағы ластаушы компоненттердің құрамын зертханалық талдаудан өткізуден тұрды. Теңіз сулары үшін Қаражанбас кенорны маңайында мұнай өнімдері, темір құрамы бойынша нормадан аз мөлшерде ауытқушылық байқалды, жер асты суларындағы ауытқушылықтарды орналасу аймағы бойынша өңірдегі жер асты сулары ауыр металдар мен органикалық заттары көп жинақталған жер асты сулары провинциясына жататындығымен және хлоридті-сульфатты химиялық құрамымен ерекшеленетіндігімен түсіндіріледі.

Түйін сөздер: сарқынды сулар, Каспий теңізі, жер асты сулары, бақылау, ластану

Поступила 07.01.21

DOI 10.54668/2789-6323-2021-100-1-27-35

КІРІСПЕ

Мұнай өндірісі – Қазақстан экономикасын алға тартушы күші, оның дамуының басым бағыты бола отырып, өңірлердің әлеуметтік өркендеуіне айтарлықтай оң әсер ететін, қарқынды дамып тұрған жүйесі. Бұл сала – экономиканың басқа да қырларының дамуына ықпал етіп, әлеуметтік-экономикалық бағытты барынша нығайтуға негіз болғанымен, қоршаған орта үшін бақылау мен қадағалауды қажет ететін қауіптілік пен зияндылықтың генезисі. Биосфераның барлық қабаттарына, атап айтқанда, суға, топыраққа және ауаға теріс әсер ететін мұнай өнеркәсібі бүгінгі таңда табиғи-антропогендік

жүйедегі ластаушылардың ең ірісі болып отыр.

Мұнайды өндіру мен өңдеудің пайдасы мен зиянын қатар сезініп, табиғи экожүйедегі орын алған көріністері бұл сөзімізге дәлел болатын аймақтардың бірі Маңғыстау облысы болып табылады. Маңғыстау облысындағы мұнай-газ ресурстарының орасан зор қорлары экономиканың жетекші секторларының бірі – мұнай өндіру саласының дамуына ықпал етті. Өңірімізде көмірсутек байлықтарын белсенді игеру тек құрлыққа ғана емес, гидросфераға да антропогендік жүктемені күшейтті, өйткені Маңғыстау облысындағы мұнай өндіру кешендерінің көпшілігі Каспий теңізінің жағалау аймақтарында орналасқан. Жағалау аймағында мұнай-газ кешенінің

дамуы мен қызмет атқаруы теңіз суының ластануына себепші болатын факторлардың бірі бола отырып, Каспий маңы өңіріндегі экологиялық ахуалдың нашарлауына негіз болды, көптеген қауырт әлеуметтік-экономикалық жағдайды туындатты.

Техникалық прогресс пен қоғамның қарқынды дамуы жағалау аймағы мен теңіз қайраңының ресурстарын игеруді арттырады. Тиісінше, техногендік және табиғи апаттардың пайда болу қаупі де артады. Сондықтан, Каспий теңізі қайраңының қазақстандық секторы мен жағалау аймағы шегіндегі экожүйелердің экологиялық жай-күйін ескере отырып, экожүйелерді зерделеу ұлттық стратегиялардың қағидаттарының бірі болып табылды. Бұл ел Президентінің Қазақстан халқына Жолдауында [9] көрініс тапқан, онда тұрғындардың өмірі мен денсаулығын жақсартуға қол жеткізу үшін, сондай-ақ Қазақстан Республикасының экологиялық ортасын жақсарту үшін ұзақ мерзімді басым мақсаттар мен іске асыру стратегиялары белгіленді. Бұл, зерттеудің сөзсіз, ұлттық масштабтағы маңыздылығының басымдықтарының бірі ретінде көрсетеді.

А.Г. Қасымовтың [3], Г.Н. Паниннің [6], М.А. Салмановтың [7] және басқалардың еңбектерінде Каспийдің ластану көздері жан-жақты қарастырылып, талданған, алайда, жер асты суларының бұл жағымсыз процестердегі рөлі осы уақытқа дейін ауқымды түрде қарастырылмаған. Тек, Әзірбайжан аумағындағы Каспий жағалауы суларының ластануындағы жер асты суларының рөлі Н.М. Исмаиловтың [2] еңбектерінде сипатталған, Маңғыстау облысы шегіндегі Каспий теңізінің жағалауында осы типтес жүргізілген зерттеулер жоқ.

Отандық ғалымдардың жерасты суларының ластануына назар аудармауы, жағалау аймағы жағдайында мұндай көздердің екінші реттік болып саналуына байланысты болса керек. Жер асты сулары жер үсті ағындарымен, ағынды сулармен, төтенше өндірістік шығарындылармен және басқа да ластану ошақтарымен салыстырғанда төмен мәнге ие екендігі сөзсіз. Жер асты суларының ластануының экологиялық салдарын қатты соққы ретінде сезінбегендіктен, бұл мәселе бүгінгі таңда жете зерттеле қоймады. Дегенмен, экологиялық жағдайдың нашарлауына әкелетін әрбір себепті кешенді түрде қарастырған дұрыс болар еді.

Бұл жұмыста мұнай өндіру және қайта өңдеу кешендерінің сарқынды суларының Каспий теңізіне жер асты ағындары арқылы тигізетін

әсері қарастырылды. Жүргізіліп жатқан зерттеудің өзектілігі мұнай өндірістерінде шартты түрде тазартылып, тоғанға ағызылған суларының жер асты ағындары арқылы Каспий жағалауы суларына әсерінің нашар зерттелуіне байланысты. Осы жәйттар біздің зерттеулеріміз үшін негіз болды және мұнай өндірісінің сарқынды суларымен ластанған Каспий теңізі жағалауы (Маңғыстау облысы шегінде) суларының жерасты суларымен ластануы бойынша қолда бар әдеби материалдармен және зерттеу жүргізу кезінде меншікті жаңа деректердің материалын талдау болып табылады.

ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕСІ

Зерттеу нысаны ретінде Маңғыстау облысының Каспий теңізінің қазақстандық секторының жағалауы маңындағы мұнай-газ өндірістері аумағындағы (Қаражанбас, Қаламқас кен орындары, Ақтау қаласының шегінде битум өндіру зауыты) жерасты сулары және жағалау сулары таңдалды.

Жұмыста зерттеудің жалпы және арнайы әдістері қолданылады. Жалпы әдістерге синтетикалық талдау және әдеби деректерді жалпылау, тарихи-геологиялық және салыстырмалы географиялық талдау, геоэкологиялық бағалау жатады. Арнайы әдістерге жер асты суларының техногендік ластанудан қорғалуын бағалау жатады. Автор В.М. Голдберг ұсынған литологиялық құрамы мен қабаттасатын жыныстардың қуатына, сулы қабаттың тереңдігіне негізделген әдісті қолданды [5].

Жер асты суларынан су сынамаларын алу «Жер асты суларының мемлекеттік мониторингі жүйесіндегі жер асты суларының деңгейіне, қысымына, дебитіне, температурасы мен химиялық құрамына режимдік бақылауларды ұйымдастыру және жүргізу жөніндегі нұсқаулық» және ҚР СТ МЕМСТ Р 51592-2003 «Су. Сынамаларды іріктеуге қойылатын жалпы талаптар» сай жүргізілді. Сынама алғыштар ретінде МЕМСТ 17.1.5.04-81 («Табиғатты қорғау. Гидросфера. Іріктеуге арналған аспаптар мен құрылғылар») сай және жер асты суларының сынамаларын алуға арналған (ұңғымалық сынама алғыштар, қауға және т.б.) ыдыстар пайдаланылды. Жер асты суларының ластану процестерін көрсететін гидрохимиялық көрсеткіштерін бағалау үшін жерасты суларына зертханалық зерттеулер жүргізілді. «Алия и Ко» ЖШС аккредиттелген

сынақ зертханасында су сынақтарына химиялық талдау жасалды.

Жер үсті суларының сынақтарын алу кезінде МЕМСТ 17.1.5.0481 «Табиғатты қорғау. Гидросфера. Табиғи су сынақтарын алуға, алғашқы өңдеуге және сақтауға арналған құрылғылар мен құрылғылар», МЕМСТ 17.1.5.05-85 «Табиғатты қорғау. Гидросфера. Жер үсті және теңіз суларын, мұзды және атмосфералық жауын-шашынның сынақтарын алуға қойылатын жалпы талаптар» негізге алынды. Зертханалық талдауға арналған су сынақтары (химиялық) Паталас батометрінің көмегімен алынды. Құрылғы қолданар алдында тазартудан өткізілді. Батометр арнайы пластикалық ыдыста сақталды.

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ, ТАЛҚЫЛАУ ЖӘНЕ ҰСЫНЫСТАР

Мақалада баяндалған материалдарда 2018 ж IV тоқсаны мен 2019 жылдың II тоқсаны кезеңінде өндірістік экологиялық мониторинг

нәтижелері келтірілген [10...11].

Каспий теңізі – өте сезімтал экожүйе. Соңғы онжылдықтарда антропогендік және биохимиялық факторлардың әсерінен жалпы экожүйелердің жағдайы күрт нашарлады. Теңізді негізгі ластаушы – бұл мұнай және оның туындылары. Жер асты сулары жер бетіне түсетін барлық ластаушы элементтерді бойына сіңіріп, жинақтай алады. Зерттелетін аудандардың өзіне тән ерекшелігі – жер асты суларының Каспий теңізі суларымен гидравликалық байланысы болып табылады, осыған байланысты теңізге жер асты ағынымен ластаушы заттардың түсу ықтималдығы бар деген жорамал жасалды. Каспий теңізі жағалау аймағының жер үсті, жер асты суларының жай-күйін анықтау үшін мерзімді бақылау ұйымдастырылған. Ластаушы заттардың сулы қабаттар арқылы жылыстауын бағалау [1] үшін жер үсті суларының сапасы 1-ші кестеде көрсетілген алдын ала белгіленген координаттардан үлгілер алынып, талдау нәтижелері негізінде анықталынды.

1 кесте

Теңіз станцияларының координаттары және орналасу орны

№	Қаламқас кенорыны		Қаражанбас кенорыны		Ақтау қаласы маңы	
	N	E	N	E	N	E
1	45°25'16.9"	51°46'22.8"	45°11'07.7"	51°15'08.2"	43°36'92.3"	51°12'78.4"
2	45°25'6.1"	51°57'38.9"	45°08'04.6"	51°15'02.8"	43°37'25.2"	51°12'46.7"

Жер үсті суларының сынақтарын алу жер асты суларының сынақтарын алумен қатар жүргізілді. Жағалау аймағындағы теңіз суларын талдау нәтижелері 2-ші кестеде көрсетілген. Жер үсті суларының жай-күйін бақылау нәтижелері су айдындары үшін зиянды заттардың шекті жол берілетін шоғырлану нормативтерімен және фондық мәндермен салыстырылды. Судың иісі, дәмі гигиеналық нормативтен аспады және 0 балл шегінде болды. рН сутектік көрсеткіші жер үсті су көздері үшін белгіленген 6,5...8,5 нормативке сәйкес келді және 8,3 (8,23) шегінде болды.

Сынама алу кезеңінде теңіз суларының құрғақ қалдықтары орта есеппен 10538,73 (10519,02) құрады. Кестеде келтірілген құрғақ қалдықтың мәні теңіз суларына тән сипаттама.

Теңіз суындағы хлорид-иондардың құрамы да төмен, барлық сынама алынған нүктелерде белгіленген нормадан аспады.

Барлық сынақтар алынған нүктелерде сульфаттардың құрамы жыл мезгіліне байланысты өзгеріп отырды, бірақ белгіленген шектен ас-

пады. Сульфаттардың құрамы бойынша жоғары көрсеткіштер Қаламқас кен орнының аумағында көктемде 3100,0 мг/л байқалды, ең төмен көрсеткіштер Ақтау қаласы ауданында көктемде 1566,7 мг/л мөлшерімен тіркелді.

Норматив бойынша теңіз суында мұнай өнімдерінің белгіленген шегі 0,05 мг/л болып табылады, бірақ Каспий теңізінің тұйық су айдыны екендігін және экожүйесінің сезімталдылығын ескеріп, мұнай концентрациясының 0,01 мг/л мөлшерінің өзі де уытты болатындығын есте сақтағанымыз жөн. Сондықтан, теңізге енетін мұнай құрамды өнімдердің қандай да болмасын мөлшері бұл бірегей су қоймасына қауіп тудырады [4]. Сол себепті, Каспий теңізіне іргелес жатқан өндірістерде суды пайдалануды тастандысыз, айналымға қайта енгізуге арналған технологияларды пайдаланған абзал.

Зерттелетін кезең мерзімінде синтетикалық беттік-белсенді заттар (СББЗ) құрамы 0,002...0,078 мг/л шегінде ауытқыды және белгіленген деңгейінен әлдеқайда төмен болды.

Теңіз суларындағы ластаушы заттардың құрамы

№	Заттың атауы	НҚ бойынша нормасы	Қаламқас 1 нүкте	Қаламқас 2 нүкте	Қаражан бас 1 нүкте	Қаражан бас 2 нүкте	қ. Ақтау 1 нүкте	қ. Ақтау 2 нүкте
1	рН	6,5...8,5	8,11* (7,96)**	8,09* (7,90)**	8,21* (8,14)**	8,5* (8,4)**	8,49* (8,5)**	8,27* (8,31)*
2	Құрғақ қалдық, мг/л	–	14933,0* (15208,0)*	14966,0* (15123,0)	8052,3* (8151,9)	8063,2* (8075,5)	8655,1* (8230)**	8562,8* (8325,7)
3	Хлорид ион, мг/л	11900	8307,0 * (8050,0)**	8372,0* (7819,0)**	5512,1* (5496,3)	5421,2* (5318,6)	4695,8* (4892,4)	4852,2 (4985,3)
4	Сульфат ион, мг/л	3500	3100,0* (2796,0)**	2850,0* (3019,0)**	2103,0* (2083,3)	2169,5* (2203,3)	1566,7* (1655,6)	1755,3* (1652,8)
5	Мұнай өнімдері, мг/л	0,05	<0,005* (<0,005)*	<0,005* (<0,005)*	0,03* (0,02)**	0,06* (0,02)**	0,008* (0,007)*	0,006* (0,005)*
6	СББЗ, мг/л	0,5	0,078* (0,023)**	0,069* (0,035)**	0,0025* (0,002)*	0,0025* (0,002)*	–	–
7	ОХҚ, мг/л	30,0	8,15* (7,90)**	8,1* (7,45)**	29,2* (28,3)**	28,7 * (28,3)**	15,6* (13,2)**	18,2* (15,6)**
8	Аммонийлі азот, мг/л	2,9	<0,38* (<0,1)**	<0,38* (<0,1)**	0,72* (0,68)**	0,82* (0,75)**	0,79 * (0,109)*	0,26* (0,04)**
9	Жалпы темір, мг/л	0,005	0,004* (0,002)**	0,001* (0,002)**	0,032* (0,03)**	0,09* (0,02)**	–	–
10	Мыс, мг/л	0,005	–	–	0,003* (0,003)**	0,0009* (0,0085)*	0,003* (0,003)**	0,003* (0,003)**
11	Никель, мг/л	0,01	–	–	0,0053* (0,0060)*	0,0053* (0,0060)*	0,001* (0,001)**	<0,01* (0,01)**
12	Қорғасын мг/л	0,01	–	–	0,002* (0,002)**	0,003* (0,002)**	0,008* (0,001)**	–
13	Мырыш, мг/л	0,05	–	–	0,02* (0,010)**	0,011* (0,010)**	0,03* (0,021)**	0,02* (0,017)**
14	Кадмий, мг/л	0,01	–	–	–	–	–	–

Примечание: * 2019 ж. II тоқсанындағы зерттеу нәтижелері, ** 2018 ж IV тоқсанындағы зерттеу нәтижелері.

Оттегінің химиялық қажеттілігі (ОХҚ) судағы органикалық заттардың жалпы құрамын көрсетеді. Органикалық қосылыстар су объектілеріне, негізінен, ағынды сулармен, топырақ бетінен жаңбыр шайындыларымен және суда еріген микроорганизмдердің тіршілік әрекеті нәтижесінде енеді [12]. Бақылау жүргізілген кезеңде ОХҚ көлемі бойынша күзде төмендеу үрдісі байқалды. Бұл ретте барлық сынамалардағы ОХҚ

көрсеткіші белгіленген нормативтен тыс шықпады. Жалпы, ОХҚ көрсеткішінің мәні стандарттарға сәйкес келді және зерттеу кезеңінде рұқсат етілген концентрациядан аспады.

Суда сынама алудың барлық нүктелерінде аммоний азотының мөлшері шекті мәннен төмен болды.

Судың құрамынан ауыр металдардан темір, никель, кадмий, мыс, мырыш, қорғасынның

мөлшері анықталды. Қаражанбас аумағындағы темір рұқсат етілген шамадан 1,2 есе асып түсті. Сондай-ақ кадмийдің мәні сынамаларда анықталмады. Зерттеу кезеңіндегі судағы мыспен мырыштың, никель, қорғасын мөлшері белгіленген шектен аспады. Темірдің құрамының жоғары мөлшері жерасты суларының қалыптасуының аймақтық ерекшеліктеріне байланысты.

Бақылау жылына екі рет – көктемгі және күзгі кезендерде жүргізілді. Көктемгі кезең – жерасты сулары деңгейінің ең жоғары көтерілу кезеңі, бұл кезең ластанған беттер мен аэрация аймақтарынан ластаушы заттардың жылыстануына байланысты жерасты суларындағы ластаушы заттардың көп болуымен ерекшеленеді. Күзгі кезең – токсиканттардың жоғары концентрациясы бар жерасты сулары деңгейінің төмендеу кезеңі, әсіресе тегіс жағалық жазыққа тән жерасты суларының жылыстануымен сипатталады.

Төменгі гидрогеологиялық қабаттар мен деңгейлердің қысымды сулары жерасты суларының көкжиегінен аймақтық су бағанының қуатты қалыңдығымен бөлінеді және сыртқы әсерлерден сенімді қорғалған, сондықтан негізгі техногендік

әсерді ең аз қорғалған жер асты суларына ғана бағыттауға болады.

Жер асты суларының табиғи қорғалуы аэрация аймағының қуатымен және жер асты сулары деңгейінің тереңдігімен анықталады; сулы қабаттың жоғарғы жағында суға төзімді жыныстардың болуы, қалыңдығы және құрамы және олардың сүзілу қасиеттері; ластаушы компоненттердің көші-қон қабілеттерімен, техногендік ластану көздерінің болуы және қашықтығымен анықталады. Жер асты суларының таяз тереңдігі (10 м-ден аз) және төмен өткізгіштігі бар шөгінділердің қалыңдығы (1...2 м) қарастырылып отырған аумақтың жер асты суларын ықтимал ластанудан әлсіз қорғалған деп қорытындылайды [13]. Жер асты суларының химиялық құрамы бойынша мәліметтер гидрогеологиялық ұңғымалар негізінде алынды. Гидрогеологиялық ұңғымалардың мінездемелері 3-ші кестеде келтірілген. Зерттеу жұмыстары аумақты тексеруден, жер асты суларының деңгейі мен температурасына бақылау жүргізуден, судағы ластаушы компоненттердің құрамын зертханалық анықтаудан тұрды.

3 кесте

Бақылау желісінің гидрогеологиялық мониторингтік ұңғымаларының координаттары мен орналасқан жері

№ ұңғыма	Координаттары		Жер асты сулары деңгейінің белгісі	Температура	Ескертпе
	N	E	м	°C	
Қаламқас кенорыны					
36	45°23'15"	52°04'37"	-28,81	9,5	Мұнай кен орыны аумағы
51	45°19'25"	51°53'47"	-26,05	9,1	Тоған-жинақтағыш КТҚ
Қаражанбас кенорыны					
10	45°08'20"	51°25' 28"	-29,71	10,1	Мұнай кен орыны аумағы
56	45°10' 30"	51°18' 01"	-24,45	9,3	Тоған-жинақтағыш КТҚ
Битум зауытының буландырғыш тоған аумағы					
705к	43°37'51"	51°20'21"	-26,8	9,8	Буландырғыш тоған аумағы
706к	43°37'34"	51°20'15"	-24,4	9,2	Буландырғыш тоған аумағы

Зерттелетін объектілер бойынша жерасты нәтижелері төртінші кестеде келтірілген. су сынағаларының химиялық талдауларының

4 кесте

Бақылау ұңғымаларынан алынған жер асты суларын талдау нәтижелері

№	Ластаушы заттардың атауы	Қаламқас № 36 ұңғыма	Қаламқас № 51 ұңғыма	Битум зауыты № 705 ұңғыма	Битум зауыты № 706 ұңғыма	Қаражанбас № 10 ұңғыма	Қаражанбас № 56 ұңғыма
1	рН	7,62* (7,59)**	7,89* (7,59)**	6,88* (8,02)**	6,88* (8,11)**	7,46* (6,78)**	8,06* (8,07)**
2	Құрғақ қалдық, мг/л	142756,1* (141056,5)**	37650,1* (36225,6)**	19140* (26589,0)**	21360* (24870)**	102151,9* (15104,3)**	87123,4* (88679,5)**
3	Хлорид ион, мг/л	64750,0* (64834,0)**	17120,4* (16786,0)**	10971* (13002,0)*	13573* (12487,0)*	67360,5* (27833,4)**	45205,3* (45816,9)**
4	Сульфат ион, мг/л	27420,6* (27233,0)**	6524,6* (6625,1)**	3512,4* (1290,0)**	3572* (1240,0)**	66798,1* (60351,0)**	13986,2* (14778,4)**
5	Мұнай өнімдері, мг/л	0,060* (0,059)**	0,061* (0,052)**	0,01* (<0,005)*	0,01* (<0,005)*	0,05* (0,04)**	0,02* (0,02)**
6	СББЗ, мг/л	0,020* (0,025)**	0,019* (0,019)**	- * (0,12)**	- * (0,12)**	0,02* (0,03)**	0,01* (0,01)**
7	ОХҚ, мгО, л	2280,4* (2372,6)**	5512,8* (5482,2)**	400* (29,5)**	400* (27,8)**	680* (876,1)**	650* (860)**
8	Аммонийлі азот, мг/л	76,5* (69,84)	8,9* (8,68)**	5,52* (0,40)**	3,79* (0,30)**	0,56* (1,24)**	23,5* (26,4)**
9	Жалпы темір, мг/л	2,05* (2,05)**	1,36* (1,40)**	0,28* (0,036)**	0,046* (0,19)**	22,7* (29,74)**	0,46* (0,46)**

* 2019 ж. II тоқсанындағы зерттеу нәтижелері, ** 2018 ж IV тоқсанындағы зерттеу нәтижелері

Зерттеу жүргізілген аймақтың орналасқан жері ауыр металдар мен органикалық заттары көп жер асты сулары провинциясына жатады және хлоридті-сульфатты химиялық құрамымен ерекшеленеді. Сонымен қатар, жағалау аймағындағы жер асты суларының құрамында хлорид ионының концентрациясының көп болуы, теңіз суларының жер асты суларына еніп кетуімен де байланысты болуы мүмкін. Сондай-ақ, жер асты суларында ОХҚ мен темірдің жоғары мөлшері шөгінділердің пайда болуы ерекшеліктерін анықтайтын аймақтық геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларға байланысты [8].

Зерттеу жүргізілген аймақтағы гидросфераның анықталған жай-күйі ауданның табиғи ерекшеліктері немесе шаруашылық қызметтің қоршаған ортаға теріс әсерінің нәтижесі болуы

мүмкін. Химиялық элементтердің жоғары концентрациясының көздерін анықтау келесі жүргізілетін зерттеулерімізге арқау болмақ.

ҚОРЫТЫНДЫ

Сонымен, жер асты және жер үсті суларының жай-күйіне жүргізілген бақылаулардың нәтижелерін талдай отырып, жалпы алғанда, инфракұрылымның дамуын және мұнай өндіруші өнеркәсіптің ерекшеліктерін ескере отырып, зерттелген аймақтардың аумағы, жер асты суларының ластануы тұрғысынан қанағаттанарлық жағдайда екенін көрсетті.

Теңіз сулары үшін: рН көрсеткіші (8,3), құрғақ қалдық (10538,73), хлорид-иондары (6195), сульфат (2258) құрамдарының орташа мәндері нормативке сай болды. Сонымен қатар,

мұнай өнімдерінің нормативтен жоғары көрсеткіші 1,2 ШРК Қаражанбас кенорны маңайында көктем мезгілінде тіркелді. СББЗ құрамы 0,002...0,078 мг/л шегінде ауытқып, шектен аспады. ОХҚ көлемі де шектен аспады. Ауытқу шегі 7,45...29,2 мг/л аралығында болды. Барлық зерттелінген нүктелерде де аммоний азотының шегі (0,1...0,82 мг/л) шекті мәннен төмен болды. Жалпы темір бойынша нормадан ауытқу Қаражанбас кенорнында 2-ші нүктеде 0,09 мг/л мәнмен тіркелді. Сол нүктеде мыс концентрациясы 0,0085 мәнмен тіркеліп, 1,7 ШРК-ны құрады. Никельдің, қорғасынның мөлшері белгіленген нормативтен аспады. Мырыштың да көрсеткіші нормадан ауытқымады, ал кадмий мөлшері сынамаларда анықталмады.

Жер асты сулары үшін: зерттеу жүргізілген кезеңде химиялық талдаудың нәтижелері бойынша құрғақ қалдықтың орташа мәні 61892 мг/л құрады. Сульфат және хлорид мәндерінің жоғары көрсеткіштері жер асты суларының аймақтық ерекшеліктерімен түсіндіруге болады. Ал жер асты суларындағы мұнай өнімдерінің ең төменгі мәні 0,01 мг/л шамамен Битум зауыты маңайында тіркелсе, ең жоғарғы мәні 0,061 мг/л шамасымен Қаламқас кенорнындағы № 51 ұңғымада тіркелді. СББЗ көрсеткіші зерттеу аймағында 0,01...0,12 мг/л шамасында, ОХҚ 27,8...5512,8 мг/л аралығындағы мәндерді құрады. Аммоний азоты мәнінің ең төменгі мөлшері Битум зауыты маңайында күз мезгілінде 0,30 мг/л мәнмен тіркелсе, ең жоғарғы мөлшер 76,5 мг/л шамасымен Қаламқас кенорнында көрсеткішімен тіркелді. Темірдің ең жоғарғы көрсеткіші Қаражанбас кенорны маңайындағы № 10 ұңғымада тіркелді.

Дегенмен, өткізгіштіктің күрт анизотропиясы жағдайында олардың ластаушы компоненттері жай айналып өтетіндігін ескере отырып, бақылау ұңғымаларынан көп жағдайда нақты ақпараттан гөрі бұрмаланған мәлімет басым болатындығын да ескерусіз қалдырмаған жөн.

Су ресурстарына түсетін жағымсыз әсерді одан әрі төмендету үшін және су айдынының ластануын уақытылы анықтау және бақыланатын компоненттер күйіндегі техногендік өзгерістерді объективті бағалау үшін мұнай кен орнында жер асты және жер үсті суларына бақылауды жалғастыру қажет.

Жанды күйзеліске ұшырататын бұл мәселелер енді тек тыйым салу шараларының көмегімен шешілмейді, бірақ олар объективті түрде

қажет. Бізге жағалаулардағы барлық экономикалық қызметті шындап қайта құра отырып, басымдылықты қалдықсыз және аз қалдықты технологияларға бергеніміз абзал. Сонымен қатар, экологиялық заңнаманы қатаң сақтап, ойластырылған және ғылыми негізделген экономикалық саясатты жүргізуіміз қажет. Бұл шешімдер қаншалықты айқын, тіпті қарапайым болса да және олар қаншалықты көп қаражатты қажет етсе де, оларды орындау қажет болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Джаналиева Н.Ш., Кенжетеев Г.Ж., Сырлыбекқызы С. Экологический мониторинг морской части Каспийского моря в пределах территории города Актау // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2020. – Том. 62, № 1. – С. 67-75.
2. Исмаилов Н.М., Алиева С.Р. Потенциальная роль грунтовых вод в загрязнении прибрежных вод Каспийского моря органическими поллютантами // Аридные экосистемы. – 2019. – Том 25, № 3 (80). – С. 70-78.
3. Касымов А.Г. Экология Каспийского озера. – Баку, 1994. – 238 с.
4. Кенжетеев Г.Ж., Тайжанова Л.С., Джумашева К.А. Пути решения проблемы оценки засоленности прибрежной зоны Каспийского моря (на примере нефтепромысла Каражанбас). // Материалы международной научно-практической конференции «I международные Есеновские чтения». – Актау: КГТИУ им. Ш. Есенова, 2018. – С. 158-162.
5. Красноперова С.А. К проблеме гидрогеологической защищенности подземной гидросферы от нефтяного загрязнения // Управление техносферой: электрон. журнал. – 2018. – Т.1. Вып. 2. – С. 185-193.
6. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. – М.: Наука, 2005. – 354 с.
7. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. – Баку, 1999. – 398 с.
8. Тайжанова Л.С., Койбакова С.Е. Химизм подземных вод в районе сброса сточных вод битумного завода. // Материалы VIII международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран». – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2019. – С. 58-61.

9. [Электронный ресурс]: https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-28-fevralya-2007-g
10. [Электронный ресурс]: <http://prtr.ecogofond.kz/2019/12/10/ao-mangistaumunajgaz/>
11. [Электронный ресурс]: <http://prtr.ecogofond.kz/2019/12/10/ao-karazhanbasmunaj/>
12. *Kenzhetayev G.Zh., Syrlybekkyzy S., Taizhanova L.S.* Wastewater evaporator pond assessment of «Caspi bitum» LLP // Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2020. – Vol.6, № 334. – P. 88-95.
13. *Syrlybekkyzy S., Kenzhetayev G.Z., Togasheva A.R., Tayzhanova L.S.* 17-Year Periods of Rising and Falling Water Levels in the Kazakhstan Section of the Caspian Sea // European Researcher. – 2014. – Vol. (69). – № 2-2. – P. 401-412.
14. *chteniya».* – Aktau: KGTIU im. Sh. Esenova. – 2018. – S. 158-162.
15. *Krasnoperova S.A.* K probleme gidrogeologicheskoi zashchishchennosti podzemnoi gidrosfery ot neftyanogo zagryazneniya // Upravlenie tekhnosferoi: elektron. zhurnal. – 2018. – T.1. Vyp. 2. – S. 185 – 193.
16. *Panin G.N., Mamedov R.M., Mitrofanov I.V.* Sovremennoe sostoyanie Kaspiiskogo morya. – M.: Nauka, 2005. – 354 s.
17. *Salmanov M.A.* Ekologiya i biologicheskaya produktivnost' Kaspiiskogo morya. – Baku, 1999. – 398 s.
18. *Taizhanova L.S., Koibakova S.E.* Khimizm podzemnykh vod v raione sbrosa stochnykh vod bitumnogo zavoda. Materialy VIII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii «Problemy ustoichivogo razvitiya regionov Respubliki Belarus' i sopredel'nykh stran». – Mogilev: MGU imeni A.A. Kuleshova. – 2019. – S. 58-61.
19. [Elektronnyi resurs]: https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-28-fevralya-2007-g
20. [Elektronnyi resurs]: <http://prtr.ecogofond.kz/2019/12/10/ao-mangistaumunajgaz/>
21. [Elektronnyi resurs]: <http://prtr.ecogofond.kz/2019/12/10/ao-karazhanbasmunaj/>
22. *Kenzhetayev G.Zh., Syrlybekkyzy S., Taizhanova L.S.* Wastewater evaporator pond assessment of «Caspi bitum» LLP // Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2020. – Vol.6, № 334. – P. 88 – 95.
23. *Syrlybekkyzy S., Kenzhetayev G.Z., Togasheva A.R., Tayzhanova L.S.* 17-Year Periods of Rising and Falling Water Levels in the Kazakhstan Section of the Caspian Sea // European Researcher. – 2014. – Vol. (69). – № 2-2. – P. 401-412.

REFERENCES

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИБРЕЖНЫЕ ВОДЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Л.С. Тайжанова¹, Г.Ж. Кенжетаев¹ д.т.н.

¹НАО «Университет Есенова», Актау, Казакстан
E-mail: taizhanova@mail.ru, gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

В статье рассмотрено влияние нефтесодержащих сточных вод, образующихся от промышленных предприятий, расположенных на побережье Каспийского моря, через подземные стоки на прибрежные воды Каспийского моря в пределах Мангистауской области, приведены содержания контролируемых загрязняющих веществ в исследуемых пробах. Для определения динамики изменения уровня вредных веществ в подземных и поверхностных водах были выбраны 3 производства, занимающиеся добычей и переработкой нефти, расположенных на разных расстояниях от моря. Два из них расположены на берегу моря, один объект находится в 8 км от Каспийского моря. В 3 исследуемых объектах сточные воды, прошедшие очистку, сбрасываются в водоем. Работа заключалась в изучении территории производства, контроле уровня, температуры подземных и поверхностных вод и проведении лабораторного анализа содержания загрязняющих компонентов в воде с использованием данных морских станций и гидрогеологических наблюдательных скважин, расположенных в зоне исследования. Для морских вод в окрестностях месторождения Каражанбас наблюдались отклонения от ПДК по содержанию нефтепродуктов и железа, колебание от нормы некоторых веществ в подземных водах объясняются тем, что подземные воды региона по зоне расположения относятся к провинции подземных вод с большим скоплением тяжелых металлов и органических веществ и отличаются хлоридно-сульфатным химическим составом.

Ключевые слова: сточные воды, Каспийское море, подземные воды, контроль, загрязнение

INFLUENCE OF OIL-CONTAINING INDUSTRIAL WASTEWATER ON THE COASTAL WATERS OF THE CASPIAN SEA

L.S. Taizhanova¹, G.Zh. Kenzhetayev¹ doctor of technical sciences

¹Non-public Joint-Stock Company «Yesenov University», Aktau, Kazakhstan

E-mail: taizhanova@mail.ru, gusman.kenzhetayev@yu.edu.kz

The article considers the influence of oil-containing wastewater generated from industrial enterprises located on the coast of the Caspian Sea, through underground drains on the groundwater and sea water of the Caspian Sea coast within the Mangistau region, the content of controlled pollutants in the studied samples is given. To determine the dynamics of changes in the level of harmful substances in underground and surface waters, 3 production facilities engaged in oil production and processing, located at different distances from the sea, were selected. Two of them are located on the seashore, one object is located 8 km from the Caspian Sea. In 3 studied objects, wastewater that has been treated is discharged into the reservoir. The work consisted in studying the production area, monitoring the level and temperature of underground and surface waters and conducting laboratory analysis of the content of polluting components in the water using marine stations and hydrogeological observation wells located in the study area. For marine waters in the vicinity of the Karazhanbas field was observed deviations from the concentrations of oil content and iron, the oscillation of the norm of certain substances in groundwater due to the fact that the underground water of the region in the area belong to the province of underground water with high concentration of heavy metals and organic substances and are of chloride-sulfate chemical composition.

Keywords: wastewater, Caspian Sea, groundwater, control, pollution

УДК 528.88

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

А.А. Волчек¹ д.г.н., Д.О. Петров¹ к.т.н.

¹Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

E-mail: polegdo@gmail.com

Представлен обзор современных средств глобального мониторинга влажности почвы средствами дистанционного зондирования поверхности Земли. Рассмотрены характерные особенности применения орбитальных радиометров и радаров С, Х и L диапазонов для оценки объемной влажности почвы на глубине до 5 см и прикорневом слое растительности. Произведен обзор возможностей спутниковой гравиметрии для оценки толщины слоя грунтовых вод. Предложен ряд источников для оперативного получения оценочных данных содержания воды в почве от средств дистанционного микроволнового сканирования поверхности Земли и орбитальных гравиметрических комплексов. На основе анализа научных работ показана сложность мониторинга уровня пожарной опасности в лесных массивах и продемонстрирована перспективность оценки влажности почвы в сельскохозяйственных регионах при использовании орбитальных инструментов микроволнового диапазона, а также описана адекватность вычисления содержания влаги в грунте на глубине до одного метра средствами спутниковой гравиметрии.

Ключевые слова: влажность почвы, спутник, SMAP, SMOS, GRACE, GRACE-FO

Поступила 13.01.21

DOI 10.54668/2789-6323-2021-100-1-36-41

ВВЕДЕНИЕ

Влажность почвы представляет собой важный параметр, влияющий на протекание процессов в гидрологических, климатических и экобиологических системах, учет и картографирование которого позволяет выполнять прогнозирование засух и наводнений, расчет урожайности сельскохозяйственных культур и уровня пожарной опасности. Недостатком традиционных прямых способов измерения содержания воды в почвенном слое, несмотря на высокую точность получаемых величин, является неравномерность и недостаточная густота сети измерительных станций. С другой стороны, дистанционные спутниковые методы оценки влажности почвы обеспечивают охват практически всей поверхности земного шара, но в большинстве случаев обладают низким латеральным разрешением

(~40 км). Несмотря на указанный недостаток, использование спутникового дистанционного зондирования позволяет обеспечивать мониторинг влагосодержания почв на территориях, которые не охвачены наземными наблюдательными постами.

Предлагаемая работа посвящена обзору современных средств спутникового мониторинга влажности почвы, источников получения измеренных величин и возможностей их практического использования.

Средства спутникового мониторинга влажности почвы. Исторически одним из основных инструментов дистанционной спутниковой оценки влажности почвы являются микроволновые радиометры С и Х диапазонов (от 3,4 до 8 ГГц и от 8 до 12 ГГц, соответственно) основным недостатком которых являются неудовлетворительная точность измерений при

наличии на исследуемой поверхности даже небольшого слоя растительности – на современном этапе развития средств наблюдения использование L-диапазона частот (от 1 до 2 ГГц) позволяет до определенной степени снизить влияние наземной растительности на достоверность производимых измерений [8]. На рисунке 1 при-

ведены названия спутников и установленных на их борту радиометрических инструментов с периодом их эксплуатации, изображенным в виде горизонтальной полосы, разбитых на 2 группы: верхняя группа соответствует средствам пассивного микроволнового наблюдения, а нижняя – активным.

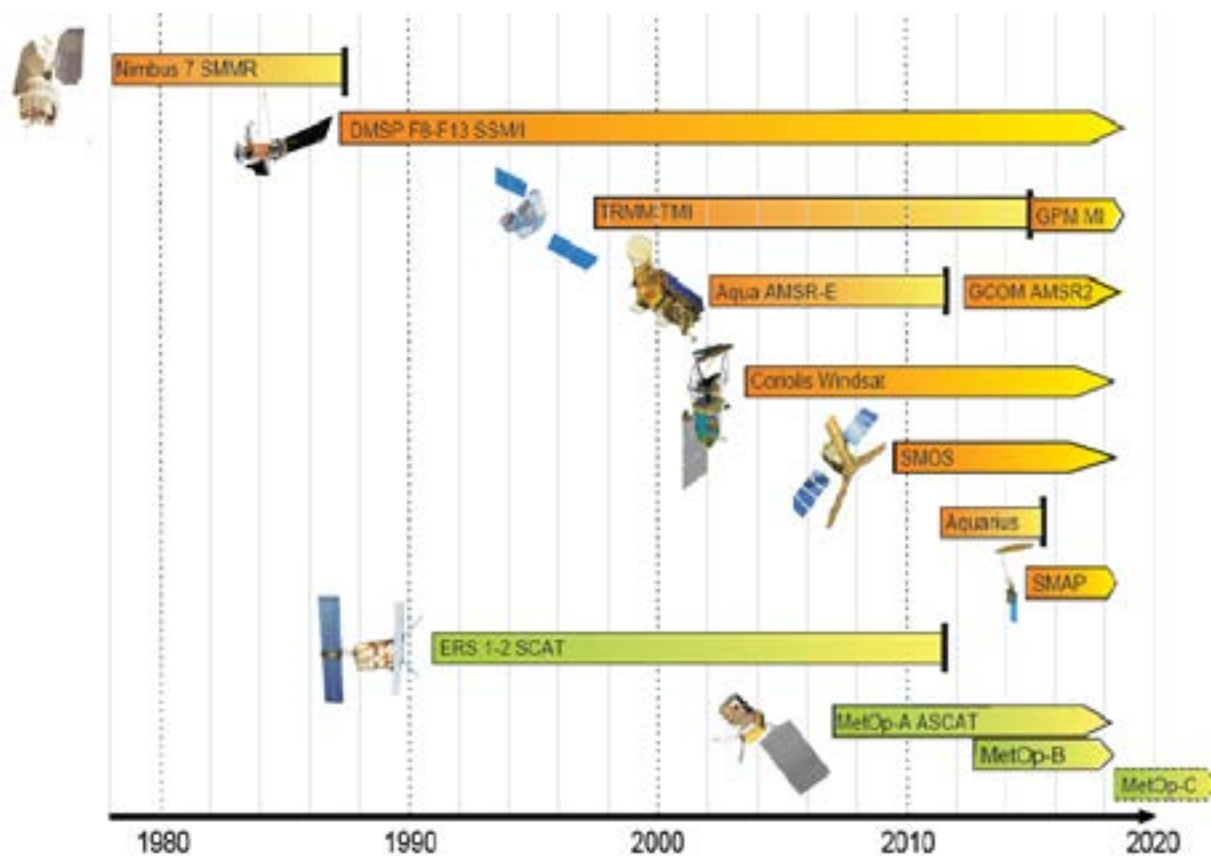


Рис.1. Средства дистанционного спутникового мониторинга влажности почвы [5, 8].

Среди приведенных выше инструментов дистанционного мониторинга необходимо выделить спутник SMAP, запущенный NASA 31 января 2015 г. – на его борту установлены радиометр и радар L-диапазона взаимно дополняющие друг друга [8]. Использование радара совместно с радиометром позволяет повысить горизонтальное разрешение наблюдений до 3 км и обнаруживать процессы замерзания/оттаивания воды, содержащейся в почве. К сожалению, радар SMAP вышел из строя 7 июля 2015 г. и для исправления сложившегося положения было принято решение использовать радар С-диапазона спутников Sentinel-1A/Sentinel-1B Европейского космического агентства (ESA) при совпадениях траекторий их пролетов со

спутником SMAP [9]. Среди иных зарубежных микроволновых орбитальных измерительных комплексов пригодных для оценки влажности почвы следует также отметить российский спутник «Метеор-М» № 2 оборудованный радиометром МТВЗА-ГЯ [1].

В настоящее время вызывает интерес применение высокоточных измерений вариаций во времени гравитационного поля Земли при помощи орбитальных комплексов GRACE и GRACE-FO для расчета распределения поверхностных и грунтовых вод с разрешением 1° по широте и долготе [2].

Источники получения данных мониторинга влажности почвы средствами спутникового дистанционного зондирования. Евро-

пейское космическое агентство в рамках проекта «Climate change initiative» предоставляет открытый доступ к сводному архиву данных мониторинга влажности почвы различными средствами спутникового наблюдения, использующих инструменты микроволнового диапазона, за период времени 40 лет начиная с 01.11.1978 и заканчивая 31.12.2018 г. с ежедневной детализацией и разрешением $0,25^\circ$ по широте и долготе [5]. Информация предоставляется после бесплатной регистрации на веб-странице, расположенной по адресу <http://www.esa-soilmoisture-cci.org>. Доступные величины объемной влажности почвы ($\text{м}^3/\text{м}^3$) представлены следующим образом: объединение измерений радиометров SMMR, SMM/I, TMI, AMSR-E, AMSR2 и SMOS за период времени с 01.11.1978 и заканчивая 31.12.2018 составляют группу «PASSIVE»; объединение измерений радаров AMI-WS и ASCAT за период времени начиная с 05.08.1991 и заканчивая 31.12.2018 г. составляют группу «ACTIVE» – влажность почвы выражена в процентах; объединение измерений всех типов инструментов микроволнового диапазона за период времени с 01.11.1978 г. и заканчивая 31.12.2018 г. составляют группу значений объемной влажности почвы «COMBINED».

Актуальные данные оценок радиометром MIRAS (спутник SMOS Европейского космического агентства) объемного содержания воды в поверхностном слое грунта (Level 2 Soil Moisture) доступны начиная с 01.06.2010 г. через службу SMOS Online Dissemination Service (<https://smos-diss.eo.esa.int/oads/access>). Спутник находится на полярной орбите и совершает 58 витков вокруг Земли в сутки – повторный пролет над одной и той же областью земной поверхности происходит максимум через трое суток, горизонтальное разрешение предоставляемых величин объемной влажности почвы ($\text{м}^3/\text{м}^3$) составляет 43 км [6]. Интерес представляют оценочные расчеты влажности почвы, выполняемые при помощи обработки искусственной нейронной сетью принятых радиометром результатов микроволнового сканирования и доступные через 4 часа после каждой половины орбитального витка спутника между полюсами Земли.

Расчетные величины объемной влажности почвы ($\text{см}^3/\text{см}^3$), получаемые после обработки данных от спутника SMAP, доступны начиная с 01.04.2015 г. сайте National Snow and Ice

Data Center (<https://nsidc.org>). Оценки влажности представлены с разрешением 3 км, 9 км и 36 км тремя группами продуктов: Level 2 Soil Moisture – данные после каждой половины витка спутника по полярной орбите с частотой обновления каждые 24 часа; Level 3 Soil Moisture – охват всей земной поверхности с периодом обновления составляющим 50 часов; Level 4 Soil Moisture – значения влажности почвы в прикорневой зоне растений для всей земной поверхности с обновлением каждые 7 дней.

Ежемесячные оценки толщины слоя грунтовых вод для всей земной поверхности с разрешением 1° по широте и долготе (коллекция данных JPL TELLUS GRACE-FO Level-3 Monthly Land Water-Equivalent-Thickness Surface-Mass Anomaly Release 6.0), получаемые измерениями вариаций во времени гравитационного поля Земли при помощи орбитального комплекса GRACE-FO возможно получить начиная с 22/05/2018 сайте NASA Jet Propulsion Laboratory Physical Oceanography Distributed Active Archive (<https://podaac.jpl.nasa.gov>) [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование данных мониторинга влажности почвы средствами спутникового дистанционного зондирования для решения научных и практических задач вызывает несомненный интерес. Одним из очевидных применений данных о влажности является оценка уровня пожарной опасности для обширных площадей земной поверхности, охваченных редкой сетью метеорологических станций. В работе [3] авторами показывается, что измерения влажности почвы радиометром MIRAS, установленным на борту спутника SMOS (ESA), непригодны для описания динамики уровня пожарной опасности в лесных массивах, но с другой стороны результаты корреляционного анализа показывают вполне удовлетворительные результаты для безлесных площадей Красноярского края Российской Федерации (коэффициенты корреляции находятся в пределах от $-0,45$ до $-0,7$). Более обнадеживающие результаты средства микроволнового сканирования показывают при оценке влажности почв в сельскохозяйственных регионах Канады [7] – среднеквадратичная ошибка измерений при сопоставлении с наземными данными составила менее $0,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Учитывая высокую

погрешность измерений влажности почвы для земной поверхности покрытой густой растительностью, оценки содержания воды в почве по данным гравиметрических измерений, проводимых группой спутников GRACE, показывают высокие значения коэффициента корреляции Пирсона равные 0,56 для влажности почвы на глубине от 0,5 м до 1 м на тестовых участках Северного Казахстана [2].

Результаты практического применения данных мониторинга влажности почвы средствами спутникового дистанционного зондирования показывают сильные и слабые стороны различных используемых инструментальных средств – микроволновые радиометры и радары L-диапазона позволяют проводить адекватную оценку влажности почвы на глубине до 5 см с высоким разрешением по широте и долготе обеспечивая периодичность измерений составляющую 3 дня; гравиметрические орбитальные комплексы показывают увеличение точности вычисления содержания воды с повышением глубины, но при этом разрешающая способность по широте и долготе значительно понижается а промежуток времени между последовательными измерениями увеличивается до одного месяца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Музалевский К.В., Ружичка З., Савин И.В., Захватов М.Г., Гончаров В.В., Сариев А.Х., Каравайский А.Ю. Первое применение отечественного спутника «Метеор-М» № 2 для дистанционного зондирования влажности и температуры тундровой почвы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 7. – С. 100-118.
2. Киселёв А.В., Муратова Н.Р., Горный В.И., Тронин А.А. Связь запасов продуктивной влаги в почве с полем силы тяжести Земли (по данным съёмок спутниками GRACE) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 6. – С. 7-16.
3. Швецов Е.Г., Ружичка З., Миронов В.Л. Исследование применимости данных спутника SMOS для оценки уровня пожарной опасности на территории Красноярского края // Вестник СибГАУ. – 2013. – № 2(48). – С. 110-115.
4. Cooley S.S., Landerer F. W. GRACE L-3 Product User Handbook // NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. – 2019. – [Электронный ресурс] URL: https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/files/allData/gracefo/docs/GRACE-FO_L3_Handbook_JPL-D-103133_20190327.pdf (дата обращения: 15.11.2019).
5. Kidd R., Haas E. Soil Moisture ECV Product User Guide (PUG). Revision 3. D3.3.1. Version 4.5 // Earth Observation Data Centre for Water Resources Monitoring (EODC) GmbH. – 2019. – [Электронный ресурс] URL: https://www.esa-soilmoisture-cci.org/sites/default/files/documents/public/Deliverables%20-%20CCI%20SM%20/CCI2_Soil_Moisture_D3.3.1_Product_Users_Guide_v4.5.pdf (дата обращения: 15.11.2019).
6. Kerr Y.H., Al-Yaari A., Rodriguez-Fernandez N., Parrens M., Molero B., Leroux D., Bircher S., Mahmoodi A., Mialon A., Richaume P., Delwart S., Al-Bitar A., Pellarin T., Bindlish R., Jackson T.J., Rüdiger C., Waldteufel P., Mecklenburg S., Wigneron J.-P. Overview of SMOS performance in terms of global soil moisture monitoring after six years in operation // Remote Sensing of Environment. – 2016. – № 180. – P. 40-63.
7. Champagne C., Rowlandson T., Berg A., Burns T., L'Heureux J., Tetlock E., Adams J.R., McNairn H., Toth B., Itenfisu D. Satellite surface soil moisture from SMOS and Aquarius: Assessment for applications in agricultural landscapes // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2016. – № 45. – P. 143-154.
8. Entekhabi D., Yueh S., O'Neill P.E., Kellogg K.H., Allen A., Bindlish R., Brown M., Chan S., Colliander A., Crow W.T., Das N., Dunbar R.S., Edelstein W.N., Entin J.K., Goodman S.D., Jackson T.J., Jai B., Johnson J., Kim E., Kim S., Kimball J., Koster R.D., Leon A., McDonald K.C., Moghaddam M., Mohammed P., Moran S., Njoku E.G., Piepmeier J.R., Reichle R., Rogez F., Shi J.C., Spencer M.W., Thurman S.W., Tsang L., Van Zyl J., Weiss B., West R. SMAP Handbook. Soil Moisture Active Passive. Mapping Soil Moisture and Freeze/Thaw from Space [Электронный ресурс] // National Aeronautics and Space Administration. – 2014. – URL: https://smap.jpl.nasa.gov/system/internal_resources/details/original/178_SMAP_Handbook_FINAL_1_JULY_2014_Web.pdf (дата обращения: 15.11.2019).
9. Das N.N., Entekhabi D., Dunbar R.S., Chaubell M.J., Colliander A., Yueh S., Jagdhuber T., Chen F., Crow W., O'Neill P.E., Walker J.P., Berg A., Bosch D.D., Caldwell T., Cosh M.H.,

Collins C.H., Lopez-Baeza E., Thibeault M. The SMAP and Copernicus Sentinel 1A/B microwave active-passive high resolution surface soil moisture product // *Remote Sensing of Environment*. – 2019. – №. 233. – 111380.

REFERENCE

1. *Muzalevskii K.V., Ruzhichka Z., Savin I.V., Zakhvatov M.G., Goncharov V.V., Sariev A., Karavaiskii A.Yu.* Pervoe primeneniye otechestvennogo sputnika «Meteor-M» № 2 dlya distantsionnogo zondirovaniya vlazhnosti i temperatury tundrovoi pochvy // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. – 2017. – T. 14, № 7. – S. 100-118.

2. *Kiselev A.V., Muratova N.R., Gornyi V.I., Tronin A.A.* Svyaz' zapasov produktivnoi vlagi v pochve s polem sily tyazhesti Zemli (po dannym s»emok sputnikami GRACE) // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. – 2015. – T. 12, № 6. – S. 7-16.

3. *Shvetsov E.G., Ruzhichka Z., Mironov V.L.* Issledovanie primenimosti dannykh sputnika SMOS dlya otsenki urovnya pozharnoi opasnosti na territorii Krasnoyarskogo kraya // *Vestnik SibGAU*. – 2013. – № 2(48). – S. 110-115.

4. *Cooley S.S., Landerer F.W.* GRACE L-3 Product User Handbook // *NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology*. – 2019. – [Elektronnyi resurs] URL: https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/files/allData/gracefo/docs/GRACE-FO_L3_Handbook_JPL-D-103133_20190327.pdf (data obrashcheniya: 15.11.2019).

5. *Kidd R., Haas E.* Soil Moisture ECV Product User Guide (PUG). Revision 3. D3.3.1. Version 4.5 // *Earth Observation Data Centre for Water Resources Monitoring (EODC) GmbH*. – 2019. – [Elektronnyi resurs] URL: https://www.esa-soilmoisture-cci.org/sites/default/files/documents/public/Deliverables%20-%20CCI%20SM%20/CCI2_Soil_Moisture_D3.3.1_Product_Users_Guide_v4.5.pdf (data obrashcheniya: 15.11.2019).

6. *Kerr Y.H., Al-Yaari A., Rodriguez-Fernandez N., Parrens M., Molero B., Leroux D., Bircher S., Mahmoodi A., Mialon A., Richaume P., Delwart S., Al-Bitar A., Pellarin T., Bindlish R., Jackson T.J., Rüdiger C., Waldteufel P., Mecklenburg S., Wigneron J.-P.* Overview of SMOS performance in terms of global soil moisture monitoring after six years in operation // *Remote Sensing of Environment*. – 2016. – № 180. – P. 40-63.

7. *Champagne C., Rowlandson T., Berg A., Burns T., L'Heureux J., Tetlock E., Adams J.R., McNairn H., Toth B., Itenfisu D.* Satellite surface soil moisture from SMOS and Aquarius: Assessment for applications in agricultural landscapes // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2016. – № 45. – P. 143-154.

8. *Entekhabi D., Yueh S., O'Neill P.E., Kellogg K.H., Allen A., Bindlish R., Brown M., Chan S., Colliander A., Crow W.T., Das N., Dunbar R.S., Edelstein W.N., Entin J.K., Goodman S.D., Jackson T.J., Jai B., Johnson J., Kim E., Kim S., Kimball J., Koster R.D., Leon A., McDonald K.C., Moghaddam M., Mohammed P., Moran S., Njoku E.G., Piepmeier J.R., Reichle R., Rogez F., Shi J.C., Spencer M.W., Thurman S.W., Tsang L., Van Zyl J., Weiss B., West R.* SMAP Handbook. Soil Moisture Active Passive. Mapping Soil Moisture and Freeze/Thaw from Space [Elektronnyi resurs] // *National Aeronautics and Space Administration*. – 2014. – URL: https://smap.jpl.nasa.gov/system/internal_resources/details/original/178_SMAP_Handbook_FINAL_1_JULY_2014_Web.pdf (data obrashcheniya: 15.11.2019).

9. *Das N.N., Entekhabi D., Dunbar R.S., Chaubell M.J., Colliander A., Yueh S., Jagdhuber T., Chen F., Crow W., O'Neill P.E., Walker J.P., Berg A., Bosch D.D., Caldwell T., Cosh M.H., Collins C.H., Lopez-Baeza E., Thibeault M.* The SMAP and Copernicus Sentinel 1A/B microwave active-passive high resolution surface soil moisture product // *Remote Sensing of Environment*. – 2019. – №. 233. – 111380.

ЖЕР БЕТІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫМЕН ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ЖАҒАНДЫҚ МОНИТОРИНГІ ДЕРЕКТЕРІНІҢ КӨЗДЕРІ

А.А. Волчек¹ геогр. ғылымд. докторы, **Д.О. Петров**¹ техн. ғылымд. кандидаты

¹*Брест мемлекеттік техникалық университеті, Брест, Беларусь Республикасы*
E-mail: polegdo@gmail.com

Жер бетін қашықтықтан зондылау құралдарымен топырақ ылғалдылығының жаһандық мониторингінің заманауи құралдарына шолу жасалды. 5 см тереңдікте және өсімдіктердің тамыр қабатында топырақтың көлемді ылғалдылығын бағалау үшін орбитальды радиометрлер мен С, Х және L диапазондарындағы радарларды қолданудың сипаттамалық ерекшеліктері қарастырылады. Жер асты сулары қабатының қалыңдығын бағалау үшін спутниктік гравиметрияның мүмкіндіктеріне шолу жасалды. Жер бетін қашықтықтан микротолқынды сканерлеу құралдарынан және орбиталық гравиметриялық кешендерден топырақтағы су құрамының бағалау деректерін жедел алу үшін бірқатар дереккөздер ұсынылды. Ғылыми жұмыстарды талдау негізінде орман алқаптарындағы өрт қауіптілігі деңгейін мониторингтеудің күрделілігі көрсетілді және микротолқынды диапазондағы орбиталық құралдарды пайдалану кезінде ауыл шаруашылығы өңірлеріндегі топырақ ылғалдылығын бағалаудың дамыту келешегі көрсетілді, сондай-ақ спутниктік гравиметрия құралдарымен бір метрге дейінгі тереңдікте топырақтағы ылғал құрамын есептеудің адекваттығы сипатталды.

Түйін сөздер: топырақ ылғалдылығы, жер серігі, SMAP, SMOS, GRACE, GRACE-FO

SOURCES OF GLOBAL SCALE SOIL MOISTURE MONITORING DATA BY SATELLITE BASED REMOTE SENSING OF EARTH'S SURFACE

A.A. Volchek¹ doctor of geographical Sciences, **D.O. Petrov**¹ candidate of technical sciences

¹*Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus*
E-mail: polegdo@gmail.com

A review of modern tools of global monitoring of soil moisture by means of remote sensing of the Earth's surface is presented. The characteristic features of the use of orbital radiometers and radars of C, X and L microwave bands for estimating the volumetric soil moisture at a depth of 5 cm and the root layer of vegetation are considered. A review of the capabilities of satellite gravimetry to assess the land water equivalent thickness is made. A number of sources have been proposed for obtaining estimates of soil water content from satellite based radiometric devices and orbital gravimetric systems. Based on the analysis of scientific research papers, the complexity of monitoring the level of fire danger indices in forests is shown, and the prospects of assessing soil moisture in agricultural regions using microwave orbital instruments are demonstrated, and the adequacy of calculating the moisture content in soil at a depth of up to one meter using satellite gravimetry is described.

Key words: soil moisture, satellite, SMAP, SMOS, GRACE, GRACE-FO

RUSLE ФОРМУЛАСЫ БОЙЫНША ҰЛЫСАЙ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ШАЙЫЛУЫН АНЫҚТАУ

Н.Е Рамазанова¹ PhD, Ч.Ж Аvezханов¹

*¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан
E-mail: nurgulram@gmail.com, chingiz1306@gmail.com*

Топырақ шайылу процесі жер ресурстарына, сондай-ақ экономикаға елеулі кері әсерін тигізетін процестердің бірі болғандықтан, қазіргі кезде эрозияның басым түрлерін анықтау, топырақ эрозиясы процесін есептеу, рационалдандыру және оның алдын-алу шараларын ұйымдастыру өте өзекті мәселе. Топырақ эрозиясы көбінесе ұсақ түйіршікті топырақтарда, ылғалдылығы жоғары және қатты желдер болатын территорияларда байқалады, қатты эрозия кезінде топырақтың құнарлылығы төмендеп, сәйкесінше ауылшаруашылық өнімдерінің сапасы нашарлайды. Бүгінгі таңда топырақтың шайылуына әсер ететін негізгі факторларды анықтау RUSLE формуласы бойынша есептеу тиімді. Бұл мақалада Батыс Қазақстан облысы, Бөрлі ауданында орналасқан Ұлысай өзені алабы қарастырылған. Зерттеудің қорытындысы бойынша топырақ шайылу коэффициенті жайылымдық жерлер үшін жылына 0,007...0,09 т/га болса. Егістік жерлерде А коэффициентінің мәні яғни топырақ эрозиясы жылына 0,2...0,83 т/га тең болды.

Түйін сөздер: эрозия үрдісі, өзен алабы, геоакпараттық жүйелер, DEM сандық үлгісі, топырақ жамылғысы, ауыл шаруашылық жерлер

Поступила 04.02.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-42-49

КІРІСПЕ

Топырақ эрозиясы – бұл топырақтың жоғарғы, құнарлы қабатының жойылуы, (жел немесе су ағындары арқылы) үдерісі. Эрозия, табиғи және жеделдетілген (антропогендік) болып бөлінеді. Топырақтың табиғи эрозиясы 2...7 мыңжылдық аралығында жүреді. Антропогендік эрозия кезінде топырақтың құнарлы қабаты 10...30 жылда бұзылуы мүмкін. Топырақ шайылудың бұл түрі адамның иррационалды шаруашылық әрекетінің салдары. Эрозияның күшею себептерінің қатарына топырақтың дұрыс өңделмеуі және суарылуы, оның шамадан тыс тыңайтылуы, ормандардың азаюы, малды бақылаусыз жаю, батпақты жерлерді құрғату жатады. Топырақтың су эрозиясы-топырақтың су ағындарымен жойылуы және жуылуы. Мұндай эрозия қоршаған ортаға орасан зор зиян келтіреді: ағынды су шатқалдар мен

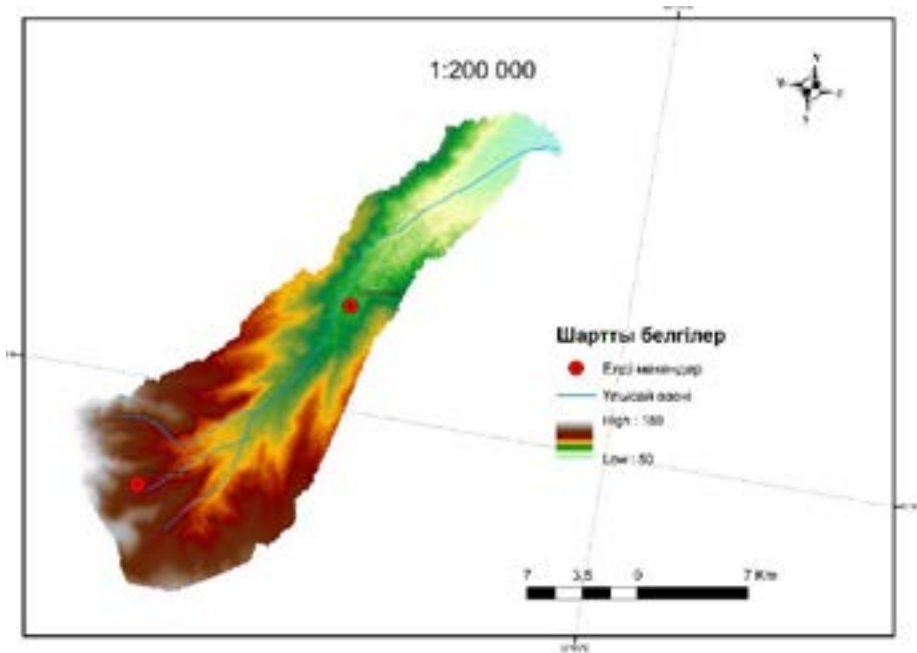
сайларды түзеді, топырақтан органикалық және минералды заттарды шайып алады, өз кезегінде бұл топырақ құнарлығының жоғалуына әкеледі. Топырақтың жел эрозиясы (дефляция) – бұл ең кішкентай топырақ бөлшектері үрленіп, желмен тасымалданатын процесс. Шаңды дауылдар су объектілерін, атмосфераны ластайды, адам денсаулығына теріс әсер етеді. Қазіргі уақытта шаңның ең үлкен көзі-Арал теңізінің құрғаған жерлері [5]. Топырақ эрозиясын зерттеуге өте ауқымды әдебиеттер арналған. Топырақ дағдарысына бірінші болып келесі ғалымдар назар аударды: топырақтанушы В.В. Докучаев (1878) және оның шәкірттері мен ізбасарлары – Н.М. Сибирцев [4], К.Д. Глинка [3], Г.Н. Высоцкий [2], А.А. Измаильский [7], В.Р. Вильямс [1], С.С. Неуструев [12], Л.И. Прасолов [14], сондай-ақ агрономдар П.А. Костычев [18], И.А. Стебут [19], ормантанушы Г.Ф. Морозов [10]. XVIII ғасырдың өзінде

П.С. Паллас [13] сияқты жаратылыстанушы ғалымдардың еңбектерінде эрозия процестерінің сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар дала топырағын эрозиядан қорғаудың практикалық шараларын ұсынды. Дала ландшафттарының топырақ эрозиясымен күресу шараларын кең ауқымды зерттеу мен әзірлеудің келесі кезеңі табиғатты түрлендірудің Сталиндік жоспарымен байланысты – КСРО Министрлер Кеңесі мен КОКП ОК (Кеңес Одағының Коммунистік партиясының Орталық Комитеті) 1948 жылғы 20 қазанда «О плане полезащитных лесонасаждений...» атты тарихи қаулысымен байланысты. Аталмыш жоспардың маңызды бөлігі оның экологиялық компоненті болды яғни дала зонасының топырағын эрозиядан қорғау. Осы іс-шараларды жүзеге асыру барысында КСРО-ның бір қатар аймақтары оның ішінде Еділ бойы, Украина, Батыс Қазақстан, Солтүстік

Кавказ далаларында су қоймаларын салу, орман қоршауының екпелерін отырғызу және шөп танапты ауыспалы егіс салу ерекше орын алды. Батыс Қазақстан облысының топырақ шайылу процестерін зерттеу барысында Ұлысай өзені алабы мысалға қолдана отырып, ауылшаруашылық жерлерінде жылына т/га топырақ эрозиясы көрсеткіші анықталды.

ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ

Ұлысай өзені алабы Батыс Қазақстан облысы Бөрлі ауданында орналасқан (сурет 1). Ұлысай өзені – дала аймағының өзені, 51.047574 с.е. және 53.577324 ш.б. аралығында жатыр. Жайықтың сол жақ саласына жататын Шыңғырлау өзені алабына кіреді. Жауын-шашын, жер асты суымен толығады. Көктемде тасып, жазда сабасына түседі, қыста қатады. Суы егіс суаруға пайдаланады [17].



Сур.1. Батыс Қазақстан облысының аумағындағы Ұлысай өзенінің DEM сандық үлгісіндегі ауданы.

Тың және тыңайған жерлерді игеру кезінде де, әрі қарай пайдалану кезінде де Қазақстанның далалық аймақтарындағы су эрозиясының қаупі ескерілмеді. Нәтижесінде ауыл шаруашылық жерлер бей-берекетсіз пайдаланды. Бүгінде, бұл жерлер (дала аймақтары) әлі күнге дейін егістік алқаптың құрамында пайдаланғандықтан аталған территориядағы эрозия қаупі артуда.

ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ

Жауын-шашынның эрозияға ұшырау қаупін бағалаудың негізі ретінде W.H. Wischmeier, D.D. Smith (1978) [23] құрған топырақ шайуылуының эмпирикалық моделін алған жөн. М.С. Кузнецов пен Г.П. Глазуновтың (1992) айтуы бойынша, бұл теңдеу АҚШ-та және басқа бірнеше елдерде кеңінен қолданылады [9]. Аталған авторлардың пікіріне толықтай дәлел топырақтың су эрозиясының модельдерін жасау және пайдалану, эрозия процестерін зерттеудің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Модель келесі көрініске ие:

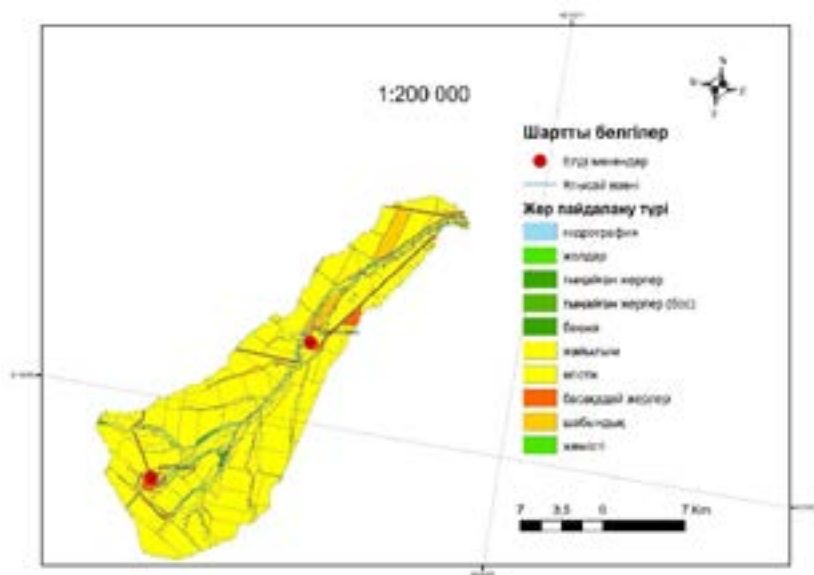
$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

мұндағы: А – топырақ шығыны; R – жауын-шашын коэффициенті; K – шайылу коэффициенті; L – ұзындық коэффициенті; S – көлбеулік коэффициенті; C – жерді пайдалану коэффициенті; P – эрозияға қарсы шаралардың коэффициенті [23].

Зерттелетін аумақтың эрозия потенциалының дәрежесін анықтау үшін өзен алабының

картасы, жерді пайдалану, жауын-шашын, топырақтың механикалық құрамы, алаптың еңістік картасы және өзен алабы топырағының шайылу коэффициенті картасы DEM сандық үлгісі негізінде жасалып, талданды.

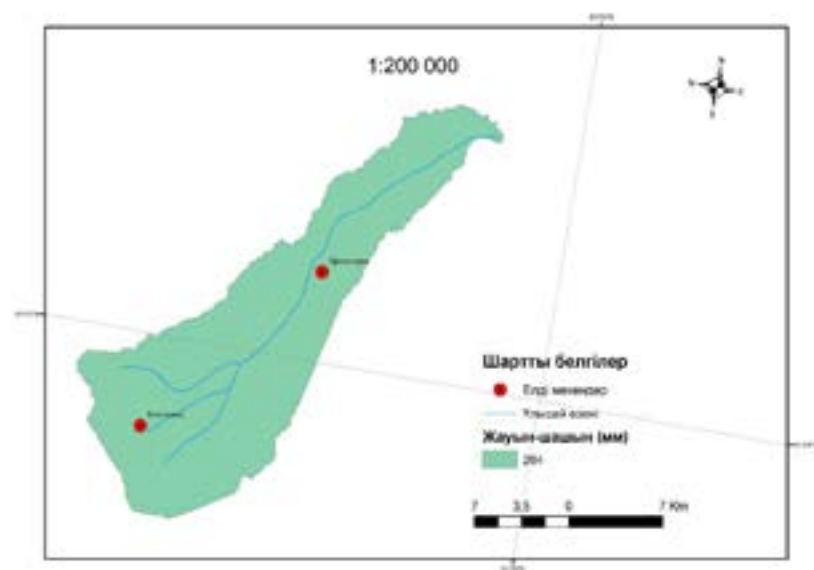
Ұлысай өзені бассейніндегі топырақ эрозиясын модельдеудің негізгі кезеңдерінің бірі жерді пайдалану түрін анықтау (сурет 2).



Сур.2. Ұлысай өзені алабының жерді пайдалану картасы.

Өзен алабының жерді пайдалану картасы бойынша 454 ауыл шаруашылығы нысандары алынды. Қалған нысандар гидрографиямен және басқа жерлермен байланысты болды.

Яғни, 454 нысанның 97-сі егістік (20 %), 300 жайылым (70 %), 57 шабындық (10 %), тыңайған жерлер – 1, гидрография – 1, басқадай жерлер – 1.



Сур.3. Ұлысай өзен алабында жауын-шашынның таралу картасы.

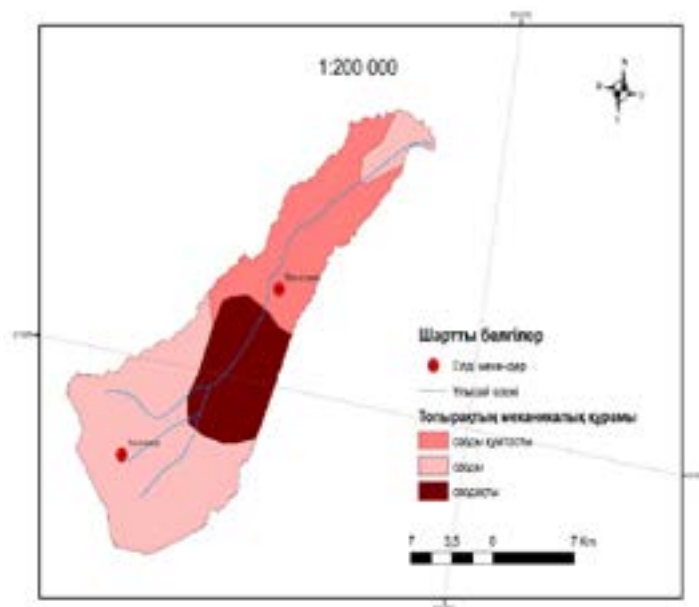
R – географиялық орналасуы бойынша жауын-шашын және ағын коэффициенті. Жауын қарқындылығы мен ұзақтығы неғұрлым көп болса, соғұрлым эрозия әлеуеті жоғарылайды. R

коэффициентін Жымпиты, Шыңғырлау, Ақсай, Жаңақала, Казталовка, Урал метеорологиялық станцияларының мәліметтері негізінде ArcGIS бағдарламасының «Interpolation»

құралын қолдану арқылы есептелді (сурет 3). Нәтижесінде Ұлысай өзені алабындағы жауын-шашынның мөлшері 264 мм құрайды [20].

К – факторы топырақтың құрылымына негізделі анықталады. Бұл фактор топы-

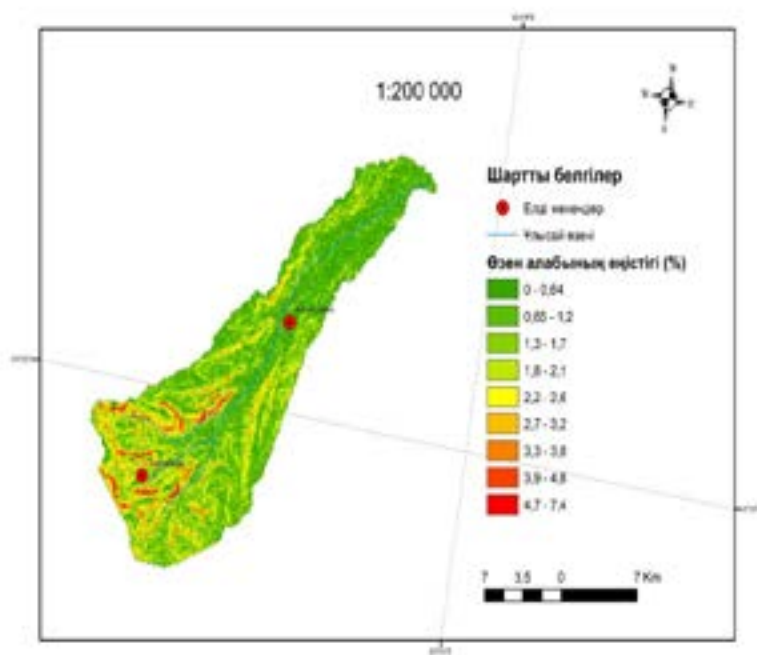
рақ қабаттарының ағын әсеріне төзімділігін анықтайды. Зерттеу аумағының К факторын анықтау үшін Ұлысай өзені алабындағы топырақтың механикалық құрамын қолданамыз (сурет 4).



Сур.4. Ұлысай өзен алабында топырақтың механикалық құрамы картасы.

Ұлысай өзені алабы топырағының механикалық құрамы сазды-құмдауытты, сазды және саздақты болып келеді. Сазды құмтасты өзеннің төменгі ағысында, сазды жоғарғы ағысында таралған. К факторының мәндері топырақ түрлеріне қарай: сазды 0,47; сазды құмтасты 0,09; саздақты 0,58 [11]. LS – ұзындық және көлбеулік

коэффициенті, жер бедерінің топырақ эрозиясына әсерін көрсетеді. Тау еңістеріндегі беткейлерде топырақ шайылуын анықтайтын фактор. Яғни бұл факторды анықтау барысы зерттелу аймағының DEM сандық үлгісі негізінде ArcGIS бағдарламасының ArcToolBox қосымшасы арқылы анықталды (сурет 5).



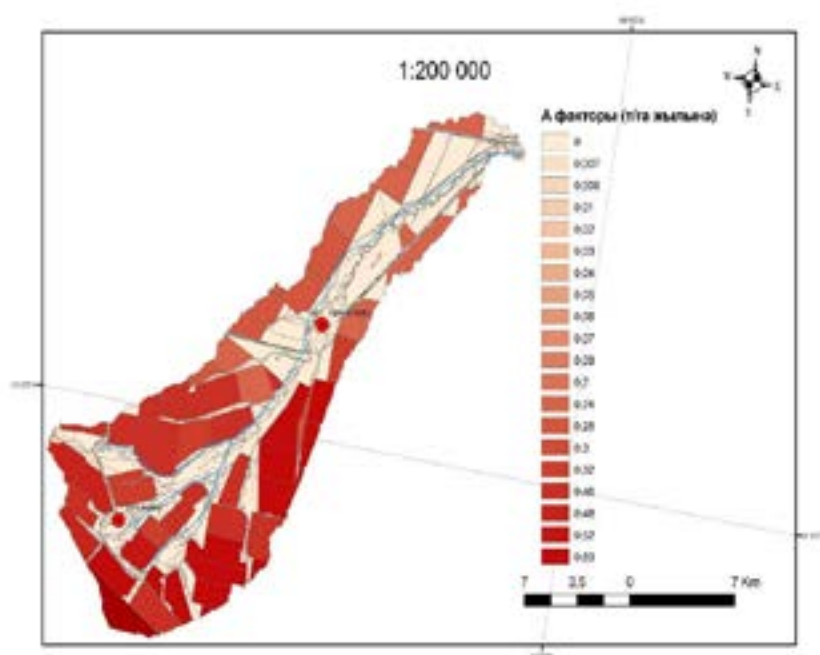
Сур.5. Ұлысай өзені алабының еңістік картасы.

С факторы – бұл жерді нақты дақылдармен салыстыру жолымен және әрдайым өзгеріп отыратын егістік алқаптарынан келетін шығындарды салыстыру арқылы топырақтың жоғалуын басқаруға арналған жүйе. С факторы да екі түрлі мәнге ие. Ол егіс алқабының түрімен және өңдеу әдістерін таңдауымен анықталады, содан кейін бұл факторлар өзара көбейтіледі. Мысалы, алапта дәнді дақылдар (көктемгі және қысқы) 0,35, маусымдық бақша дақылдары 0,50, жеміс ағаштары 0,10, жайылымдар 0,02 деп алсақ, топырақтың өңдеу әдісі 0,25-ке дейін шамалармен алынды.

Осы есептеуден туындайтын С коэффициенті

– бұл белгілі бір өсімдік үшін жалпы коэффициент, бұл егін немесе климаттың өзгеруін және елдің әр түрлі ауылшаруашылық аймақтары үшін жылдық жауын-шашынның таралуын есепке алмайды. Алайда, бұл жалпыланған С факторы түрлі шаруашылық жүйелерін және салыстырмалы сандарды ұсынады, осылайша әр жүйенің маңыздылығын өлшеуге көмектеседі.

Р факторы – топырақты қорғауға арналған іс-шаралар коэффициенті. Өз кезегінде топырақ бетін сумен шайылу, жел эрозиясы, сел, көшкін. Эрозияға қарсы шаралардың кез-келген түрін таңдау жердің нақты жағдайларына байланысты [21].



Сур.6. Ұлысай өзен алабы топырағының шайылу коэффициенті картасы.

Топырақтың шайылу коэффициенті аз, өзеннің жоғарғы ағысы Пролетарка елді мекені маңында. Бұл жерлерде А коэффициентінің мәні 0,007...0,09 мәні аралығында. Көбіне бұл жайылымдық жерлер. Топырақтың шайылу деңгейі өзеннің төменгі ағысы яғни Тихоновка елді мекені маңында жоғары. Бұл жерлерде А коэффициентінің мәні 0,2...0,83 т/га жылына. Көбіне бұл егістік жерлер (сурет 6).

ҚОРЫТЫНДЫ

Алынған нәтижелерді талдай отырып, топырақ шайылудың ең жоғары көрсеткіші өңделетін яғни егістік алқаптарда болса. Сәйкесінше ең аз көрсеткіш жайылымдық жерлерге тиесілі. Түйіндей келе антропогендік әсер топырақтың

шайылу дәрежесіне айтарлықтай зардабын тигізеді деген қорытынды жасауға болады.

Топырақ эрозиясының бұл түрімен күресу кешенді іс-шараларды қажет етеді. Мысалы, бүгінде агробизнес нарығында топырақтың құнарлығына көмектесе алатын биологиялық өнімдер сұранысқа ие. Мәселені шешудің тағы бір жолы – ресурстарды үнемдейтін технологияларды қолдану, бұл жерде су эрозиясын алдын алуға тамшылатып суару технологияларын ұсынуға болады. Немесе жел эрозиясынан сақтану шаралары ретінде құрғақ желден қорғайтын орман екпелері, ағаш, бұталардың жер ресурстарын сақтауы әбден мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вильямс В.Р. Почвоведение с основами земледелия. – М.: Сельхозгиз, 1939. – 447 с.
2. Висоцкий Г.Н. Глей // Почвоведение. – 1905. – № 4. – С. 291-327.
3. Глинка К.Д. Деградация и подзолистый процесс // Почвоведение. – 1924. – № 3-4. – С. 29-40.
4. Докучаев В.В., Сибирцев Н.М. Общий проект опытных работ экспедиции // Особая экспедиция Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приёмов лесного и водного хозяйства в степях России. – СПб.: тип. Евдокимова, 1893. – С. 57-70.
5. Заславский М.Н. Эрозия почв. – Москва : Мысль, 1979. – 245 с.
6. Иванов В.Д. Прогнозирование водной эрозии // Почвоведение. – 1985. – №12. – С. 87-97.
7. Измаильский А.А. Как высохла наша степь. – Полтава, 1893: переизд. / А.А. Измаильский. М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – 76 с.
8. Иорганский А.И., Балгабеков К.Б. Водная и ирригационная эрозия почв в Казахстане. – Алма-Ата: Кайнар, 1979. – 144 с.
9. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Физические основы эрозии почв. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
10. Морозов Г.Ф. Почвоведение и лесоводство. – Санкт-Петербург: тип. Спб. АО печ. дела в России Е. Евдокимов, 1899. – 20 с.
11. Национальный Атлас Республики Казахстан. – 1 том. – Институт географии Алматы, 2010. – С. 96-97.
12. Неуструев С.С. Элементы географии почв. – М.-Л.: Госиздат, 1931. – 220 с.
13. Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской империи в 1770 г. Часть. II. Кн. I. – СПб., 1786. – 571 с.
14. Прасолов Л.И. Эрозия почв и борьба с нею // Известия. – 1941. – № 72. – 172 с.
15. Рамазанова Н., Каирбекова А., Базарбаева Т.А., Токсанбаева С.Т. Топырақ шайбылуындағы жауын-шашын интенсивтілігін (R факторын) интерполяция әдісі арқылы анықтау. // Journal of Geography and Environmental Management. – 2019. – № 1 (52). – С. 79- 89.
16. Рамазанова Н.Е., Ахмет А.С., Токсанбаев С.Т., Оспан Г.Т. Применение ГИС технологий для изучения природных условий бассейна реки Жайык в пределах Западно-Казахстанской области. // IY Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. – Челябинск. Россия, 2016. – С. 71-77.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район / под ред. З. Г. Марковой. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 152 с.
18. Соболев С.С. П.А. Костычев и проблема эрозии почв. // «Сов. агрономия». – 1947. – №10. – С. 68-70.
19. Стебут, И.А. Истощение и удобрение почвы / И. А. Стебут. – [Москва] : Университетская типография, 1869. – С. 3-35.
20. [Электрон.ресурс] – URL: <https://openweathermap.org/>
21. [Электрон.ресурс] – URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/revised-universal-soil-loss-equation>
22. Ramazanova N., Darbayeva T., Chashina B., Berdenov Zh., Mendybayev, E., Wendt. J.A. & Atasoy E Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools. // Journal of Environmental Biology (JEB). – Vikas Nagar. INDIA, 2020. – P. 396-404.
23. Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. // Agriculture Handbook. – № 537. – U.S. Department of Agriculture [Электрон.ресурс].–URL:<http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-051.htm#t2>

REFERENCES

1. Vil'yams V.R. Pochvovedenie s osnovami zemledeliya. – M.: Sel'khozgiz, 1939. – 447 s.
2. Vysotskii G.N. Glei // Pochvovedenie. – 1905. – № 4. – S. 291-327.
3. Glinka K.D. Degradatsiya i podzolistyi protsess // Pochvovedenie. – 1924. – № 3-4. – S. 29-40.
4. Dokuchaev V.V., Sibirtsev N.M. Obshchii projekt opytnykh rabot ekspeditsii // Osobaya ekspeditsiya Lesnogo departamenta po ispytaniyu i uchetu razlichnykh sposobov i priemov lesnogo i vodnogo khozyaistva v stepyakh Rossii. – SPb.: tip. Evdokimova, 1893. – S. 57-70.
5. Zaslavskii M.N. Eroziya pochv. – Moskva : Mysl', 1979. – 245 s.
6. Ivanov V.D. Prognozirovanie vodnoi erozii // Pochvovedenie. – 1985. – №12. – S. 87-97.
7. Izmail'skii A.A. Kak vysokhla nasha step'. – Poltava, 1893: pereizd. / A.A. Izmail'skii. M.-L.:

- Sel'khozgiz, 1936. – 76 s.
8. *Iorganskii A.I., Balgabekov K.B.* Vodnaya i irrigatsionnaya eroziya pochv v Kazakhstane. – Alma-Ata: Kainar, 1979. – 144 s.
9. *Kuznetsov M.S., Glazunov G.P.* Fizicheskie osnovy erozii pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1996. – 335 s.
10. *Morozov G.F.* Pochvovedenie i lesovodstvo. – Sankt-Peterburg: tip. Spb. AO pech. dela v Rossii E. Evdokimov, 1899. – 20 s.
11. Natsional'nyi Atlas Respubliki Kazakhstan. – 1 tom. – Institut geografii Almaty, 2010. – S. 96-97.
12. *Neustruev S.S.* Elementy geografii pochv. – M.-L.: Gosizdat, 1931. – 220 s.
13. *Pallas P.S.* Puteshestvie po raznym provintsiyam Rossiiskoi imperii v 1770 g. Chast'. II. Kn. I. – SPb., 1786. – 571 s.
14. *Prasolov L.I.* Eroziya pochv i bor'ba s neyu // *Izvestiya*. – 1941. – № 72. – 172 s.
15. *Ramazanova N., Kairbekova A., Bazarbaeva T.A., Toksanbaeva S.T.* Topyrak shaiyluynđary zhaun-shashyn intensivtiligin (R faktoryn) interpolyatsiya ədisi arkyly anyktau. // *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2019. – № 1 (52). – S. 79- 89.
16. *Ramazanova N.E., Akhmet A.S., Toksanbaev S.T., Ospan G.T.* Primenenie GIS tekhnologii dlya izucheniya prirodnykh uslovii basseina reki Zhaiyk v predelakh Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti. // IY Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Problemy geografii Urala i sopredel'nykh territorii. – Chelyabinsk. Rossiya, 2016. – S. 71-77.
17. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion / pod red. Z. G. Markovoi. — L.: Gidrometeoizdat, 1966. – 152 s.
18. *Sobolev S.S. P.A. Kostychev* i problema erozii pochv. // «Sov. agronomiya». – 1947. – №10. – S. 68-70.
19. *Stebut, I.A.* Istoshchenie i udobrenie pochvy / I. A. Stebut. – [Moskva] : Universitetskaya tipografiya, 1869. – S. 3-35.
20. [Elektron.resurs] – URL: <https://openweathermap.org/>
21. [Elektron.resurs] – URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/revised-universal-soil-loss-equation>
22. *Ramazanova N., Darbayeva T., Chashina B., Berdenov Zh., Mendybayev, E., Wendt. J.A. & Atasoy E* Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools. // *Journal of Environmental Biology (JEB)*. – Vikas Nagar. INDIA, 2020. – P. 396-404.
23. *Wischmeier W.H., Smith D.D.* 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. // *Agriculture Handbook*. – № 537. – U.S. Department of Agriculture [Elektron.resurs]. – URL: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-051.htm#2>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЫВА ПОЧВЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УЛЫСАЙ ПО ФОРМУЛЕ RUSLE

Н.Е Рамазанова¹ PhD, Ч.Ж Аvezханов¹

¹*Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*
E-mail: nurgulram@gmail.com, chingiz1306@gmail.com

Так как эрозия почв является одним из процессов, оказывающих существенное негативное влияние на земельные ресурсы, а также экономику, очень важно определить основные виды эрозии, рассчитать процесс эрозии почвы, рационализировать и организовать ее предотвращение. Эрозия почвы чаще всего наблюдается на тонкозернистых почвах, в местностях с повышенной влажностью и сильными ветрами, при сильной эрозии плодородие почвы теряется что соответственно приводит к ухудшению качество сельскохозяйственной продукции. На сегодняшний день эффективно использовать формулу RUSLE для определения основных факторов, влияющих на эрозионные процессы почвы. В статье рассматривается бассейн реки Улысай, расположенный в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области. В ходе исследования коэффициент эрозии почв для пастбищ составил 0,007...0,09 т/га в год. На пашнях значение коэффициента А эрозия почвы составило 0,2...0,83 т/га в год.

Ключевые слова: эрозионный процесс, речной бассейн, географические информационные системы, цифровая модель DEM, почвенный покров, сельскохозяйственные земли

DETERMINATION OF SOIL LOSS IN THE ULYSAI RIVER BASIN USING THE RUSLE FORMULA

N.E. Ramazanova¹ PhD, Ch.Zh. Avezkhanov¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: nurgulram@gmail.com, chingiz1306@gmail.com

Since soil erosion is one of the processes that have a significant negative impact on land resources, as well as the economy, it is very important to determine the main types of erosion, calculate the process of soil erosion, rationalize and organize its prevention. Soil erosion is most often observed on fine-grained soils, in areas with high humidity and strong winds, with severe erosion, soil fertility is lost, which accordingly leads to a deterioration in the quality of agricultural products. Today it is effective to use the RUSLE formula to determine the main factors affecting soil erosion processes. The article examines the Ulysai river basin, located in the Burlinsky district of the West Kazakhstan region. In the course of the study, the coefficient of soil erosion for pastures was 0.007...0.09 t/ha per year. On arable land, the value of the coefficient A of soil erosion was 0,2...0,83 t/ha per year.

Key words: erosion process, river basin, geographic information systems, digital DEM model, soil cover, agricultural land

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА РЕКЕ ЖАЙЫК (УРАЛ)

Д.К. Кисебаев¹, С.Ж. Бейсенбаева²

¹ *Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*

E-mail: daulet-ctl@mail.ru

² *ГУ «Казселезащита», г. Алматы, Казахстан*

В данном исследовании рассматриваются изменение сроков появления осенних ледовых явлений на р. Жайык (Урал) связанное с антропогенной деятельностью и изменением климата. Осенние ледовые явления включают в себя плавучий лед (сало, шуга, снежура) и установление ледостава.

Как показали исследования, наблюдается тенденция более позднего появления осенних ледовых явлений (на 6...9 дней) и установления ледостава на реке (на 9...11 дней), а также небольшое увеличение продолжительности периода ледообразования (на 2...3 суток).

Ключевые слова: р. Жайык, первые ледовые явления, ледостав, период процесса ледообразования

Поступила 06.02.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-50-56

ВВЕДЕНИЕ

Река Жайык (Урал) является основной водной артерией Западного Казахстана. Она берет свое начало в Уральских горах (Российской Федерации), ее общая протяженность составляет 2428 км, на территории Казахстана – около 1100 км [8]. В этой связи очень важно исследовать ее ледовый режим на территории нашей республики. За основу были взяты ряды данных по 3 гидрологическим постам: р. Жайык – с. Кушум, пос. Махамбет и г. Атырау. В результате анализа, ряды наблюдений были разделены три периода:

1. 1936...1957 гг. – условно-естественный, описывающий гидрологический режим до строительства и ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища.

2. 1958...1990 гг. – условно-нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности.

3. 1991...2019 гг. – нарушенный, под влиянием антропогенной деятельности и изменения климата.

Периоды были выявлены согласно расчетам по изменению стока реки, а также согласно расчетам других ученых, занимающихся изучением изменения стока р. Жайык. За условно-естественный период был выбран промежуток времени от начала гидрометеорологических на-

блюдений на р. Жайык (Урал) до строительства и ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища. Исследования ученых показали, что наиболее заметные изменения климата начались с 1990-х годов, поэтому третий период, связанный не только с антропогенной деятельностью, но и с изменением климата, выбран начиная с 1991 года. Соответственно, за условно-нарушенный период, связанный только с антропогенной деятельностью, выбран 1958...1990 гг. [4...6].

После проведения метеорологических расчетов, проведенных с использованием данных по 3 метеорологическим станциям (пос. Чапаево, пос. Махамбет, г. Атырау), расположенным вдоль русловой части, река была условно разделена три гидрологических района:

– верхний (северный) район – от гидрологического поста пос. Январцево до поста с. Тайпак;

– средний (центральный) район – в районе гидрологических постов пос. Индербор и Махамбет;

– нижний (южный) район – от гидрологического поста г. Атырау до поста с. Жанаталап.

Такое деление было произведено на основании дат перехода среднемесячной температуры воздуха через 0°C (табл. 1).

Таблица 1

Среднемесячные значения температура воздуха и продолжительность холодного периода

Месяц	Метеостанции		
	Чапаево	Махамбет	Атырау
Теплый период			
Март	–	–	0,9
Апрель	9,2	10,9	11,6
Май	17,2	18,6	19,2
Июнь	22,2	24,1	24,7
Июль	24,4	26,5	26,9
Август	22,5	24,4	25,1
Сентябрь	15,7	17,4	18,2
Октябрь	6,9	8,4	9,3
Ноябрь	–	0,6	1,5
Холодный период			
Ноябрь	-1,0	-	-
Декабрь	-7,0	-5,0	-4,0
Январь	-10,5	-8,4	-7,3
Февраль	-10,4	-8,1	-6,9
Март	-3,0	-0,1	-
Продолжительность холодного периода, месяц	5	4	3

Большая меридиональная протяженность реки и различные гидрометеорологические условия отдельных ее районов обуславливают сложный характер ледового режима. Изучение этих процессов имеет важное значение для обслуживания рыбного хозяйства в зимнее время, продления или сокращения навигации в опасный период и т.д.[3, 7].

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Для анализа использовались данные гидрологической (г. Уральск, пос. Махамбет, г. Атырау – изменение стока и ледовые явления, с. Кушум – изменения стока) и метеорологической (пос. Чапаево, пос. Махамбет и г. Атырау) сети наблюдений РГП «Казгидромет». Выборка данных производилась за гидрологический год, т.е. с осени предыдущего года до весны следующего года. Полученные характеристики

были рассчитаны за выделенные однородные периоды. Средние даты появления первых ледовых явлений, установления ледостава и продолжительности осенних ледовых явлений вычислены как среднее арифметическое из ежегодных данных.

Первые ледовые явления на р. Жайык. Основными факторами ледообразования на реке является понижение температуры воды в ней до нуля градусов. За дату первых ледообразований на реке берут совокупность процессов от появления первичных кристаллов, а затем формирования таких явлений, как сало, шугоход и т.д. Образованию первичных форм льда на р. Жайык предшествует охлаждение воды, которое начинается не одновременно и неравномерно по всей ее протяженности [1]. В табл. 2 и 3, приведены средние, ранние и поздние даты появления первых ледовых явлений на гидрологических постах за различные периоды.

Таблица 2

Дата появления первых ледовых явлений на р. Жайык за период с 1937 по 2019 гг.

Период, гг.	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957	Средняя	314*...10 ноября	323...19 ноября	324...20 ноября
	Ранняя	298...25 октября (1953...1954 гг.)	305...1 ноября (1953...1954 гг.)	307...3 ноября (1949...1950 гг.)
	Поздняя	336...2 декабря (1947...1948 гг.)	352...17 декабря (1940...1941 гг.)	343...9 декабря (1947...1948 гг.)
1958...1990	Средняя	314...10 ноября	326...22 ноября	328...24 ноября
	Ранняя	289...15 октября (1976...1977 гг.)	291...17 октября (1976...1977 гг.)	303...29 октября (1968...1969 гг.)
	Поздняя	343...9 декабрь (1971...1972 гг.)	354...20 декабря (1979...1980 гг.)	353...19 декабря (1979...1980 гг.)
1991...2019	Средняя	323...19 ноября	329...25 ноября	332...28 ноября
	Ранняя	309...5 ноября (1993...1994 гг.)	314...10 ноября (1993...1994 г.)	314...10 ноября (2009...2010 гг.)
	Поздняя	340...6 декабря (1991...1992 гг.)	351...17 декабря (2015...2016 гг.)	348...13 декабря (2008...2009 гг.)

Примечание: * номер дня начиная с 1 января

Таблица 3

Изменение сроков появления первых ледовых явлений на р. Жайык, осредненных по трем периодам

Периоды, гг.	Гидрологический пост		
	г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957/1958...1990	0	+3	+4
1958...1990/1991...2019	+9	+3	+4
1937...1957/1991...2019	+9	+6	+8

Из таблиц 2...3, следует, что сроки ледообразования на р. Жайык претерпели определенные изменения. Так, например, в верхнем (северном) районе ледообразование происходит на 9 дней позже, в среднем и нижнем течении реки эти явления наблюдаются позже на 6...8 дней.

Таким образом, анализ данных за 88 лет наблюдений показывает, что даты начала ледовых процессов смещаются в сторону более поздних сроков. Главной причиной данного смещения

можно считать влияние человеческой деятельности и изменение климата.

Дальнейший процесс замерзания реки завершается ледоставом – образованием сплошного ледяного покрова.

Установление ледостава на р. Жайык. В среднем ледостав на реке устанавливается в конце октября в северной части, а затем в центральной и южной частях – в первой декаде ноября (табл. 4, 5).

Таблица 4

Дата установления ледостава на р. Жайык за период с 1937 по 2019 гг.

Период, гг.	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957	Средняя	324...18 ноября	331...25 ноября	330...24 ноября
	Ранняя	304...31 октября (1953...1954 гг.)	311...7 ноября (1953...1954 гг.)	311...7 ноября (1953...1954 гг.)
	Поздняя	342...8 декабря (1947...1948 гг.)	353...18 декабря (1940...1941 гг.)	353...19 декабря (1951...1952 гг.)
1958...1990	Средняя	328...22 ноября	337...1 декабря	335...29 ноября
	Ранняя	304...30 октября (1968...1969 гг.)	309...5 ноября (1975...1976 гг.)	308...4 ноября (1975...1976 гг.)
	Поздняя	354...19 декабря (1972...1973 гг.)	361...27 декабря (1981...1982 гг.)	356...22 декабря (1965...1966 гг. 1981...1982 гг.)
1991...2019	Средняя	334...28 ноября	340...4 декабря	341...5 декабря
	Ранняя	314...10 ноября (1993...1994 гг.)	315...11 ноября (1993...1994 гг.)	323...19 ноября (2018...2019 гг.)
	Поздняя	351...17 декабря (2015...2016 гг.)	371/6...6 января (2010...2011 гг.)	369/4...4 января (2010...2011 гг.)

Таблица 5

Изменение сроков установления ледостава на р. Жайык, осредненных по трем периодам

Периоды, гг.	Гидрологический пост		
	г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957 / 1958...1990	+4	+6	+5
1958...1990 / 1991...2019	+6	+3	+6
1937...1957 / 1991...2019	+10	+9	+11

Из таблиц 4 и 5, следует, что сроки установления ледостава на р. Жайык, также сдвинулись на более поздние даты: в верхнем (северном) районе ледостав устанавливается на 10 дней позже, в среднем и нижнем течении – на

9 дней, и в нижнем течении реки – на 11 дней позже.

Анализ данных наблюдений показывает, что даты установления ледостава также сместились на более поздние сроки.

Таблица 6

Продолжительность осенних ледовых явлений на р. Жайык за период с 1937 по 2019 гг.

Период, гг.	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957	Средняя	10	9	6
	Наибольшая	21 (1949...1950 гг.)	33 (1939...1940 гг.)	30 (1951...1952 гг.)
	Наименьшая	1 (1936...1937 гг.; 1941...1942 гг.)	0 (1941...1942 гг.)	0 (1946...1947 гг.; 1947...1948 гг.)

Период, гг.	Дата	Гидрологический пост		
		г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1958...1990	Средняя	13	11	7
	Наибольшая	43	34	32
		(1972...1973 гг.)	(1965...1966 гг.)	(1965...1966 гг.)
	Наименьшая	2	1	0
(1957...1958 гг.; 1965...1966 гг.; 1981...1982 гг.; 1984...185 гг.)		(1963...1964 гг.; 1979...1980 гг.)	(1957...1958 гг.; 1971...1972 гг.; 1978...1979 гг.)	
Средняя		11	11	9
1991...2019	Наибольшая	30	34	42
		(1990...1991 гг.; 2009...2010 гг.; 2015...2016 гг.)	(2010...2011 гг.)	(1995...1996 гг.; 2013...2014 гг.)
	Наименьшая	1	1	0
		(2010...2011 гг.)	(1993...1994 гг.)	(2000...2001 гг.)

Таблица 7

Изменение продолжительности осенних ледовых явлений на р. Жайык, осредненных по трем периодам

Период, гг.	Гидрологический пост		
	г. Уральск	пос. Махамбет	г. Атырау
1937...1957 / 1958...1990	+3	+2	+1
1958...1990 / 1991...2019	-2	0	+2
1937...1957 / 1991...2019	+1	+2	+3

Таблицы 6, 7, показывают незначительное (1...3 дня) увеличение продолжительности осенних ледовых явлений. Увеличение продолжительности периода плавучего льда на реке перед установлением ледостава, также связано с глобальным потеплением и более растянутым периодом процессов замерзания реки.

ВЫВОДЫ

Исследование особенностей ледообразования на реке Жайык показало, что:

- изменение характеристик ледового режима в период замерзания в последние годы выражается в смещении сроков появления первого льда и установлении ледостава в более поздние сроки;
- в современных климатических условиях

первые ледовые явления на р. Жайык в среднем появляется в третьей декаде ноября, что на 6...9 дней позже, чем в 30-е...50-е годы;

- сроки установления ледостава в современных климатических условиях происходят в среднем в конце ноября – первой пентаде декабря, что на 9...11 дней позже, чем в 30-е...50-е годы;

- средняя продолжительность периода замерзания составляет в среднем 9...11 дней, что на 1...3 дня больше, чем в 30-е...50-е годы;

- на изменение осеннего ледового режима оказывает влияние, как изменение климата так и антропогенный фактор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонова С.А., Фролова Н.Л.,

- Василенко А.Н., Широкова В.А. Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках Арктической зоны Европейской территории России // Вестник московского университета. Серия 5. География. – 2016. – №6. – С.41-49.
2. Голубцов В.В., Линейцева А.В. О поступлении стока в Республику Казахстан по реке Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2010. – №1. – С. 84-88.
3. Ефремова Т.В., Пальшин Н.И. Сроки ледовых явлений на водоемах северо-запада России // Метеорология и гидрология. – 2011. – №8. – С. 89-98.
4. Ивкина Н.И. Изменение притока воды в каспийское море в результате антропогенного воздействия и изменения климата на примере р. Жайык (Урал) // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №3. – С. 50-55.
5. Ивкина Н.И., Галаева А.В., Сауров С.Б., Долгих С.А., Смирнова Е.Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. С учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2020. – №3. – С. 52-69.
6. Кисебаев Д.К. Изменение стока реки Жайык в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Вопросы географии и геоэкологии. – 2020. – №2. – С. 40-45.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, – Т.12, Вып. II. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 512 с.
8. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. – Екатеринбург: Изд-во «СВ-96», 2008. – 310 с.

REFERENCES

1. Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirokova V.A. Ledovyi rezhim i opasnye gidrologicheskie yavleniya na rekakh Arkticheskoi zony Evropeiskoi territorii Rossii// Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. – 2016. – №6. – S. 41-49.
2. Golubtsov V.V., Lineitseva A.V. O postuplenii stoka v Respubliku Kazakhstan po reke Zhaiyk (Ural)// Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2010. – №1. – S. 84-88.
3. Efremova T.V., Pal'shin N.I. Sroki ledovykh yavlenii na vodoemakh severo-zapada Rossii // Meteorologiya i gidrologiya. – 2011. – №8. – S. 89-98.
4. Ivkina N.I. Izmenenie pritoka vody v kaspiiskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata na primere r. Zhaiyk (Ural) // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2016. – №3. – S. 50-55.
5. Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgikh S.A., Smirnova E.Yu. Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. S uchetom izmeneniya klimata // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2020. – №3. – S. 52-69.
6. Kisebaev D.K. Izmenenie stoka reki Zhaiyk v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata // Voprosy geografii i geoekologii. – 2020. – №2. – S. 40-45.
7. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyi Kazakhstan, – T.12, Vyp. II. Uralo-Embinskii raion. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 512 s.
8. Chibilev A.A. Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya. – Ekaterenburg: Izd-vo «SV-96», 2008. – 310 s.

**ЖАЙЫК (ОРАЛ) ӨЗЕНІНІҢ КҮЗГІ МҰЗ РЕЖИМІНІҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ
ЕРЕКШЕЛІГІ**

Д.К. Кисебаев¹, С.Ж. Бейсенбаева²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: daulet-ctl@mail.ru

²ММ «Казселезащита», Алматы қ., Қазақстан

Бұл зерттеуде Жайық өзеніндегі күзгі мұз құбылыстарының пайда болу уақытының өзгеруі қарастырылған. Күзгі мұз қату құбылыстары қалқымалы мұз (сало, шуга, қар) және мұздың орнығуымен көрсетіледі. Зерттеулер көрсеткендей, өзенде қатудың орнығуы және күзгі мұзды құбылыстардың

кейінірек пайда болу тенденциясы, сондай-ақ олардың ұзақтығының шамалы өсуі байқалады.

Түйін сөздер: жайық өзені, күзгі мұз режимі, алғашқы мұз режимі, қату, ұзақтығы

CHARACTERISTIC FEATURES OF THE AUTUMN ICE REGIME OF R. ZHAYIK (URAL)

D.K. Kissebayev¹, S.Zh. Beysebayeva²

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: daulet-ctl@mail.ru

²State Institution "Kazselezashchita", Almaty, Kazakhstan

This study considers the change in the timing of the appearance of autumn ice events on the river. Zhayik (Ural) related to anthropogenic activities and climate change. Autumn ice phenomena include floating ice (lard, shuga, snowflake) and the establishment of ice composition.

As studies have shown, there is a tendency of later appearance of autumn ice phenomena (by 6...9 days) and the establishment of ice formation on the river (by 9...11 days), as well as a slight increase in the duration of the ice formation period (by 2...3 days).

Keywords: Zhayik river, autumn ice regime, first ice phenomena, freeze-up, the period of the ice formation process

УДК 556.048

РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ БУДУЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**С.К. Алимкулов¹ к.г.н., А.А. Турсунова¹ к.г.н., А.А. Сапарова¹**¹АО «Институт географии и водной безопасности», г. Алматы, Казахстан

E-mail: aselek.a.s@mail.ru

В статье рассматривается современное влияние комплекса факторов на ресурсы речного стока в пределах водохозяйственных бассейнов Республики Казахстан, а также их значения на перспективу до 2030 г. с учетом климатических и антропогенных изменений, современное изменение ресурсов речного стока Казахстана. Для оценки влияния хозяйственной деятельности на речной сток и изменений климатически-обусловленного стока были использованы комплексные интегральные методы, разработаны соответствующие методологии. Вследствие невыгодного географического положения в низовьях трансграничных бассейнов рек, Республика Казахстан испытывает ряд внешних и внутренних угроз, которые рассмотрены в статье.

Ключевые слова: ресурсы речного стока, климатические изменения, влияние хозяйственной деятельности, прогноз речного стока, трансграничные водные проблемы

Поступила 11.02.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69

ВВЕДЕНИЕ

По оценкам многих ученых мира, безопасность водоснабжения находится под угрозой для 80 % населения земного шара, и перспектива наступления кризиса водных ресурсов к 2070 г. становится реальной. По мнению гидролога Г. Уитера, такие тревожные прогнозы подчеркивают необходимость отказа от прежних подходов к использованию водных ресурсов, которое зависит не только от достижений науки, но и от политики, управления и общественных ценностей [9].

Нагрузка на мировые запасы пресной воды в XXI веке достигла беспрецедентного уровня. Урбанизация, вырубка лесов и увеличение площади орошаемых земель (в общей сложности занимающих около 1,5 млрд. га) ведут к изменению гидрологических параметров и качества воды [3].

В результате потепления климата в засушливых районах Центральной Азии происходит устойчивое сокращение ледников Тянь-Шаня и уменьшение их ледниковых коэффициентов,

которые показывают отношение площадей аккумуляции ледникового вещества ко всей площади ледников. В горных системах Казахстана также наблюдается сокращение количества и размеров ледников. По отдельным исследованиям в течение ближайших десятилетий вследствие глобального потепления климата водные ресурсы основных рек Казахстана могут сократиться на 20...40 % [7, 24, 38, 39].

Проблема дефицита воды в Центральной Азии, становится более острой по мере роста численности населения. В настоящее время в регионе проживает 100...120 млн. чел., а к 2050 г. эта цифра может вырасти до 150 млн. В условиях дефицита водных ресурсов в качестве одного из компонентов национальной безопасности РК должна рассматриваться водная безопасность [16, 22].

ВМО выделила четыре уровня стресса, связанного с дефицитом воды. По этой градации к четвертому, самому высокому уровню стресса, относятся территории, где используется более 40 % имеющихся запасов воды, здесь вода по-

требуется с интенсивностью, превышающей естественное восполнение [42]. В Казахстане эта градация превышает в пяти из восьми водохозяйственных бассейнах (ВХБ), а в Шу-Таласском и Нура-Сарысуйском ВХБ этот индекс составляет 0,98 и 1, т.е. в употреблении оказывается весь речной сток. Исключительно высокая пространственно-временная изменчивость речного стока и значительность его трансграничной составляющей на порядки усугубляет проблему водообеспечения республики. Вследствие невыгодного географического положения в низовьях трансграничных бассейнов рек, Республика Казахстан в значительной степени зависит от водохозяйственной деятельности в сопредельных странах: Китай, Узбекистан, Кыргызстан, Россия [13, 22, 23].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Практически во всех странах мира по характеристикам речного стока оцениваются величина возобновляемых водных ресурсов, их динамика во времени и распределение по территории. Сток речных систем обеспечивает основной объем водопотребления в мире, определяет степень водообеспеченности территории и населения, избыток и дефицит водных ресурсов. Речной сток в процессе круговорота в значительной мере восстанавливает качество пресной воды за счет естественного самоочищения, которым обладают речные системы [22].

Водно-ресурсный потенциал речных вод можно охарактеризовать следующими тремя показателями: естественные (климатические) ресурсы, имеющиеся ресурсы, фактические (трансформированные под воздействием антропогенной нагрузки) ресурсы.

Под естественными ресурсами подразумеваются ежегодно возобновляемые потенциальные ресурсы речного стока какой-либо территории. Часть водосборных бассейнов рек Казахстана расположена на территории соседних стран. Поэтому, несмотря на ежегодные возобновления, рассчитывать на приток из-за пределов страны естественного стока нельзя. И в таких условиях приходится оперировать имеющимися ресурсами, под которыми подразумеваются ежегодно возобновляемые местные естественные ресурсы и фактический приток речного стока из-за пределов страны, трансформированные под

влиянием антропогенного воздействия. Таким образом, имеющиеся ресурсы характеризуют ежегодный водный потенциал страны.

Кроме того, для достаточно четкого представления состояния ресурсов, необходимо знание антропогенного изменения местного, и суммарного стока. В этом случае показателем служат фактические ресурсы – ресурсы, трансформированные под антропогенным воздействием, как притока из-за пределов страны, так и местных, собственных, а также трансформация суммарного стока в руслах основных трансграничных рек на территории РК.

Глобальное изменение климата и антропогенная деятельность способствуют значительным изменениям экологических и гидрологических характеристик речного стока во всем мире. Выявить их роль чрезвычайно важно для понимания генезиса уже произошедших и возможных в будущем гидрологических изменений, а также для принятия мер по снижению или даже полному устранению их нежелательных последствий. Сложность решения этой задачи заключается в том, что климатические и антропогенные изменения речного стока тесно взаимосвязаны и часто воздействуют на сток не непосредственно, а косвенно – через рельеф, почву, биоту.

В настоящее время при определении изменения количественных характеристик водных ресурсов широко используется понятие «водный стресс» или коэффициент использования водных ресурсов. Водный стресс (water stress) определяется соотношением забора воды из поверхностных водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам [2, 33...36, 43]. Коэффициент использования водных ресурсов, который нашел применение в работах ученых России и бывших союзных республик [5, 8, 28, 40], рассчитывается как отношение объема водопотребления к водным ресурсам соответствующей обеспеченности.

Для оценки антропогенной нагрузки нами разработана методика, основанная на комплексном применении разнообразных приемов, с детальным изучением состояния безвозвратного водопотребления в отраслях экономики [5, 8, 28, 30, 40].

Статистические методы – в основе которых лежит совместный анализ многолетних колебаний стока и естественных факторов, а также динамики хозяйственной деятельности в бассейне.

К ним относятся приемы и способы восстановления естественного стока за период с нарушенным водным режимом с помощью уравнений регрессии, связывающих величину стока в рассматриваемом створе. Восстановленные ряды сравниваются с фактическими и на основе этого выявляется и оценивается изменение речного стока, вызванное хозяйственной деятельностью.

Воднобалансовый метод – расчеты выполняются на основе данных по учету использования воды и изменений элементов водного баланса в бассейне реки в результате воздействия каждого вида хозяйственной деятельности в отдельности.

Методы и приемы исследования, которые предусматривают отдельный учет каждого вида хозяйственной деятельности. В основе этого лежит анализ изменения элементов водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности с применением принципа сохранения водных масс, выражаемого уравнением водного баланса.

Оценка изменений водных ресурсов на долгосрочную перспективу является ключевой проблемой гидрологии. Однако «водный» вопрос здесь несколько осложнен определенными факторами естественного и антропогенного характера. В силу расположенности в системе глобального водообмена увлажненность региона очень сильно зависит от степени ее поступления извне. Основная масса осадков в Казахстан, как известно, поступает с юга, юго-запада, запада и с северо-запада (циклоны с юга Каспийского моря, из долин Теджен и Мургаб и полярные воздушные массы). При прохождении через регион южных циклонов в горных районах зимой выпадает до 400...450 мм осадков (70...80% годовой суммы) [30].

В настоящее время исследованию изменений климата посвящено большое число работ [4, 6, 11, 17, 26, 31, 41]. Так широко известная Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2014 г. выпустила свой Пятый оценочный доклад. Выводы доклада однозначны: изменение климата реально, человеческая деятельность и увеличение концентрации в атмосфере «парникового» газа CO_2 является основной его причиной. Весьма вероятно, что к концу этого столетия средняя глобальная температура повысится на 1...2 °C по сравнению с уровнем 1990 г. и на 1,5...2,5 °C

по сравнению с доиндустриальной эпохой. Продолжится потепление океанов и таяние льдов. По оценкам, к 2065 г. среднемировой уровень моря повысится на 24...30 см., а к 2100 году – на 40...63 см по сравнению с уровнем 1986...2005 гг. Большинство последствий изменения климата будет сохраняться на протяжении нескольких столетий, даже если выбросы парниковых газов полностью прекратятся [11].

Сверхдолгосрочные прогнозы могут быть составлены также на основе эмпирических зависимостей стока рек от метеорологических факторов, в частности от ожидаемых значений осадков и температуры воздуха, полученных на основе модели МОЦАО, прогнозы стока на основе модели формирования стока [8, 10, 11, 14, 20, 21]. В этих работах стокообразующие факторы учитываются на основе физико-математической модели формирования стока, разработанной в Институте водных проблем Российской академии наук и РГП «Казгидромет», имеется также опыт в прогнозировании водных ресурсов отдельных районов Казахстана в пределах водохозяйственных бассейнов с использованием моделей МОЦАО на основе спрогнозированных значений атмосферных осадков и температуры [15, 19, 27]. В работах [2, 1, 29] приведены результаты оценки изменчивости климата и речного стока на основе расчетов ансамбля глобальных климатических моделей из проекта СМIP5. Однако заблаговременность таких прогнозов ограничена и не учитывает возможные изменения стокообразующих факторов в результате глобального изменения климата.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Речной сток Казахстана составляет, впрочем, как и в других регионах планеты, значимую часть (около 85...95 %) ежегодно возобновляемых ресурсов воды, а их доля в использовании в экономике доходит до 95 %. Практически ежегодно возобновляемые ресурсы пресных поверхностных вод страны представлены речным стоком [13, 16, 22, 23, 36, 37].

На рис. 1 представлены фактические показатели ресурсов речного стока. Фактические суммарные ресурсы поверхностных вод Казахстана за современный период составили 90,1 км³/год, из которых 54,5 км³ – местный сток,

50,8 км³ – сток, поступивший из сопредельных государств (из них 3,70 возвратные ресурсы): из Китая – 21,4 км³ (по р. Иле 12,8 км³, по р. Емель 0,27 км³, по р. Ертис 8,32 км³), из Узбекистана – 16,9 км³ (по р. Сырдария 15,0 км³, по каналам

переброски 1,90 км³), из Кыргызстана – 3,14 км³ (по рр. Шу, Талас, Ассы 2,77 км³, по р. Каркара 0,37 км³), из России – 9,31 км³ (по рр. Жайык, Волга, Шаган, Сарыозен, Караозен 8,86 км³, по р. Тобыл 0,45 км³).

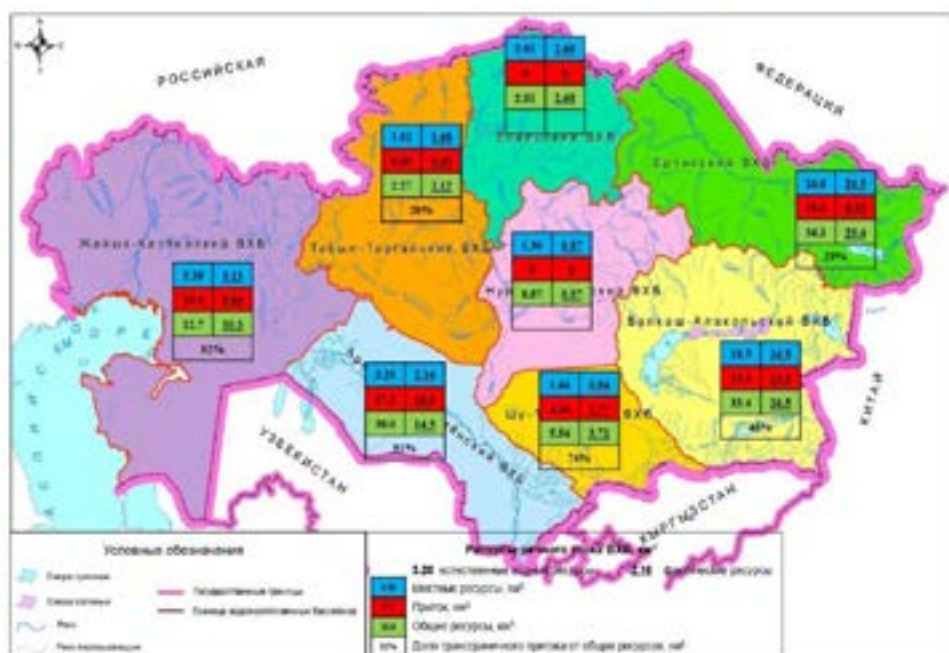


Рис. 1. Современное состояние ресурсов речного стока РК.

На сегодня в Казахстане существуют как внешние, так и внутренние угрозы изменения речного стока, которые усугубятся в ближайшей перспективе [13, 16, 22...24] и можно подразделить следующим образом:

Внешние угрозы:

- 1) Уменьшение объема притока трансграничных рек вследствие глобальных и региональных изменений климата;
- 2) Изменения режима стока трансграничных рек вследствие зарегулированного притока воды по трансграничным рекам, связанного с условиями водопользования в верховьях.

Внутренние угрозы:

- 1) Уменьшение объема стока рек вследствие сокращения притока воды по трансграничным рекам;
- 2) Изменение режима стока рек вследствие глобальных и региональных изменений климата;
- 3) Истощение ресурсов речного стока. хозяйственный спрос на речную воду в РК удовлетворяется за счет местного и суммарного стока.

Водопотребление экономики составляет в среднем 32,5 км³ в год, самый крупный потре-

битель – сельское хозяйство – 75 %. Более половины этого объема используется в Арало-Сырдаринском бассейне – 53 %, то есть там, где традиционно развито орошаемое земледелие.

Крупнейшие промышленные потребители воды – объекты Ертисского бассейна – 38 %, Нура-Сарысуийского – 29 %, Урало-Каспийского – 21 %, то есть индустриально развитые регионы страны. Коммунально-бытовой сектор использует всего около 5 % вод [13, 36].

Известно, что семь из восьми ВХБ РК трансграничные и очевидно роль трансграничного притока в суммарных ресурсах речных вод Казахстана очень высока и составляет 55 % (с учетом стока с РК – 52 %). В этом отношении наиболее уязвимы Арало-Сырдаринский (91 %), Жайык-Каспийский (82 %), Шу-Таласский (74 %), Балкаш-Алакольский (48 %), наименее – Тобыл-Торгайский и Ертисский ВХБ.

В настоящее время приток по трансграничным рекам уменьшился до 50,8 км³, антропогенное сокращение по нашим оценкам составило 17,9 км³ (с 68,7 до 50,8 км³), т.е. за счет антропогенного влияния на стороне сопредельных государств речной приток в Казахстан уменьшился на 26 %.

В Арало-Сырдаринском в самом напряженном в водном балансе ВХБ сокращение достигло 38 % (10,3 км³) со стороны Узбекистана, в Шу-Таласском 32 % (1,33 км³) со стороны Кыргызстана, со стороны России сток по р. Ер-тис приток сократился на 21,5 % (2,28 км³), по Жайык-Каспийскому ВХБ на 15 % (1,56 км³), в Балкаш-Алакольском бассейне речной приток уменьшился на 15,3 % (2,44 км³) за счет антропогенной деятельности на территории Китая.

Поэтому, влияние хозяйственной деятельности на сток на территории РК можно оценить по изменению имеющихся суммарных ресурсов, которое при современных условиях водопользования составляет 16,0 км³ (с 106 до 90,0 км³). При этом, на территории РК местный сток изменился на 4,8 км³ (с 59,3 до 54,5 км³), сток в русле трансграничных рек на 11,2 км³ (с 16,0 до 4,8 км³) [36, 37].

В нашей работе мы были нацелены на ориентировочную оценку безвозвратного водопотребления, дифференцировали их по отдельным районам и отраслям экономики, что позволило бы в дальнейшем получить относительно надежные сценарии перспективного влияния антропогенных нагрузок на водные ресурсы.

Для оценки разработана методика, основанная на комплексном применении методов гидрологической аналогии, водного баланса и способа определения безвозвратного водопотребления по отраслям экономики. Согласно нашим оценкам, средние по территориям ВХБ РК величины антропогенной нагрузки на суммарные водные ресурсы в средние по водности годы доходят до 62,8 %, в маловодные – до 69,6 %. В Арало-Сырдаринском, Шу-Таласском и Нура-Сарысуйском ВХБ спрос на воду превышает местные собственные водные ресурсы [36].

Сопоставление имеющихся данных по водозаборам и результатов антропогенного изменения речного стока дает возможность приближенно оценить величины безвозвратного водопотребления в каждом регионе и соотношения между объемами безвозвратного и полного водопотребления.

На территории Казахстана ожидается дальнейшее повышение температуры приземного воздуха во все месяцы года. Ожидаемый рост средней годовой температуры примерно составляет к 2030 г. почти во всех регионах страны до 2 °С, только в северной части может быть уве-

личение температуры до 3...4 °С. К 2050 г. увеличение средней годовой температуры по всему РК составит почти 3 °С, в северо-западной, северной и центральных регионах страны может достигать 4 °С. Увеличение количества осадков к 2030 г. составит, в основном, около 10 %. Увеличение более 10 % вероятно в северных, центральных и горных районах юго-востока, а также в регионах Прибалкашья [17].

Данные представлены для двух сценариев выбросов парниковых газов, так называемых репрезентативных траекторий концентраций (Representative Concentration Pathways (RCP)). Цифры указывают радиационное воздействие, т.е. изменение радиационного баланса поверхности Земли к 2100 г. в Вт/м².

Для каждого квадрата приводится своё значение, которое показывает, на сколько градусов изменится температура воздуха или на сколько процентов изменится количество осадков, к примеру, на период 2006...2035 гг. относительно базового периода 1981...2000 гг. по сценарию RCP 4.5 или RCP 8.5 в конкретном месяце, сезоне или за год. Значения базового климата 1981...2000 гг. также приводятся для каждого квадрата. Эти значения показывают количество осадков за день в конкретном месяце, сезоне, году (мм/день) в среднем за период 1981...2000 гг., а также среднемесячные значения температуры воздуха за конкретный месяц, сезон, год (°С), осреднённые за период 1981...2000 гг. Исходные данные ожидаемого изменения температуры и осадков рассчитаны за периоды 2006...2035 гг. относительно базового периода 1981...2000 гг. с интервалом каждые 5 лет.

По результатам расчета с использованием прогностических зависимостей между речным стоком и метеорологическими характеристиками (температура, атмосферные осадки) были получены сценарные прогнозы изменения стока в разрезе 8 водохозяйственных бассейнов и административных районов РК. Результаты сценарных прогнозов климатически обусловленных изменений речного стока представлены в табл. 2.

Ожидаемые водные ресурсы по всему Казахстану, рассчитанные по двум сценариям RCP 4.5 и RCP 8.5, дают примерно равные результаты во все периоды 2020...2029, 2025...2034, 2030...2039. Поэтому, мы приводим прогнозные значения стока, как осредненные по обоим сцена-

риям. Отклонения прогнозных значений стока от нормы стока за расчетный период 1974...2015 г. по всему РК за все периоды составляют от 9,36 до 12 %. Ожидается увеличение местного стока в юго-восточных и восточных регионах республики (Шу-Таласский, Балкаш-Алакольский, Ертисский ВХБ) от 0,18 до 10,0 %, в Арал-Сырдаринском ВХБ до 27,4 %, в Нура-Сарысуском ВХБ почти вдвойне. Максимальное увеличение местных ресурсов ожидается с северо-западной

части страны в Тобыл-Торгайском ВХБ, где возможен рост водных ресурсов почти в 2...3 раза.

Прогнозные оценки ресурсов речного стока с учетом климата и антропогенных нагрузок, представлены в табл. 1. При реализации возможных климатических, антропогенных и трансграничных гидрологических угроз, прогнозируется сокращение ресурсов речного стока: суммарного стока по Казахстану к 2030 г. от 90,1 до 87,1 км³ в год (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

Прогнозные значения фактических ресурсов речного стока РК с учетом климата и антропогенных нагрузок 2030 г.

Водохозяйственные бассейны	Местные ресурсы		Приток		Суммарный	
	Всего	В т.ч. отток за пределы РК (возвратный)	Всего	В том числе сформированный на территории сопредельных стран	Всего	Суммарный с учетом антропогенных изменений в русле основной реки
Арало-Сырдаринский	3,17	0,48	14,4	13,9	17,1	12,7
Балкаш-Алакольский	16,6	0,99	12,5	11,5	28,1	25,5
Ертисский	26,5	1,31	7,13	5,82	32,3	27,7
Есильский	2,47				2,47	2,47
Жайык-Каспийский	3,08	0,97	8,63	7,66	10,7	9,97
Нура-Сарысуский	1,96				1,96	1,96
Тобыл-Торгайский	1,88		0,59	0,59	2,47	2,47
Шу-Таласский	1,01		3,21	3,21	4,22	4,22
Итого по РК	56,7	3,75	46,4	42,7	99,4	87,1

Прогнозные водные балансы бассейнов были нами приближенно оценены в целях оценки количества и степени освоения доступных для использования водных ресурсов в границах речных бассейнов. Они представляют собой расчёты потребностей водопользователей в водных ресурсах по сравнению с доступными для использования водными ресурсами в границах речных бассейнов при различных условиях водности, с учётом неравномерного распределения поверхностного стока в различные периоды. Прогнозный водный баланс бассейнов на перспективу до 2030 г. для отдельных ВХБ состоит из:

- фактических значений притока на территорию ВХБ;
- речного стока, формирующегося на терри-

тории ВХБ, т.е. местные ресурсы;

- оттока и возвратного притока на территорию ВХБ;
- потребление воды в ВХБ (антропогенное влияние);
- располагаемых ресурсов в устьевых участках основных рек;
- естественных затрат в речной сети;
- имеющихся ресурсов, т.е. те, на которые можно рассчитывать при водохозяйственном планировании.

Таким образом, необходимо ориентироваться на имеющиеся ресурсы, под которыми подразумеваются ежегодно возобновляемые местные естественные ресурсы речного стока. На территории РК на перспективу до 2030 г. имеющиеся ресурсы составляют 105 км³ – столько воды не-

обходимо иметь для существования экологически стабильного равновесного состояния систем Казахстана, из которых местные водные ресурсы 62,2 км³, приток на территорию РК 46,4 км³, отток с территории РК 26,3 км³, антропогенное влияние 17,9 км³, также имеются естественные затраты речной сети составят 25,6 км³.

Нельзя забывать и о природно-климатическом факторе: вопросы гидрометеорологии, гидрологии и использования водных ресурсов обязаны рассматриваться как единое целое. От их учета полностью зависит достоверность мониторинга состояния водных объектов, который должен стать планомерным и лечь в основу их содержания, безопасной эксплуатации, чтобы заблаговременно принимать меры по опережению бедствий и аварийных ситуаций.

Высокая степень вариативности воздействия экосистем на гидрологию предостерегает от обобщения представлений, касающихся природных решений. Природные системы динамичны, и их роли и воздействие со временем меняются.

Необходимые ответы на эти угрозы и вызовы по существу связаны с созданием благоприятных условий для природных решений с тем, чтобы их рассматривали на равной основе с другими вариантами управления водными ресурсами [42].

В экономическом плане водные проблемы связаны с огромным комплексом вопросов развития: работа коммунальных служб, в частности обеспечение питьевой водой и санитарными услугами; орошение; энергетика, включая строительство гидроэлектростанций; навигация и т.д. В политико-правовом плане трансграничные водные ресурсы, особенно реки, представляют собой разновидность ресурсов, которые плохо поддаются разделу между государствами. При этом политико-правовые режимы функционирования трансграничных водных ресурсов в кризисных зонах, как правило, недостаточно четко определены или де-факто не соблюдаются заинтересованными сторонами [25].

Как известно, Казахстан расположен в нижнем течении крупных трансграничных рек, поэтому обеспеченность водой во многом зависит от хозяйственной «позиции» соседних государств, от развития их экономик и роста народонаселения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Водные ресурсы, а точнее их рациональное использование, определяют благополучие людей, поддержание природного потенциала и значительную часть поступлений в национальный доход стран региона.

Водные ресурсы речного стока в РК за счет антропогенной деятельности уменьшились на 16,0 км³ в год. Это отвечает долгосрочному прогнозу изменения климата. С учетом ожидаемого снижения трансграничного стока к 2030 г. произойдет дальнейшее уменьшение водных ресурсов республики до 87,1 км³ в год, в маловодные годы меньше 50,0 км³.

Это свидетельствует об угрозе жесткого дефицита вод на рубеже 2030...2050 гг., что в целом затрагивает вопросы национальной безопасности.

Снижение нагрузки на водные ресурсы и увеличение ресурсов пресной воды – пути устранения дефицита в Казахстане [13, 22...24, 27]. Необходимо предусмотреть реализацию мероприятий по уменьшению темпов развития основных водопотребителей и использование современных технологий для сокращения потребления пресной воды в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве, а также регламентировать располагаемые для использования водные ресурсы за счет регулирования речного стока, правильного территориального распределения водных ресурсов. Кроме того, нужно повсеместно внедрить новые водосберегающие технологии; автоматизированные системы управления производственными процессами; наладить государственный и первичный учет вод, необходимо наладить правые и экономические механизмы совместного использования водных ресурсов трансграничных водотоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока // Гидрометеорология и экология. – 2018. – №3 – С. 80-94.
2. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / под. ред. Коронкевича Н.И., Зайцевой И.С. – М.: Наука, 2003. – 367 с.
3. Антропоцен: научные споры, реальные

- угрозы Лиз-Режане Исбернер и Филипп Лена 2018г. «Курьер ЮНЕСКО» апрель-июнь [Электр. ресурс]. URL: <http://ru.unesco.kz/the-unesco-courier-april-june-2018>.
4. *Бэйтс Б.К., Кундцевич З.В., Палютикоф Ж.П.* Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – Секретариат МГЭИК. – Женева, 2008. – 228 с.
5. Водные ресурсы России и их использование. – СПб, 2008. – 600 с.
6. Второе Национальное Сообщение Республики Казахстан // Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата, Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан. – Астана, 2009. – 192 с.
7. *Гаглоева А.Е.* Влияние изменения климата на водные ресурсы Центральной Азии // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – Кн. 1. – С. 297-302
8. *Гальперин Р.И., Достай Ж.Д.* Вопросы совершенствования методов гидрологических расчетов и прогнозов для управления водными ресурсами // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 70-летию организации Института географии «Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика» (27-29 августа 2008 г., г. Алматы). Алматы, 2008. – С. 214-224.
9. *Говард С.* Уитерномер «Курьер ЮНЕСКО» 2019 г. «Водная безопасность: в условиях неопределенности» [Электр. ресурс]. URL: <https://ru.unesco.org/courier/2019-1/vodnaya-bezopasnost-v-usloviyah-neopredelennosti>
10. *Голубцов В.В.* Моделирование стока горных рек в условиях ограниченной информации. – Алматы, 2010. – 232 с.
11. *Груза Г.В., Мещерская А.В.* Изменения климата России за период инструментальных наблюдений. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2008. – 288 с.
12. *Давлетгалиев С.К., Медеу Н.Н.* Сценарные прогнозы ресурсов стока рек Жайык-Каспийского бассейна по отдельным участкам // Вестник КазНУ, 2017. – №2(45). – С. 28-39.
13. *Достай Ж.Д.* Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Алматы: 2012. – Т. 2. – 330 с.
14. *Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Турсунова А.А.* Методы прогнозирования и оценки ресурсов и запасов поверхностных вод // Матер. междунар. науч.-теорет. конф. «Ресурсы подземных вод – важнейший элемент устойчивого развития экономики Казахстана». – Алматы, 2012. – С. 105-118.
15. *Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А.* Оценка ресурсов поверхностных вод Южного Казахстана на перспективу // II Всероссийская научная конференция с международным участием. «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии». – Барнаул, 2014. – Т. 1. – С.102-109.
16. «Зелёные» решения актуальны в управлении водными ресурсами. 25 июня 2018 г. [Электр. ресурс]. URL: https://forbes.kz/process/resources/po_zakonom_prirody_1529662128/
17. *Ибатуллин С.Р., Ясинский В.А., Мироненков А.П.* Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии // Отраслевой обзор. Евразийский банк развития, 2009 г. – Алматы, 2009. – 43 с. [Электр. ресурс]. http://www.cawater-info.net/library/rus/eabr_1.pdf
18. Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад // Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК. – Женева, 2014. – 163 с.
19. *Кишкимбаева А.А., Смирнова Е.Е., Болатова А.А.* Определение тенденции изменения стока р. Шарын на перспективу под влиянием климата // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – Кн. 2. – С. 343-347.
20. *Кучмент Л.С., Гельфан А.Н.* Исследование эффективности ансамблевых долгосрочных прогнозов весеннего половодья, основанных на физико-математических моделях формирования речного стока // Метеорология и гидрология, 2009. – №2. – С. 54-67.

21. Леонов Е.А. Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз. – СПб.: Алтея, Наука, 2010. – 352 с.
22. Мальковский И.М. Водная безопасность Казахстана: проблемы и пути решения. – 2012. [Электр. ресурс]. URL: <https://camonitor.kz/5358.html>
23. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения. Алматы, 2015. – 582 с.
24. Нысанбаев Е.Н., Медеу А.Р., Турсунова А.А. Водные ресурсы Центральной Азии: вызовы и угрозы, проблемы использования // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Матер. междунар. научно-практ. конф. «Вода для жизни», Алматы, Казахстан, 2016. – Кн. 1. – С. 4-8.
25. Проблема пресной воды. Глобальный контекст политики России. – Москва: МГИМО-Университет, 2011. – 87 с.
26. Снижение нагрузки на водные ресурсы и увеличение ресурсов пресной воды - пути устранения ее дефицита в Казахстане. 2012 г. [Электр. ресурс]. URL: https://www.inform.kz/ru/snizhenie-nagruzki-na-vodnye-resursy-i-uvelichenie-resursov-presnoy-vody-puti-ustraneniya-ee-deficita-v-kazahstane_a2451667
27. Шиварева С.П., Аvezова А. Применение модели HBV для расчета стока р. Оба на перспективу с учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2012.– №4. – С. 66-77.
28. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 335 с.
29. Alimkulov S., Tursunova A., Saparova A., Kulebaev K., Zagidullina A., Myrzahmetov A. “Resources of River Runoff of Kazakhstan” // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – August 2019 – Volume-8. – Issue-6. – Pp. 2242-2250. doi: 10.35940/ijeat.F8626.088619
30. Bergström S., Singh V.P., Ed. The HBV Model. Computer Models of Watershed Hydrology // Water Resources Publications. – Highlands Ranch, Colorado, 1995. – P. 443-476.
31. Dai A., Qian T., Trenberth K.E., Milliman J.D. Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004 // J. Climate. 2009. N 22. P. 2773–2792.
32. Doris Duethmann et al. Why does a conceptual hydrological model fail to correctly predict discharge changes in response to climate change? Supplement of Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 3493–3511, 2020 <https://doi.org/10.5194/hess-24-3493-2020-supplement>
33. Entekhabi D., Asrar Ch., Betts A.K. et al. An Agenda for Land Surface Hydrology Research and Call for the Second International Hydrological Decade // Bull. Amer. Meteorol. Society. – 1999. – V. 80. – № 10. – P. 2043-2058.
34. Global water: issues and insights / Ed. R.Q. Grafton, P. Wyrwoll, C. White, D. Allendes. – Canberra: ANU Press, 2014. – 239 p.
35. McLellan R., Iyengar L., Jeffries B., Oerlemans N. WWF. Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places. – Gland: WWF, 2014. – 176 p.
36. Medeu A.R., Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Baspakova, G.R., Kulebayev, K.M. Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan 2020 EurAsian Journal of Bio-Sciences 14(1), с. 301-307
37. Sanim Bissenbayeva, Jilili Abuduwaili, Dana Shokparova, Asel Saparova. Variation in Runoff of the Arys River and Keles River Watersheds (Kazakhstan), as Influenced by Climate Variation and Human Activity. Sustainability 2019, 11(17), 4788; <https://doi.org/10.3390/su11174788>
38. Severskiy I., Vilesov E., Armstrong R., Kokarev A., Kogutenko L., Usmanova Z., Morozova V., Raup B. Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades // Annals of Glaciology. – 2016, V.57(71). – P. 382-394. Doi: 10.3189/2016AoG71A575.
39. Shahgedanova, Afzal M., Severskiy I. Usmanova Z., Saidaliyeva Z., Kapitsa V., Kasatkin N., Dolgikh S. Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20-th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments // Journal of Hydrology. – 2018. – Vol. 564, September 2018. – P. 1133-1152.
40. Shiklomanov I.A. Water resources as a challenges of the twenty-first century. Tenth WMO lecture / WMO. – 2004. – №. 959. – P. 13-146.
41. Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A. An overview of CMIP5 and the experiment design // Bulletin of the American Meteorological Society. – Vol. 93. – Issue 4. – Pp. 485-498, DOI:10.1175/BAMS-D-11-00094.1

42. The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water; executive summary. NATURE-BASED SOLUTIONS for WATER Executive summary [Электр. ресурс]. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594>

43. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. – Paris: UNESCO, 2015. – 122 p.

REFERENCES

1. *Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletgaliev S.K., Saparova A.A.* Resursy rechnogo stoka // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2018. – №3 – S. 80-94.

2. Antropogennye vozdeistviya na vodnye resursy Rossii i sopedel'nykh gosudarstv v kontse XX stoletiya / pod. red. Koronkevicha N.I., Zaitsevoi I.S. – M.: Nauka, 2003. – 367 s.

3. Antropotsen: nauchnye spory, real'nye ugrozy Liz-Rezhane Issberner i Filipp Lena 2018g. «Kur'er YuNESKO» aprel'-iyun' [Elektr. resurs]. URL: <http://ru.unesco.kz/the-unesco-courier-april-june-2018>.

4. *Beits B.K., Kundtsevich Z.V., Palyutikof Zh.P.* Izmenenie klimata i vodnye resursy. Tekhnicheskii dokument Mezhpripravitel'stvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata. – Sekretariat MGEIK. – Zheneva, 2008. – 228 s.

5. *Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie*. – SPb, 2008. – 600 s.

6. Vtoroe Natsional'noe Soobshchenie Respubliki Kazakhstan // Konferentsii Storon Ramochnoi konventsii OON ob izmenenii klimata, Ministerstva okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan. – Astana, 2009. – 192 s.

7. *Gagloeva A.E.* Vliyanie izmeneniya klimata na vodnye resursy Tsentral'noi Azii // *Vodnye resursy Tsentral'noi Azii i ikh ispol'zovanie*: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoi podvedeniyu itogov ob»yavlennoyu OON desyatiletia «Voda dlya zhizni». – Almaty, 2016. – Kn. 1. – S. 297-302.

8. *Gal'perin R.I., Dostai Zh.D.* Voprosy sovershenstvovaniya metodov gidrologicheskikh raschetov i prognozov dlya upravleniya vodnymi resursami // Materialy mezhd. nauch.-prakt. konf., posv. 70-letiyu organizatsii Instituta geografii «Geograficheskie problemy ustoichivogo razvitiya:

teoriya i praktika» (27-29 avgusta 2008 g., g. Almaty). Almaty, 2008. – S. 214-224.

9. *Govard S.* Uiter nomer «Kur'er YuNESKO» 2019 g. «Vodnaya bezopasnost': v usloviyakh neopredelennosti» [Elektr. resurs]. URL: <https://ru.unesco.org/courier/2019-1/vodnaya-bezopasnost-v-usloviyah-neopredelennosti>

10. *Golubtsov V.V.* Modelirovanie stoka gornyykh rek v usloviyakh ogranichennoi informatsii. – Almaty, 2010. – 232 s.

11. *Gruza G.V., Meshcherskaya A.V.* Izmeneniya klimata Rossii za period instrumental'nykh nablyudenii. Otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. – M.: Rosgidromet, 2008. – 288 s.

12. *Davletgaliev S.K., Medeu N.N.* Stsenarnye prognozy resursov stoka rek Zhaiyk-Kaspiiskogo basseina po otdel'nym uchastkam // *Vestnik KazNU*, 2017. – №2(45). – S. 28-39.

13. *Dostai Zh.D.* Prirodnye vody Kazakhstana: resursy, rezhim, kachestvo i prognoz. *Vodnye resursy Kazakhstana: otsenka, prognoz, upravlenie*. – Almaty: 2012. – T. 2. – 330 s.

14. *Dostai Zh.D., Alimkulov S.K., Tursunova A.A.* Metody prognozirovaniya i otsenki resursov i zapasov poverkhnostnykh vod // Mater. mezhdunar. nauch.-teoret. konf. «Resursy podzemnykh vod – vazhneishii element ustoichivogo razvitiya ekonomiki Kazakhstana». – Almaty, 2012. – S. 105-118.

15. *Dostai Zh.D., Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Saparova A.A.* Otsenka resursov poverkhnostnykh vod Yuzhnogo Kazakhstana na perspektivu // II Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem. «Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Tsentral'noi Azii». – Barnaul, 2014. – T. 1. – S.102-109.

16. Zelenye resheniya aktual'ny v upravlenii vodnymi resursami. 25 iyunya 2018 g. [Elektr. resurs]. URL: https://forbes.kz/process/resources/po_zakonom_prirody_1529662128/

17. *Ibatullin S.R., Yasinskii V.A., Mironenkov A.P.* Vliyanie izmeneniya klimata na vodnye resursy v Tsentral'noi Azii // *Otraslevoi obzor. Evraziiskii bank razvitiya*, 2009 g. – Almaty, 2009. – 43 s. [Elektr. resurs]. http://www.cawater-info.net/library/rus/eabr_1.pdf

18. *Izmenenie klimata*, 2014 g.: Obobshchayushchii doklad. // *Vklad Rabochikh grupp I, II i III v Pyatyti otsenochnyi doklad*

- Mezhpravitel'stvennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [osnovnaya gruppy avtorov, R.K. Pachauri i L.A. Meier (red.)]. MGEIK. – Zheneva, 2014. – 163 s.
19. *Kishkimbaeva A.A., Smirnova E.E., Bolatova A.A.* Opredelenie tendentsii izmeneniya stoka r. Sharyn na perspektivu pod vliyaniem klimata // Vodnye resursy Tsentral'noi Azii i ikh ispol'zovanie: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoi podvedeniyu itogov ob'yavlenogo OON desyatiletiya «Voda dlya zhizni». – Almaty, 2016. – Kn. 2. – S. 343-347.
20. *Kuchment L.S., Gel'fan A.N.* Issledovanie effektivnosti ansamblevykh dolgosrochnykh prognozov vesennego polovod'ya, osnovannykh na fiziko-matematicheskikh modelyakh formirovaniya rechnogo stoka // Meteorologiya i gidrologiya, 2009. – №2. – S. 54-67.
21. *Leonov E.A.* Kosmos i sverkhdolgosrochnyi gidrologicheskii prognoz. – SPb.: Alteya, Nauka, 2010. – 352 s.
22. Mal'kovskii I.M. Vodnaya bezopasnost' Kazakhstana: problemy i puti resheniya. – 2012. [Elektr. resurs]. URL: <https://camonitor.kz/5358.html>
23. *Medeu A.R., Mal'kovskii I.M., Toleubaeva L.S., Alimkulov S.K.* Vodnaya bezopasnost' Respubliki Kazakhstan: problemy ustoichivogo vodoobespecheniya. Almaty, 2015. – 582 s.
24. *Nysanbaev E.N., Medeu A.R., Tursunova A.A.* Vodnye resursy Tsentral'noi Azii: vyzovy i ugrozy, problemy ispol'zovaniya // Vodnye resursy Tsentral'noi Azii i ikh ispol'zovanie: Mater. mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Voda dlya zhizni», Almaty, Kazakhstan, 2016. – Kn. 1. – S. 4-8.
25. Problema presnoi vody. Global'nyi kontekst politiki Rossii. – Moskva: MGIMO-Universitet, 2011. – 87 s.
26. Snizhenie nagruzki na vodnye resursy i uvelichenie resursov presnoi vody - puti ustraneniya ee defitsita v Kazakhstane. 2012 g. [Elektr. resurs]. URL: https://www.inform.kz/ru/snizhenie-nagruzki-na-vodnye-resursy-i-uvelichenie-resursov-presnoy-vody-puti-ustraneniya-ee-deficita-v-kazahstane_a2451667
27. *Shivareva S.P., Avezova A.* Primenenie modeli HBV dlya rascheta stoka r. Oba na perspektivu s uchetom izmeneniya klimata // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2012. – №4. – S. 66-77.
28. *Shiklomanov I.A.* Vliyanie khozyaistvennoi deyatelnosti na rechnoi stok. – L.: Gidrometeoizdat, 1989. – 335 s.
29. *Alimkulov S., Tursunova A., Saparova A., Kulebaev K., Zagidullina A., Myrzahmetov A.* “Resources of River Runoff of Kazakhstan” // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – August 2019 – Volume-8. – Issue-6. – Pp. 2242-2250. doi: 10.35940/ijeat.F8626.088619
30. *Bergström S., Singh V.P., Ed.* The HBV Model. Computer Models of Watershed Hydrology // Water Resources Publications. – Highlands Ranch, Colorado, 1995. – P. 443-476.
31. *Dai A., Qian T., Trenberth K.E., Milliman J.D.* Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004 // J. Climate. 2009. N 22. P. 2773–2792.
32. *Doris Duethmann et al.* Why does a conceptual hydrological model fail to correctly predict discharge changes in response to climate change? Supplement of Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 3493–3511, 2020 <https://doi.org/10.5194/hess-24-3493-2020-supplement>
33. *Entekhabi D., Asrar Ch., Betts A.K. et al.* An Agenda for Land Surface Hydrology Research and Call for the Second International Hydrological Decade // Bull. Amer. Meteorol. Society. – 1999. – V. 80. – № 10. – P. 2043-2058.
34. Global water: issues and insights / Ed. R.Q. Grafton, P. Wyrwoll, C. White, D. Allendes. – Canberra: ANU Press, 2014. – 239 p.
35. *McLellan R., Iyengar L., Jeffries B., Oerlemans N.* WWF. Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places. – Gland: WWF, 2014. – 176 p.
36. *Medeu A.R., Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Baspakova, G.R., Kulebayev, K.M.* Anthropogenic load on water resources of Kazakhstan 2020 EurAsian Journal of Bio-Sciences 14(1), s. 301-307
37. *Sanim Bissenbayeva, Jilili Abuduwaili, Dana Shokparova, Asel Saparova.* Variation in Runoff of the Arys River and Keles River Watersheds (Kazakhstan), as Influenced by Climate Variation and Human Activity. Sustainability 2019, 11(17), 4788; <https://doi.org/10.3390/su11174788>
38. *Severskiy, I., Vilesov E., Armstrong R., Kokarev A., Kogutenko L., Usmanova Z., Morozova V., Raup B.* Changes in glaciation of the Balkhash–Alakol basin, central Asia, over recent decades // Annals of Glaciology. 2016, V.57(71). –

P. 382-394. Doi: 10.3189/2016AoG71A575.

39. *Shahgedanova, M. Afzal I. Severskiy, Z. Usmanova, z. Saidaliyeva, v. Kapitsa, N. Kasatkin, S. Dolgikh.* Changes in the mountain river discharge in the northern Tien Shan since the mid-20-th Century: Results from the analysis of a homogeneous daily streamflow data set from seven catchments // *Journal of Hydrology.* – 2018. – Vol. 564, September 2018. – P. 1133-1152.

40. *Shiklomanov I.A.* Water resources as a challenges of the twenty-first century. Tenth WMO lecture / WMO. – 2004. – №. 959. – P. 13-146.

41. *Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A.* An overview of CMIP5 and the experiment design //

Bulletin of the American Meteorological Society. – Vol. 93. – Issue 4. – Pp. 485-498, DOI:10.1175/BAMS-D-11-00094.1

42. The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water; executive summary. NATURE-BASED SOLUTIONS for WATER Executive summary [Elektr. resurs]. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594>

43. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. – Paris: UNESCO, 2015. – 122 p.

БОЛАШАҚ КЛИМАТТЫҚ ЖӘНЕ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРІСТЕР ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӨЗЕН АҒЫНДЫСЫНЫҢ РЕСУРСТАРЫ

С.К. Алимкулов¹ геогр. ғылымд. канд., **А.А. Турсунова¹** геогр. ғылымд. канд.,
А.А. Сапарова¹

¹«География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: aselek.a.s@mail.ru

Мақалада Қазақстан Республикасының Су шаруашылығы бассейндері шегіндегі өзен ағыны ресурстарына факторлар кешенінің қазіргі заманғы әсері, сондай-ақ климаттық және антропогендік өзгерістерді, Қазақстанның өзен ағыны ресурстарының қазіргі заманғы өзгеруін ескере отырып, олардың 2030 жылға дейінгі перспективадағы маңызы қарастырылады. Шаруашылық әрекеттің өзен ағындысына әсерін және климаттық негізделген ағындының өзгеруін бағалау үшін кешенді интегралды әдістер қолданылды және тиісті әдіснамалар жасалды. Өзендердің трансшекаралық бассейндерінің төменгі ағысындағы қолайсыз географиялық орналасуы салдарынан Қазақстан Республикасы мақалада қаралған бірқатар сыртқы және ішкі қатерлерді бастан кешуде.

Түйін сөздер: өзен ағындысының ресурстары, климаттық өзгерістер, шаруашылық қызметтің әсері, өзен ағысының болжамы, трансшекаралық су мәселелері

RESOURCES OF THE RIVER RUNOFF OF KAZAKHSTAN UNDER THE CONDITIONS OF FUTURE CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC CHANGES

S.K. Alimkulov¹ cand. of geogr. sciences, **A.A. Tursunova**¹ cand. of geogr. sciences, **A.A.Saparova**¹

¹ *JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Republic of Kazakhstan*

E-mail: aselek.a.s@mail.ru

The article examines the modern influence of a complex of factors on the river flow resources within the water basins of the Republic of Kazakhstan, as well as their significance for the future until 2030, taking into account climatic and anthropogenic changes, the modern change in the river flow resources in Kazakhstan. To assess the impact of economic activities on river runoff and changes in climate-related runoff, complex integral methods were used, and appropriate methodologies were developed. Due to the disadvantageous geographical position in the lower reaches of transboundary river basins, the Republic of Kazakhstan is experiencing a number of external and internal threats, which are discussed in the article.

Keywords: river runoff resources, climatic changes, impact of economic activity, river runoff forecast, transboundary water problems

UDC551.461 (262.1)

ASSESSMENT OF FLUCTUATIONS IN THE CASPIAN SEA LEVEL UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE FOR THE FUTURE UNTIL 2050

N.I. Ivkina¹ candidate of geogr. sciences, **A.V. Galayeva**¹ PhD

¹RSE "Kazhydromet", Almaty, Kazakhstan

E-mail: n_ivkina@mail.ru, nastlin@list.ru

The article considers the possible fluctuation of the Caspian Sea level in the future until 2050, taking into an account the climate changes. For this purpose, possible changes in the river inflow to the sea and meteorological parameters (precipitation, air temperature and evaporation from the water surface) were predicted. Changes in the meteorological parameters were estimated according to two climate scenarios RCP4. 5 and RCP8.5.

Keywords: level change, Caspian Sea, river water inflow, climate change scenarios, level forecast for the future

Поступила 01.03.21

DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-70-77

INTRODUCTION

The Caspian Sea is the largest landlocked reservoir on the planet. It is a drainless salty lake, and is unique reservoir with many unique features. (Figure 1).

The most well-known feature is the fluctuation of its level under the influence of changes in natural and anthropogenic processes. Changes in the water balance of the enclosed sea, strongly affects the change in the volume of water and the fluctuations in the sea level.



Fig. 1. The Caspian Sea. NASA Satellite Image, June 2020.

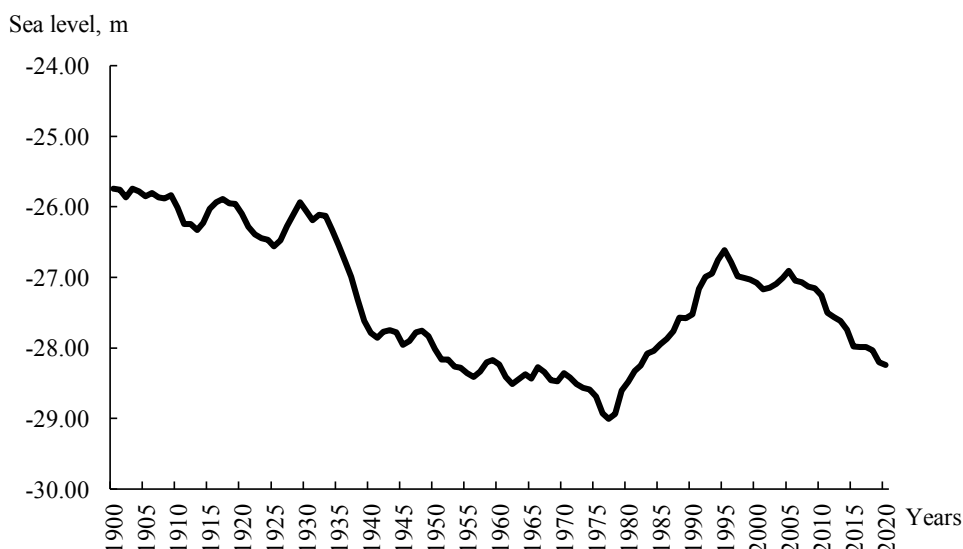


Fig. 2. Changes in the level of the Caspian Sea over the historical period, m BS.

Figure 2 shows the historical course of changes in the level of the Caspian Sea since 1900.

The Caspian Sea has always been characterized by its significant level changes. Over a long period of time, there were also certain periods of decline and rise in the level. Since the 2000-s, sea levels have been falling, as it can be seen in Figure 2. Significant fluctuations in sea level can affect the economy, people and nature. It can also lead to bad consequences in the environment [8]. Therefore, the assessment of sea level change in the future is of great scientific value. It is an essential information for oil-production, shipping, fishing and other enterprises.

The main components of the water balance of the Caspian Sea. The water balance is the ratio between the water that has entered the sea and its consumption. River runoff and evaporation are of the greatest importance for the Caspian Sea water balance. The ratio between the river runoff and evaporation mainly determines the interannual changes in the volume of water and the level of the reservoir. Studies of the relationship between the components of the water balance and the position of the sea level were conducted by a number of authors (Nesterov E.S. [3], Abuzyarov Z.K. [1], Bolgov M.V. [2], Shiklomanov I.A. [12], etc.). These studies show that climate change in the Caspian Sea basin significantly affected the sea regime in the past, and is still affected in the present.

The input part of the average long-term water balance of the Caspian Sea consists of 20 % of atmospheric precipitation falling on its surface, 1 % – from the inflow of underground water through aquifers,

and 79 % – from the river runoff [6].

The flow of the rivers determines the surface inflow to the sea and it is the main positive component of the water balance. River flow to the Caspian Sea is extremely unevenly distributed. More than 130 rivers, flow into the sea. Up to 85 % of the river flow is accounted for by the Volga and Zhaiyk (Ural), which flow into the Northern Caspian Sea. Rivers Kura, Samur, Sulak, Terek, etc, are rivers of the western coast of the sea., and provide up to 10 % of the inflow. Another 5 % of fresh water is brought to the Southern side of the Caspian sea by the rivers from the coasts of Iran. The eastern desert shores are completely devoid of constant fresh runoff. All rivers flowing into the Caspian Sea, with the exception of the Terek, have a regulated flow. The regulation of the flow affects the condition of the seasonal inflow into the sea and the fluctuations in the level.

River flow can vary. In the period from 1936 to 2019, with an average value of 292 km³ / year, it varied from 393 km³ to 207 km³ per year. The year, with the lowest water level was 1975, and the year with the highest water level was 1990.

The Zhaiyk River (Ural) is the main river of the Caspian region in Kazakhstan. It originates in the spurs of the Ural Mountains in the territory of Bashkortostan (Russian Federation) and has a total length of 2428 km [11]. It is the second most important river that determines the inflow of water to the Caspian Sea, after the Volga. The flow of the Zhaiyk River has significantly decreased in recent decades due to climate change and an increase in anthropogenic pressure [5, 10]. The analysis of the flow of the Zhaiyk River for the future is given in

[7], where its flow is predicted until the year 2050. According to the conclusions made by the authors, the flow of the river will continue to decrease.

Precipitation is the second most important input part of the water balance. They are distributed unevenly over the area of the sea. The greatest amount of precipitation (up to 1700 mm/year) falls on the south-western coast of the sea in the humid subtropics of the Lenkoran Lowland, through which the main mass of Mediterranean cyclones passes from west to east. The lowest amount of precipitation falls on the eastern coast of the sea. In the central part of the west coast in its subtropical zone, the annual precipitation is 115...220 mm, decreasing in the direction of the sea (Oil Rocks –110 mm/year). On the most part of the east coast, the annual precipitation does not exceed 95...125 mm. The role of precipitation in the seasonal sea level fluctuations is relatively small compared to the river runoff and evaporation. The annual increase in sea level as a result of precipitation is approximately 20 cm [3].

The consumption part is determined by the amount of evaporation from the sea surface. The level of evaporation depends on the humidity, wind conditions, and on the outflow to the Kara-Bo-gaz-Gol Bay. Evaporation is ranked second in the intra-annual sea level fluctuations after runoff. Its value depends on the properties of the air masses over the sea and is determined by the thermal state of the underlying surface. The deviation of evaporation from the average long-term value in some years reaches $\pm 10...20$ cm, which corresponds to about 30...50 % of the amplitude of intra-annual level fluctuations. Due to evaporation, the sea level decreases by an average of 97 cm per year.

Changes in the interrelationships of these three components of the water balance, especially the river runoff and evaporation, have a great impact on long-term fluctuations of the sea level. The analysis of changes in the main components of the water balance of the Caspian Sea was carried out in [6]. In the period from 2006 to 2019, the Caspian Sea received the least amount of precipitation, and the evaporation processes were more intense. Due to a series of low-water years in the Volga River basin, the average water inflow was also at the lowest. The main reason for this lack of water is the increase in temperature which is the result of the global warming. Which has affected the entire northern hemisphere [4]. As a result, the amount of atmospheric precipitation, mainly the precipitation

during the autumn-winter period, which forms the main volume of the Volga River runoff, has significantly decreased. Thus, fluctuations in the level of the Caspian Sea are mainly due to the ratio of the characteristics of the water balance that change under the influence of anthropogenic climate change.

Methods for estimating sea level change for the period up to 2050. The study which shows an impact of climate change in future on the level of the Caspian Sea takes into an account a variety of different factors. These include meteorological factors (atmospheric circulation, precipitation, and evapotranspiration in the catchment area), hydrological factors (flow of flowing rivers and visible evaporation), and anthropogenic factors (regulation of river flow and changes in the properties of the underlying surface for economic purposes [3, 9].

The role of these factors in the long term period can be assessed according to certain scenarios of climate change and water consumption in the basin. The studies which show the factors that determine the natural fluctuations of the Caspian Sea level indicate that the main ones are river runoff (the main contribution is made by the Volga River) and visible evaporation.

The assessment of possible changes in the river flow of the Volga River was carried out using the results of modeling using the Community Land Model, which is part of the conglomerate of the Community Climate System Model (CCSM) and Community Atmosphere Model (CAM) models. This model was developed together by scientists from the National Center for Atmospheric Research (NCAR) and the CCSM Land Model Working Group [13...16].

The model is based on the principles of environmental climatology. It is an interdisciplinary framework which assesses the impact of natural and anthropogenic changes on the climate. The model takes into an account several components: biogeophysics; hydrological cycles; biogeochemistry.

The CLM land surface model, in turn, includes a river flow module (RTM), designed to route the full flow of water to the oceans or seas, and allows you to close the hydrological cycle [11, 12]. This is necessary in order to model ocean convection and its circulation, which are affected by freshwater runoff. The module also allows you to compare the simulation results with the measurement data at the hydrological stations [14]. The RTM model uses a linear transport scheme—a grid with a resolution of 0.5° – to determine

the direction of water flow from each grid cell to the next. Changes in the amount of river water in the RTM grid cell (flow rate- m^3 / sec) are defined as:

$$\frac{dS}{dt} = \sum F_{in} - F_{out} + R, \tag{1}$$

where $\sum F_{in}$ – is the total inflow of water from neighboring cells, F_{out} – is the outflow of water to neighboring cells, R – is the runoff calculated using the CLM model (surface runoff, groundwater, runoff from swamps, lakes, and melting glaciers). The outflow of water from the cell is calculated in 8

directions (north, northeast, east, southeast, south, southwest, west, and northwest). It is based on the use of the largest slope in the cell, obtained from the digital elevation model (DEM). The flow of water flowing out of the cell is calculated by the formula:

$$F_{out} = \frac{v}{d} S, \tag{2}$$

where v – is the effective water flow rate, d – is the distance between the centers of two adjacent cells, S – is the volume of river water in the cell. The effective water flow rate is assumed to be a constant equal to $v = 0.35 \text{ m / s}$ in accordance with the studies [13]. In the RTM model, calculations are

performed with a larger time step than in the CLM model, which is due to computational limitations. Therefore, the total runoff R calculated from the land surface model is summed up until the RTM model is run. The value of R is determined from the ratio:

$$R = q_{over} + q_{drai} + q_{rgwl}, \tag{3}$$

where q_{over} – is surface runoff, q_{drai} – is underground drainage, q_{rgwl} – is runoff from glaciers, swamps, and lakes. The runoff calculated from the land surface model is interpolated into the grid nodes of the model and converted into the dimension m^3 / s by multiplying by the cell area of the RTM model.

The RCP family of greenhouse gas concentration scenarios (Representative Concentration Paths) were used in the study basin to estimate future changes in air temperature and precipitation. The data of the river flow projection for the Volga River under the scenarios RCP4.5 (which corresponds to the concentration of 650 p.p.m) and RCP8.5 (1370 p.p.m) up to 2100 are available on the

website <https://www.earthsystemgrid.org/>. Data processing for the Volgograd reservoir alignment and its visualization was carried out using the IDV (Integrated Data Viewer) software product.

To determine the inflow of water to the Caspian Sea in the future, the dependence of the flow of the Volga River in the Volgograd reservoir on the inflow of river waters to the Caspian Sea for the period 1978...2019 was constructed. (Fig. 3). This dependence has a correlation coefficient of 0.96, which indicates a good tight connection and the ability to restore the inflow of river waters to the sea in the future. Taking into account climate change, using the flow of the Volga River in the Volgograd reservoir.

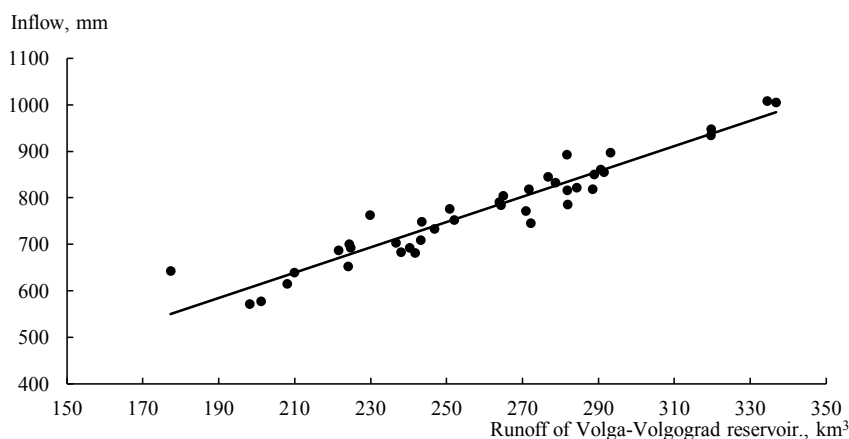


Fig. 3. Dependence of the inflow of river water to the sea on the flow of the Volga-Volgograd reservoir from the total inflow of river water to the Caspian Sea for 1978...2019.

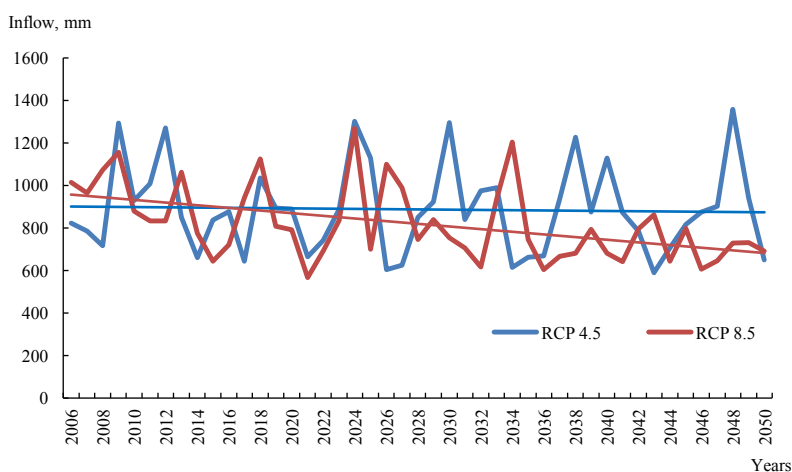


Fig. 4. The course of changes in the inflow of river waters to the Caspian Sea until 2050 under the scenarios RCP4.5 and RCP8.5.

Figure 4 shows the projections of changes in the inflow of the river water into the sea in the future under the scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5.

As the results of the calculation showed above, the inflow of water to the Caspian Sea has no

pronounced trend. Precipitation and evaporation in the Caspian region were also calculated for two selected climate scenarios, RCP4.5 and RCP8.5, based on an ensemble of climate models. The results are shown in Figure 5.

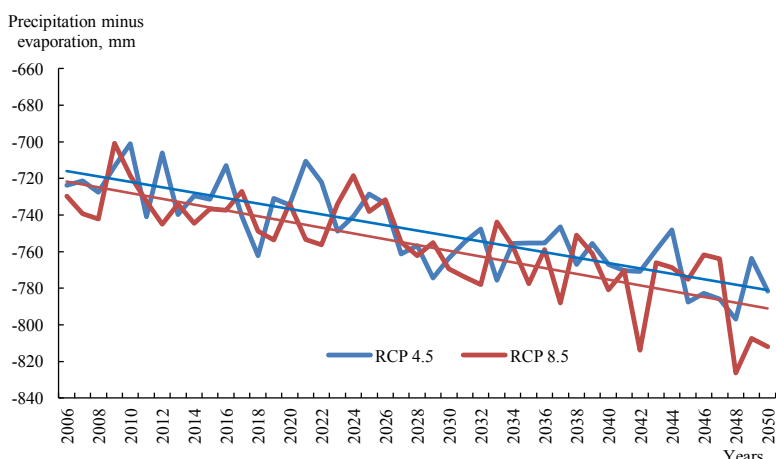


Fig. 5. Changes in the difference between precipitation and evaporation for the period up to 2050 in accordance with the climate change scenarios RCP4. 5 and RCP8.5.

As it can be seen from the graph, there is a steady trend, which means that evaporation from the Caspian Sea will increase. This is due to the predicted increase in air temperature.

Based on the projected data on the inflow of river waters into the Caspian Sea, as well as the visible evaporation, the change in the level of the Caspian Sea was predicted until 2030 (table 1).

Table 1

Changes in the level of the Caspian Sea for the future up to 2050 according to two climate scenarios, m BS

Years/The script	RCP4.5 scenario	RCP8.5 scenario
2030	-29,23	-29,63
2050	-31,84	-33,67

Figure 6 shows a visual graph of the projected level of the Caspian Sea, taking into account two

climate change scenarios (RCP4.5 and RCP8.5), as well as the actual level change (until 2020).

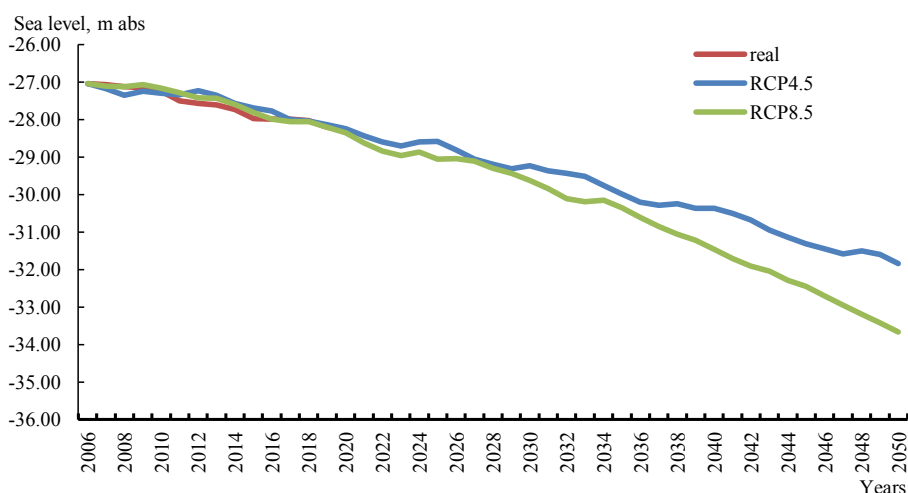


Fig. 6. Forecast values of the Caspian Sea level for two climate change scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) for the future until 2050.

Calculations have shown that the level of the Caspian Sea has a steady downward trend. This will be especially clear in the second third part of the 21st century. According to our calculations, the level of the Caspian Sea may reach -29.4...-29.6 m

by 2030.

Under the RCP4.5 scenario, the level may approach minus 32 m by 2050, and under the more pessimistic RCP8.5 scenario, the level may fall below minus 33 m (Fig. 7).

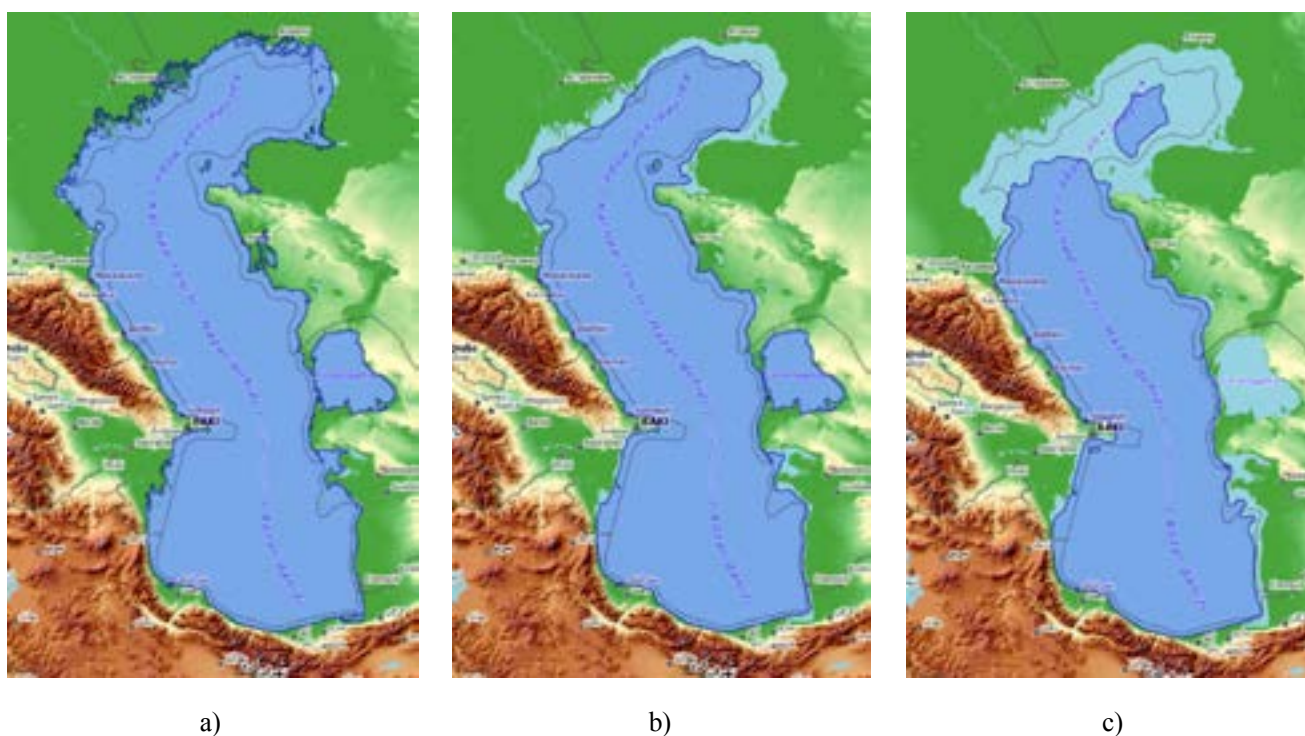


Fig. 7. Visual representation of spatio-temporal changes in the level of the Caspian Sea and its coastline.

a) 2020 year, b) 2030 year, c) 2050 year

(Visualization was performed by Natalia Mamaeva, as part of the Master's thesis project " Visualization of changes in the Caspian coastline").

It should be noted that the forecast values of the Caspian Sea level may change, depending on the receipt of additional hydrometeorological information.

Conclusion. Studies have shown that the input part of the water balance of the Caspian Sea will not

undergo any major changes until 2050. At the same time, the expenditure part will increase significantly. This may lead to a further drop in the water level of the Caspian Sea and a reduction in its area. The reduction of the area, in turn, will have a very negative impact on the Kazakh part of the sea. This

is due to the fact that the Kazakh part of the Caspian Sea has a small depth and even a smaller decrease in the level, which leads to the water slipping away from the coast for considerable distances. This complicates the work of oil-producing enterprises, shipping, and also will have a negative affect the flora and fauna.

REFERENCES

1. *Abuzyarov Z.K.* Rol' sostavlyayushchikh vodnogo balansa Kaspiiskogo morya v mesyachnykh i godovykh prirashcheniyakh ego urovnya // *Trudy Gidromettsentra Rossii.* - 2006. - Vyp.341. - S.3-27.
2. *Bolgov M.V.* Veroyatnostnyi prognoz mnogoletnikh kolebaniy urovnya Kaspiiskogo morya // *Trudy Geograficheskogo obshchestva Dagestana.* - 2013. - T.41. - S. 16-20.
3. Vodnyi balans i kolebaniya urovnya Kaspiiskogo morya / pod redaktsiei E.S. Nesterova. - M.: FGBU «Gidromettsentr Rossii», 2016.
4. Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. M.: FGBU «NITs «Planeta»», 2014. - 59 s.
5. *Ivkina N.I.* Izmenenie pritoka vody v Kaspiiskoe more v rezul'tate antropogennogo vozdeistviya i izmeneniya klimata na primere r. Zhaiyk (Ural) // *Gidrometeorologiya i ekologiya.* - 2016. - № 3. - S. 50-55
6. *Ivkina N.I., Galaeva A.V.* Izmeneniya osnovnykh sostavlyayushchikh vodnogo balansa Kaspiiskogo morya pod vliyaniem klimata // *Gidrometeorologiya i ekologiya.* - 2020. - №4. - S. 16-28
7. *Ivkina N.I., Galaeva A.V., Sairov S.B., Dolgikh S.A., Smirnova E.Yu.* Otsenka godovogo stoka reki Zhaiyk (Ural) v stvore u s. Kushum na perspektivu do 2050 g. s uchetom izmeneniya klimata // *Gidrometeorologiya i ekologiya.* - 2020. - №3. - S. 52-69
8. *Ivkina N.I., Eltai A.F., B'orn Klove, Saduokasova M.T., Shenberger I.V., Shishkina G.M.* Kolebaniya urovnya i ikh vliyanie na neftyanoe zagryaznenie kazkhstanskogo sektora Kaspiiskogo morya // *Gidrometeorologiya i ekologiya.* - 2020. - №2. - S. 62-72.
9. *Nikonova R.E.* Mnogoletnyaya izmenchivost' sostavlyayushchikh vodnogo balansa Kaspiiskogo morya i ee rol' v kolebaniyakh urovnya // *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po probleme Kaspiiskogo morya, Gur'ev, 3-5 iyunya 1991.*
10. *Terekhov A.G., Ivkina N.I., Abaev N.N., Galaeva A.V., Eltai A.G.* Reaktsiya stoka reki Ural na izmeneniya vysoty snezhnogo pokrova v ee basseine v period 2001...2019 gg. // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa.* - 2020. - №5. - tom 17. - S. 181-190.
11. *Chibilev A.A.* Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya.: Ekaterinburg, izd-vo «SV-96». - 2008. - 310 s.
12. *Shiklomanov I.A.* Hidrologicheskie aspekty problemy Kaspiiskogo morya. - L.:Gidrometeoizdat, 1976. - 78s.
13. *Branstetter, M.L.* 2001. Development of a parallel river transport algorithm and applications to climate studies. Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin.
14. *Branstetter, M.L., and Famiglietti, J.S.* 1999. Testing the sensitivity of GCM-simulated runoff to climate model resolution using a parallel river transport algorithm. Preprints, 14th Conference on Hydrology, Dallas, TX, Amer. Meteor. Soc., 391-392.
15. *Dai, A., and Trenberth, K.E.* 2002. Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations. *J. Hydrometeor.* 3:660-687.
16. *Vertenstein, M., Hoffman, F., Oleson, K., and Levis, S.* 2004. Community Land Model Version 3.0 (CLM3.0) User's Guide [Available online at <http://www.cgd.ucar.edu/tss>].

ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПЕРСПЕКТИВУ ДО 2050 ГОДА

Н.И. Ивкина¹ канд. геогр.наук, А.В. Галаева¹ PhD

¹РГП "Казгидромет", г. Алматы, Казахстан

E-mail: n_ivkina@mail.ru, nastlin@list.ru

В статье рассматривается возможное колебание уровня Каспийского моря на перспективу до 2050 года с учетом климатических изменений. Для этого были спрогнозированы возможные изменения речного притока в море и метеорологические параметры (осадки, температура воздуха и испарение с водной поверхности). Изменение метеорологических параметров оценивалось согласно двум климатическим сценариям RCP4.5 и RCP8.5.

Ключевые слова: изменение уровня, Каспийское море, приток речных вод, сценарии изменения климата, прогноз уровня на перспективу

2050 ЖЫЛҒА ДЕЙІНГІ ПЕРСПЕКТИВАДА КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ӘСЕРІНЕН КАСПИЙ ТЕҢІЗІ ДЕНҒЕЙІНІҢ АУЫТҚУЫН БАҒАЛАУ

Н.И. Ивкина¹ геогр. ғылымд. кандидаты, А.В. Галаева¹ PhD

¹"Казгидромет" РМК, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: n_ivkina@mail.ru, nastlin@list.ru

Мақалада климаттық өзгерістерді ескере отырып, 2050 жылға дейінгі перспективада Каспий теңізі деңгейінің ықтимал ауытқуы қарастырылады. Ол үшін теңізге өзен ағысының өзгеруі және метеорологиялық параметрлер (жауын-шашын, ауа температурасы және су бетіндегі булану) болжалды. Метеорологиялық параметрлердің өзгеруі RCP4.5 және RCP8.5 екі климаттық сценарий бойынша бағаланды.

Түйін сөздер: деңгейдің өзгеруі, Каспий теңізі, өзен суларының ағыны, климаттың өзгеру сценарийлері, перспективаға деңгейдің болжамы

ДЖУСУПБЕКОВ ДАУЛЕТ КАЛИБЕКОВИЧ

(к 60-летию со дня рождения)



Джусупбекову Даулету Калибековичу ученому-гидрологу, кандидату географических наук, доценту 1 января 2021 года исполнилось 60 лет.

В 1986 году он окончил Казахский Государственный университет им. С.М. Кирова, географический факультет по специальности инженер-гидролог. Свой трудовой путь Даулет Калибекович начал в 1986 году в Карагандинском Гидрометцентре в отделе гидрологии. 1993...1995 годы был преподавателем географического факультета КарГУ им. Е.А. Букетова.

В 1995 году поступил в аспирантуру на кафедру гидрологии суши, географического факультета КазНУ им. аль-Фараби. В 2002 г. Даулет Калибекович защищает кандидатскую диссертацию на тему «Колебания стока и осадков на Востоке Казахстана и их связь» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности «25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия».

Доцент Д.К. Джусупбеков успешно сочетает преподавательскую, методическую, научную, воспитательную и общественную дея-

тельность в стенах Казахского Национального университета имени аль-Фараби. 2006...2011 годы занимал должность заместителя декана по учебно-методической работе географического факультета КазНУ им. аль-Фараби. 2011...2014 годы был заведующим кафедрой метеорологии и гидрологии. Д.К. Джусупбеков участвовал и входил в рабочую группу по разработке новой образовательной программы «Гидрология» на английском языке.

Д.К. Джусупбеков активно участвует в научных проектах в рамках выполнения госбюджетных, хоздоговорных тем и грантов в приоритетных направлениях науки, связанных с проблемами использования водных ресурсов и прогнозирования высоких половодий в Казахстане. Им опубликовано более 50 научных работ, в том числе и в зарубежных изданиях с индексацией SCOPUS. Свой научный опыт он передает своим ученикам. Под его руководством защищено несколько десятков магистерских диссертаций, а также он является руководителем докторантов кафедры метеорологии и гидрологии. В честь празднования юбилея КазНУ им.аль-Фара-

би, а также за заслуги и внесенный вклад в развитие университета награжден медалью «75-летний юбилей КазНУ им. аль-Фараби».

Даулета Калибековича уважают в коллективе за добрый нрав, общительность, любознательность и целеустремленность.

Мы поздравляем Вас с Юбилеем! Желаем крепкого здоровья Вам и Вашей семье, бодрости,

легкости, достатка и благополучия! Пусть работа всегда приносит Вам радость и удовольствие, а все Ваши мечты, идеи и планы будут достигнуты!

С наилучшими пожеланиями коллектив кафедры метеорологии и гидрологии КазНУ им. аль-Фараби, коллеги из РГП "Казгидромет" и редакция журнала.

**ПАМЯТИ
ШМАРОВОЙ ИРИНЫ НИКОЛАЕВНЫ**



29 марта 2021 года не стало прекрасного человека, кандидата географических наук, старшего преподавателя, ученого КазНУ имени аль-Фараби – Шмаровой Ирины Николаевны. Вечная память светлому человеку.

Шмарова Ирина Николаевна в 1976 году закончила географический факультет КазГУ имени С.М. Кирова. С 1976 по 1989 годы работала по распределению в КазНИГМИ на должности инженера, старшего инженера и МНС. В период с 1986 по 1989 годы Шмарова И.Н. поступила и закончила аспирантуру Государственного научно-исследовательского Гидрометцентра СССР (г. Москва, Россия). По окончании аспирантуры ею успешно защищена кандидатская диссертация на тему "Пространственно-временной анализ и методика долгосрочного прогноза дат установления ледостава на реках Казахстана" и присвоена

ученая степень кандидата географических наук. С 1989 по 1997 гг. работала главным специалистом Министерства экологии и биоресурсов РК.

В 1997 году была принята на должность доцента кафедры геоморфологии и картографии КазНУ им. аль-Фараби, где она и трудилась много лет.

Ирина Николаевна внесла большой вклад в подготовку молодых специалистов. В коллективе ее уважали за доброту, элегантность, трудолюбие.

Выражаем искренние соболезнования семье, родным и близким Шмаровой Ирины Николаевны в связи с ее безвременной кончиной.

Коллеги по работе в КазНУ им. аль-Фараби,
РГП «Казгидромет», друзья, редколлегия
журнала