

*Қазақстан Республикасының  
энергетика Министрлігі*

*Министерство энергетики  
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық  
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

**№ 1**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2015

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**А.Т. Мендигарин**, Генеральный директор РГП «Казгидромет»,  
официальный представитель Республики Казахстан  
при Всемирной Метеорологической Организации

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**П.Ж. Кожаметов**, канд. техн. наук; **Н.И. Ивкина**, канд. геогр. наук

### *Ответственный секретарь*

О.С. Галаева

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Р.Г. Абдрахимов**, канд. техн. наук; **А.Х. Ахмеджанов**, доктор техн. наук;  
**М.Ж. Бурлибаев**, доктор техн. наук; **В.В. Голубцов**, канд. геогр. наук;  
**С.А. Долгих**, канд. геогр. наук; **Ж.Д. Достай**, доктор геогр. наук;  
**Р.И. Гальперин**, доктор геогр. наук; **А.Р. Медеу**, доктор геогр. наук; **Е.Ж. Муртазин**, канд. геол.-мин. наук; **В.Г. Сальников**, доктор геогр. наук; **О.Е. Семенов**, канд. физ.-мат. наук; **Б.С. Степанов**, доктор геогр. наук; **А.А. Турсунов**, доктор техн. наук; **Э.А. Турсунов**, канд. геогр. наук; **В.С. Чередниченко**, доктор геогр. наук; **С.П. Шиварева**, канд. техн. наук; **Р.К. Яфязова**, доктор техн. наук; **О.С. Галаева** (компьютерная сборка, техническая редакция).

Перевод на казахский язык:

**А.М. Бажиева**, канд. техн. наук

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

### № 1 (76)

©

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

---

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

---

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Отпечатано в типографии ИП «Everest».

г. Талгар, ул. Ыкылас, 21. Тел.: (72774) 2 02 34

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>П.Ж. Кожаметов, К.Т. Елеуова, Б.О. Баймагамбетов, А.А. Нурбацина</b>	
Распределение снеговых нагрузок на грунт по горным территориям Восточного Казахстана .....	8
<b>С.С. Байшоланов, С.Б. Саиров</b>	
Влияние изменения климата на уровень озера Бурабай .....	21
<b>Л.А. Ерисковская</b>	
Изменение континентальности климата за последние годы (на примере ледника Туйыксу) .....	29
<b>А.Н. Полевой, Л.В. Флоря</b>	
Моделирование агроклиматических ресурсов производительности урожая и формирования продуктивности сельскохозяйственных культур .....	36
<b>Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова</b>	
Сдвиг парадигмы – этап развития селеведения .....	50
<b>А.Т. Базарбаев, Л.В. Лебедь, Б.С. Степанов, Ф. Хейлман, А.В. Чередниченко, Дж. Чи</b>	
Водообеспеченность аридных пастбищ Прибалхашья, роль гидрогеологического фактора в условиях глобального потепления .....	75
<b>М.Ж. Бурлибаев, Д.М. Бурлибаева</b>	
Об экологическом стоке трансграничных рек между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой .....	90
<b>Б. Кенжебеков, А.С. Мукашева</b>	
Ожидаемые изменения в озере Балхаш в связи с сокращением стока рек .....	110
<b>С.К. Давлетгалиев</b>	
Прогноз водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна .....	115
<b>С.К. Давлетгалиев, М.С. Оспанова</b>	
Характеристики минимального месячного стока бассейна р. Елек .....	121
<b>С.М. Романова</b>	
Особенности химического состава воды водохранилищ, созданных на основе пресных и соляных высыхающих озер, лиманов .....	134

**Т.Я. Лопарева, Н.Н. Садырбаева, О.А. Шарипова,  
А.С. Мукашева**

Накопление токсикантов в планктонных беспозвоночных и их трансформация в экосистеме озера Балхаш ..... 143

**С.М. Романова, О.И. Пономаренко**

Особенности формирования химического состава воды водоемов-охладителей в условиях антропогенного влияния ..... 150

**К.М. Джаналеева, Ж.Т. Мукаев**

Геоэкологическая оценка рекреационного водопользования оз. Алаколь 157

**Ж.С. Мустофаев, А.Т. Казыкеева, А.Д. Рябцев,**

**К.Ж. Мустофаев, Н.А. Турсынбаев**

Экологические услуги при обустройстве речных бассейнов: цена земельных ресурсов ..... 167

**Алексей В. Чередниченко**

Перспективы внедрения метода распределения квот – бенчмаркин-га в промышленности ..... 177

## **ХРОНИКА**

Знания о климате как основа для действий по климату ..... 184

Б.Т. Жездибаева – «Гидрометеорология саласының үздігі» ..... 189

Е.И. Васенина – «Гидрометеорология саласының үздігі» ..... 190

Т.И. Криворучко – «Гидрометеорология саласының үздігі» ..... 191

2-ой съезд географического общества Казахстана ..... 192

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>P.ZH. Kozhakhmetov, K.T. Eleuova, B.O. Baymagambetov, A.A. Nurbatsina</b>	
Distribution of snow loads of soil across mountain territories of the East Kazakhstan .....	8
<b>S.S. Baisholanov, S.B. Sairov</b>	
Climate change impact to Burabai Lake level .....	21
<b>L.A. Ereskovskaya</b>	
Change of climate continentality during last years (by example of Tuyyksu Glacier) .....	29
<b>A.N. Polevoy, L.V. Florya</b>	
The modeling of the agro-climatic resources of the yield productivity and the formation of crop productivity .....	36
<b>B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova</b>	
Shift of a paradigm – a stage of development of the mudflow studies	50
<b>A.T. Bazarbayev, L.V. Lebed', B.S. Stepanov, Philip Heilman, A.V. CHerednichenko, Jiaguo Qi</b>	
Water supply of arid pastures of the Balkhash Lake region, role of a hydrogeological factor in the global warming conditions .....	75
<b>M.ZH. Burlibayev, D.M. Burlibayeva</b>	
Environmental flow of transboundary rivers between the Republic of Kazakhstan and China .....	90
<b>B. Kenzhebekov, A.S. Mukasheva</b>	
Expected changes in the Balkhash Lake due to reduced river flow ....	110
<b>S.K. Davletgaliyev</b>	
Forecast of a water resources for Ural-Caspian Basin .....	115
<b>S.K. Davletgaliyev, M.S. Ospanova</b>	
Features minimum monthly runoff Elek River Basin .....	121
<b>S.M. Romanova</b>	
Features of chemical composition of water storage reservoirs, created on the basis of fresh and salt drying out lakes, estuaries .....	134

<b>T.YA. Lopareva, N.N. Sadiyrbayeva, O.A. SHaripova, A.S. Mukasheva</b>	
Accumulation of toxicants in plankton invertebrates and their transformation in the Balkhash Lake ecosystem .....	143
<b>S.M. Romanova, O.I. Ponomarenko</b>	
Features of forming chemical composition of water reservoirs-coolers in anthropogenic influence conditions .....	150
<b>K.M. Dzhanaleyeva, ZH.T. Mukayev</b>	
Geoecological assessment of recreational water consumption of the Alakol' Lake .....	157
<b>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kazykeyeva, A.D. Ryabtsev, K.ZH. Mustafayev, N.A. Tursiynbayev</b>	
Ecological services at arrangement of river basins: price of land resources .....	167
<b>Alexey V. Cherednichenko</b>	
Prospects of introducing promising method of allocation of quotas – benchmarking for industry .....	177
<b>CHRONICLE</b>	
Knowledge about climate as a basis for actions to climate .....	184
<b>B.T. ZHezdibayeva</b> – Excellent employee of the Kazakhstan's Hydrometeorological Service .....	189
<b>YE.I. Vassenina</b> – Excellent employee of the Kazakhstan's Hydrometeorological Service .....	190
<b>T.I. Krivoruchko</b> – Excellent employee of the Kazakhstan's Hydrometeorological Service .....	191
2nd Congress of the Kazakhstan's Geographical Society .....	192

## ЖУРНАЛУ «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ» – 20 ЛЕТ

В марте 1995 г. вышел первый номер журнала «Гидрометеорология и экология», учрежденного гидрометеорологической службой Казахстана. Журнал является ежеквартальным научно-техническим изданием. «Гидрометеорология и экология» единственный и уникальный по своей сути научно-технический журнал в Казахстане.

Первым главным редактором и одним из организаторов журнала был доктор географических наук, профессор Г.Н. Чичасов. В состав редколлегии журнала входят известные ученые-гидрометеорологи, и экологи Казахстана, являющиеся гордостью отечественной науки. В настоящее время главным редактором журнала является генеральный директор РГП «Казгидромет» А.Т. Мендигарин.

В научном разделе журнала представлены статьи по метеорологии, агрометеорологии, климатологии, физике пограничного слоя, математическому моделированию, проблемам изменения климата. Гидрологический раздел журнала освещает результаты исследований в области гидрологии суши и морей, водных ресурсов, снежных лавин и селевых потоков, а также географические проблемы охраны окружающей среды. Существенная часть издания отведена для публикаций различных аспектов экологии.

В разделе журнала «Обзоры и консультации» публикуется информация о погоде и опасных гидрометеорологических явлениях на территории Казахстана, а также различная обзорная информация по гидрометеорологическим и экологическим вопросам. В разделе «Хроника» публикуются статьи о жизни и творчестве ученых Казахстана и ведущих специалистов РГП «Казгидромет».

Раздел публикации и рецензии освещает выход монографий и публикует рецензии на них.

Авторами статей журнала являются отечественные и зарубежные ученые. Тематика журнала постоянно расширяется, отражая научную и практическую деятельность ученых Казахстана и направляя усилия ученых на решение необходимых для развития экономики и сельского хозяйства страны задач.

Основой деятельности журнала всегда была и остается четкая и профессиональная деятельность членов редколлегии и редакции, творческая активность авторов статей и дружеская поддержка читателей.

УДК 551.577

Канд. техн. наук П.Ж. Кожахметов \*  
К.Т. Елеуова \*  
Б.О. Баймагамбетов \*  
А.А. Нурбацина \*

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК НА ГРУНТ ПО ГОРНЫМ ТЕРРИТОРИЯМ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

### СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ, СНЕГОМЕРНЫЙ МАРШРУТ, КАРТА 2 % ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

*По результатам наблюдений на 9 снегомерных маршрутах и 22 метеостанциях Казгидромета, расположенных в горных системах восточного Казахстана, в системе ArcGIS построена карта распределения снеговой нагрузки на грунт с повторяемостью 1 раз в 50 лет.. Наибольшие снегозапасы и соответствующие им снеговые нагрузки 2 %-ной обеспеченностью от 1,5 до 5,6 кПа отмечаются в горах западного Алтая (хребты Ульби, Ивановский, Оба). В горах Южного Алтая снеговые нагрузки изменяются от 2,4 до 5,6 кПа, хр. Листвяга – от 3,2 до 5,6 кПа, хр. Куришим от 1,5 до 2,4 кПа. В горах Тарбагатай от 2,4 до 4,0 кПа, в горах Саур от 1,2 до 1,5 кПа.*

Исследование нагрузок на сооружения является одной из главных задач строительной механики. Среди нагрузок на строительные конструкции наиболее изменчивыми, с большим статистическим разбросом, являются снеговые. Повторяющиеся повреждения покрытий зданий из-за снеговых нагрузок требуют решение этой проблемы с помощью современных подходов, незамедлительно. Эта задача является трудной и обширной, и ее решение по ряду причин оказывается недостаточным и еще далеким от исчерпания [5].

В РГП «Казгидромет» с 2013 г. выполняется работа по расчету снеговых нагрузок для адаптации и внедрения в строительные нормы РК требований Европейских нормативов с использованием ArcGIS-технологий [8].

Исследованиями снеговых нагрузок в горах Восточного Казахстана занимались Северский И.В., Благовещенский В.П., Пиманкина Н.В. [10, 12, 13, 14, 15], Воргина С.О. [1, 2], Голубцов В.В., Ли В.И. [3] и др. Об исследо-

\* РГП «Казгидромет», г. Алматы

ваниях снежного покрова учеными Казахстана и России и использованных методах обработки материалов наблюдений изложено в статье [4]. Голубцовым В.В. и Ли В.И. установлены закономерности изменения снеготолщин от высоты местности для бассейнов рек Восточного Казахстана [3].

Для получения формул зависимостей снеговых нагрузок от высоты местности использованы материалы наблюдений над снежным покровом на 9 стационарных снегомерных маршрутах (табл. 1) (строки 1 – 9) и на 14 метеорологических станциях (М) (строки 12 – 14) [6, 7]. Маршрут в строке 10 был исключен из-за малого периода наблюдений и перерыва.

Маршруты 1 – 9 включают 124 снегомерных пункта (СП), из которых 20 (16 %) находятся на высотах, равных или превышающих 2000 м БС. Наибольших высот, в пределах 2210...2460 м БС, достигают 4 маршрута: Каракаба, Белая Берель, Сарымсақты и Каргыба, расположенные в хребтах Сарымсақты, Тарбагатай, Катын. Диапазоны высот СП в 9-и маршрутах изменяются в пределах от 630 до 2460 м БС, в среднем равняясь 1545 м БС.

Карта распределения снеговых нагрузок на грунт составлялась по данным наблюдений на 9 снегомерных маршрутах и на 22 метеорологических станциях, расположенных на высотах от 396 м до 3917 м.

В табл. 2 приведены данные о высотах и осредненных параметрах снежного покрова для 22 метеорологических станций, расположенных в горных системах казахстанского Алтая и хребтах Саур и Тарбагатай.

На рис. 1 приведен график зависимости дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова от высоты местности, построенных по данным метеостанций Южного Алтая и Саур-Тарбагатай. На графике прослеживается тенденция смещения даты образования устойчивого снежного покрова на более ранние сроки, а даты разрушения на более поздние.

Так, на горных станциях (Маркаколь, Лениногорск) устойчивый снежный покров устанавливается в начале ноября, а в предгорьях в середине ноября.

На предгорной станции Бакты (441 м БС) продолжительность залегания устойчивого снежного покрова составляет 117 суток, а на горных станциях Катон-Карагай (1067 м БС) и Маркаколь (1372 м БС) 166 и 190 суток соответственно.

По данным снегомерных маршрутов максимальные значения снежного покрова наблюдаются в феврале – марте. Средняя из максимальных высот снега составляет 63 см, изменяясь из года в год от 38 до 98 см. Наибольшая измеренная высота снега составила 156 см (М Маркаколь, 1397 м БС).

Таблица 1

Характеристики снегомерных маршрутов в бассейнах горных рек и метеорологических станций Восточного Казахстана

№ п/п	Маршрут	Бассейн	Начало наблюдения, год	Число СП / из них $\geq 2000$ м, шт.	Горная система	Высота нижнего СП, м БС/номер	Высота верхнего СП, м БС/номер	Диапазон высот СП, м
1.	Оба	р. Ертис	1981	14 / 0	хр. Оба, Ивановский, Становой	1000 / 2	1630 / 14	630
2.	Шаравка	р. Ертис	1981	14 / 0	хр. Оба	630 / 1	950 / 14	320
3.	Белая Берель	р. Ертис	1955	16 / 4	хр. Кагын	1140 / 14	2420 / 4	1280
4.	Қаракаба	р. Ертис	1974	11 / 3	хр. Тарбағатай	1540/8,11	2210 / 18	670
5.	Қарғыба	р. Ертис	1968	14 / 3	хр. Тарбағатай (сев. склон)	810 / 20	2460 / 13	1650
6.	Ульби	р. Ертис	1959	16 / 2	хр. Ульби	910 / 1	2040 / 16	1130
7.	Уржар	оз. Алаколь	1958	13 / 0	хр. Тарбағатай (южн. склон)	790 / 10	1690 / 13	900
8.	Сарымсақты	р. Ертис	1953	15 / 6	хр. Сарымсақты	1490 / 30	2420 / 28	930
9.	Кендірлік	оз. Зайсан	1967 (2 СП), 2005 (8 СП)	11 / 2	хр. Саур	920 / 2	2120 / 30	1200
10.	Тургусун	р. Ертис	1977...1993, 2011	11 / 0	хр. Ивановский	500 / 1	1530 / 11	1030
12.	М хр. Тарбағатай		1970	5 / 0	хр. Тарбағатай	1947	606	1341
13.	М хр. Қалба		1970, 1977	5 / 2	хр. Қалба	815	3017	2202
14.	М хр. Қуршим		1970	4 / 0	хр. Қуршим	1012	359	653

Таблица 2  
Характеристика снежного покрова по станциям Казахстанского Алтая

Станция	Горная система, хребет	Высота, м БС	Высота снега, максимальная из наибольших, см	Число суток со снежным покровом	Дата образования устойчивого снежного покрова	Дата разрушения устойчивого снежного покрова	Запас воды в снеге, максимальный из наибольших, мм	Запас воды в снеге, средний из наибольших, мм	Значение снеговой нагрузки на грунт, кПа, ВП 2%
Зайсан	Саур	604	69	141	15.11	30.03	272	71	1,9
Тугыл	Тарбагагай	396	38	128	20.11	25.03	114	42	1,9
Аксуат	Тарбагагай	535	47	137	18.11	29.03	86	39	0,8
Акжар	Тарбагагай	649	45	141	15.11	28.03	113	52	1,0
Куршим	Нарын Куршимский	433	76	137	16.11	30.03	250	65	1,8
Улькен Нарын	Нарын	403	84	150	12.11	07.04	207	85	1,9
Самарка	Калба	496	96	150	10.11	07.04	313	153	3,1
Катон Карагай	Сарымсақты Листвяга	1067	48	166	04.11	03.04	131	50	1,3
Маркаколь	Южный Алтай	1372	<b>156</b>	190	01.11	01.05	387	253	4,4
Теректы	Азутау	615	98	139	16.11	02.04	405	161	4,5
Лениногорск	Оба Ивановский	809		174	01.11	12.04	77	40	2,6

Станция	Горная система, хребет	Высота, м ВС		Высота снета, максимальная из наибольших, см	Число суток со снежным покровом	Дата образования устойчивого снежного покрова	Дата разрушения устойчивого снежного покрова	Запас воды в снете, наибольших, мм		Запас воды в снете, средний из наибольших, мм	Значение снеговой нагрузки на грунт, кПа, ВП 2%
		3	4					8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Шемонаиха		310	85	157	11.11	08.04	255	134	2,7		
Шар	Калба	338	46	137	16.11	26.03	161	60	1,6		
Жангизтобе	Калба	456	53	140	16.11	25.03	46	22	0,5		
Семей		195	51	136	17.11	25.03	122	57	5,8		
Уржар	Тарбагагай	489		138	19.11	03.04	635	214	5,8		
Кокпекты	Калба	510	117	151	10.11	09.04	348	167	3,5		
Дмитриевка		356	71	150	13.11	04.04	261	113	2,6		
Бакты	Тарбагагай	441	64	117	27.11	15.03	64	31	1,8		
Баршагас	Казах. мелкосопочник	646	44	121	26.11	25.03	124	63	1,3		
Карауыл	Казах. мелкосопочник	614	23	118	30.11	10.03	7,6	24	0,7		
Шалабай	Калба	365	40	147	14.11	01.04	134	64	1,5		

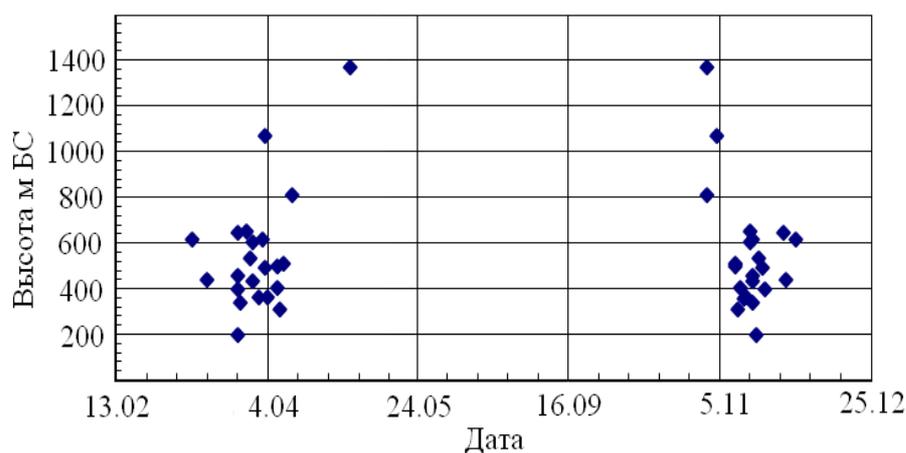


Рис. 1. Зависимости дат установления и разрушения устойчивого снежного покрова от высоты местности в горных районах Восточного Казахстана.

В табл. 2 представлены максимальные и средние запасы воды в снежном покрове, вычисленные из наибольших годовых величин, измеренных за многолетний период. Они определяют нагрузки снежной массы на грунт и перекрытия сооружений. В этой же таблице представлены рассчитанные для метеостанций снеговые нагрузки на грунт с обеспеченностью 2 %. Эти величины соответствуют Европейскому стандарту для строительства (Еврокоду-1). Определены кривые обеспеченности годовых максимальных запасов воды в снеге из наибольших многолетних значений. Они были экстраполированы до обеспеченности 2 %, т.е. до вероятности повторения 1 раз в 50 лет. Эти величины (столбец 10) пропорциональны максимальным из наибольших годовых запасов воды в снеге (столбец 8).

Для значений снеговых нагрузок на грунт обеспеченностью 2 % были определены параметры  $a$  и  $b$  в зависимости от высоты местности

$$S_k = az + b, \quad (1)$$

где  $S_k$  – снеговая нагрузка, кПа;  $z$  – высота местности, м БС;  $a$  – угловой коэффициент уравнения зависимости снеговой нагрузки от высоты местности, кПа / м БС;  $b$  – постоянный член уравнения, кПа.

В качестве примера приведена формула для расчета снеговой нагрузки для бассейна р. Берель.

Река Белая Берель является правобережным притоком р. Бухтармы и вытекает из мореных отложений Берельских ледников хр. Катун на вы-

соте 1824 м. В долинах притоков и среди котловин и впадин, особенно в верхней и средней части бассейна имеется много озер, вода в которых сохраняется в течение всего года. На всем протяжении долина реки проходит среди мощных горных хребтов. В зоне 2500 м растительность отсутствует, ниже до 2000 м – зона альпийских лугов, а ниже 2000 м – область древесно-кустарниковой растительности. Ширина долины по дну меняется в пределах 20...1600 м, преобладающая 900 м. Площадь бассейна реки у села Белая Берель составляет 1050 км<sup>2</sup>, длина 57 км. В зимний период в бассейне реки имеет место сход снежных лавин. Наиболее опасным в этом отношении является участок между СП10 и СП7.

В бассейне р. Белая Берель РГП «Казгидромет» ведет наблюдения на 13 снегомерных пунктах на высотах от 1140 до 2420 м (табл. 3). Все снегомерные пункты располагаются на прибрежных террасах основной реки и ее притоков, как правило на открытых горизонтальных участках (СП 4, СП 6, СП 7, СП 9, СП 13, СП 14) или на склонах с незначительными уклонами от 2...3° (СП 3, СП 5, СП 8) до 5...7° (СП 10, СП 12), и являются фоновыми. Наблюдения ведутся с октября 1955 года.

Таблица 3

Сведения о высоте, экспозиции и крутизне склона по месту расположения снегомерных пунктов в бассейне реки Белая Берель

Снегомерный пункт (СП)	Высота положения, м БС	Экспозиция склона	Крутизна склона, град	Снеговая нагрузка, обеспеченностью 2 % кПа
СП 3	2140	СЗ	3	11,78
СП 4	2420	горизонталь	0	11,24
СП 5	2160	З	2...3	9,21
СП 6	2010	гор	0	8,36
СП 7	1990	гор	0	8,49
СП 8	1770	ССЗ	3	7,47
СП 9	1670	горизонталь	0	7,18
СП 10	1600	ЮЮВ	5	5,47
СП 11	1660	В	5...7	4,81
СП 12	1540	Ю	5	4,32
СП 13	1240	горизонталь	0	2,58
СП 14	1140	горизонталь	0	2,35

В качестве функции распределения для максимальных запасов воды в снеге выбрано распределение экстремумов Гумбеля, которое наиболее удачно описывает эмпирические данные в верхней части кривой, в об-

ласти редкой повторяемости. По данным снегомерных пунктов была построена зависимость снеговых нагрузок от высоты местности 2 % обеспеченности (рис. 2) и определены параметры уравнения регрессии (2) с коэффициентом корреляции  $R = 0,98$ . Полученная зависимость показывает, что с увеличением высоты местности на 100 м (от 1140 до 2420 м БС), снеговая нагрузка линейно возрастает на 0,007 кПа.

Уравнение регрессии снеговой нагрузки от высоты местности для бассейна реки Берель имеет вид:

$$S_k = 0,0074z - 6,31. \quad (2)$$

Уравнение проверено на значимость с помощью F-критерия Фишера:

$$F_{\text{крит.}} = 4,96; \quad F_{\text{набл.}} = 244.$$

Фактическое (наблюденное) значение  $F_{\text{набл.}}$  превышает табличное (критическое)  $F_{\text{крит.}}$  значение, следовательно, уравнение регрессии (2) является значимым и может использоваться для расчетов снеговой нагрузки в бассейне р. Б. Берель.

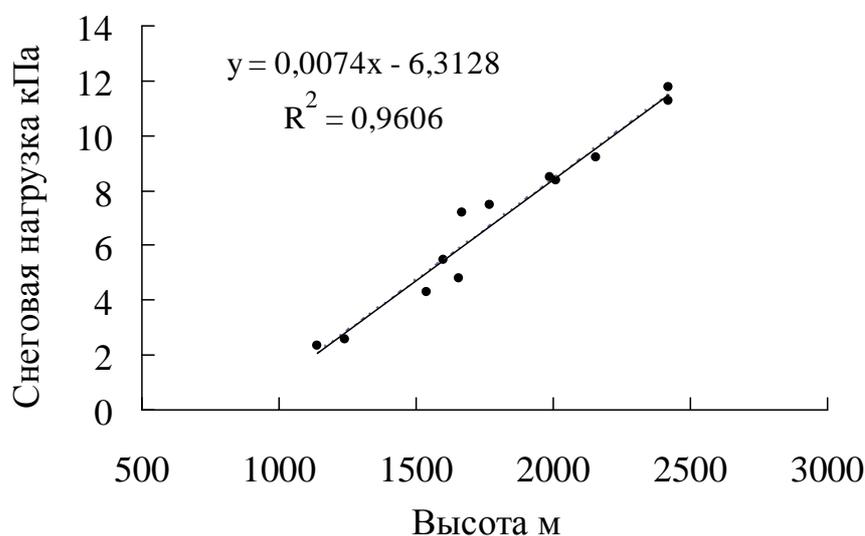


Рис. 2. График зависимости снеговой нагрузки от высоты местности в бассейне реки Б. Берель.

Эти зависимости характеризуются достаточно высокой теснотой связи, их коэффициенты корреляции равны 0,68...0,98, и по критериям Фишера они являются значимыми.

Полученные формулы позволяют рассчитывать снеговые нагрузки для указанных районов. Экстраполяция этих зависимостей за пределы высот эмпирических точек не предусматривается из-за отсутствия обоснования. Для бассейнов рассматриваемых рек с помощью ArcGIS-технологий построена карта распределения снеговых нагрузок с вероятностью превышения 1 раз в 50 лет ( $P = 2\%$ ). Растровая карта построена в масштабе 1:5000 000 с точностью до 0,1 кПа в проекции WGS\_1984\_UTM\_Zone\_42N. Аналогичным способом получены уравнения для других бассейнов рек и метеорологических станций в горах Саур, Тарбагатай, а так же хребтах Южного и Западного Алтая – Ивановский, Оба, Ульбинский, Сарымсақты, Кутунский (табл. 4).

При составлении карты использованы результаты кластерного анализа, условия расположения метеорологических станций и снегопунктов на снегомерных маршрутах в бассейнах горных рек – рельеф, экспозиция склонов, наличие водоразделов и седловин.

Учитывались также результаты исследований Института географии [9], рекомендации, руководства и публикации разных авторов [10, 11], топографические карты различных масштабов.

При выделении районов снеговых нагрузок для их картирования, использовались и данные станций, характеризующих условия открытого ровного места. Для выделения районов рассчитывался критерий оптимальности – алгоритм Прима-Краскала, границы уточнялись по индексу Чебышева.

Были рассчитаны многоплановые тесты Крускаля-Уоллиса, Вилкоксона, Манна Уитни, Серий, которые помогали относить исследуемую местность к тому или иному району.

На карте восточной части Казахстана (рис. 3) видно, что наибольшие снегозапасы и соответствующие им снеговые нагрузки 2 %-ной обеспеченностью от 1,5 до 5,6 кПа отмечаются в горах западного Алтая (хребты Ульби, Ивановский, Оба). В горах Южного Алтая снеговые нагрузки изменяются от 2,4 до 5,6 кПа, хр. Листвяга – от 3,2 до 5,6 кПа, хр. Куршим от 1,5 до 2,4 кПа. В горах Тарбагатай от 2,4 до 4,0 кПа, в горах Саур от 1,2 до 1,5 кПа.

Таблица 4

Уравнения зависимости снеговой нагрузки от высоты местности в горных районах и в бассейнах горных рек  
Восточного Казахстана

№ пп	Горная система, бассейн реки	Число снеговых пунктов	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Ошибка уравнения	Критерии Фишера расч. / критич.
1.	р. Оба, хр. Оба	14 СП	$S = 0,0043 \cdot Z - 1,2758$	0,79	0,76	21 / 4,75
2.	р. Шаравка, хр. Оба	14 СП	$S = 0,0127 \cdot Z - 3,6658$	0,89	0,46	113 / 4,75
3.	р. Берель, хр. Листвяга	11 СП	$S = 0,0074 \cdot Z - 6,3128$	0,98	0,64	244 / 4,96
4.	р. Каракаба, хр. Тарбагатай	11 СП	$S = 0,0019 \cdot Z + 1,1737$	0,84	0,31	11,6 / 6,6
5.	р. Каргыба, хр. Тарбагатай, сев. склон	14 СП	$S = 0,0049 \cdot Z - 6,276$	0,92	0,87	50,6 / 4,75
6.	р. Ульба, хр. Ульби	16 СП	$S = 0,0133 \cdot Z - 6,155$	0,91	2,26	69 / 4,67
7.	р. Урджар, хр. Тарбагатай, южн. склон	13 СП	$S = 0,0021 \cdot Z + 3,8001$	0,73	0,56	12,6 / 4,84
8.	р. Сарымсақты, хр. Сарымсақты	14 СП	$S = 0,0055 \cdot Z - 7,6123$	0,70	1,53	10,5 / 4,84

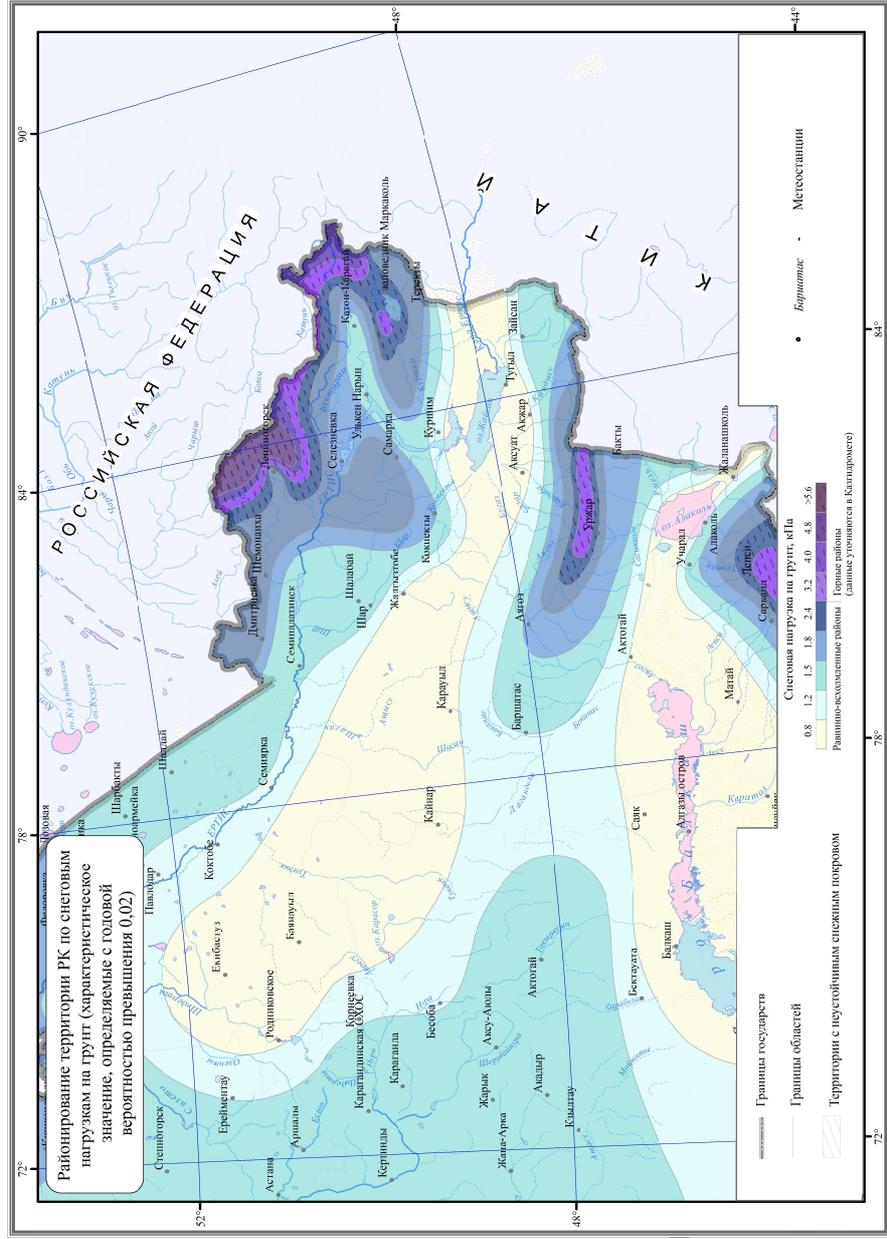


Рис. 3. Карта снеговой нагрузки на грунт в бассейнах рек Восточного Казахстана обеспеченностью 2 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воргина С.О. Районирование равнинной территории Казахстана по весу снежного покрова. // Тр. КазНИГМИ. – 1992. – Вып. III. – С. 153-157.
2. Воргина С.О. Режим снежного покрова и снеговые нагрузки на территории Республики Казахстан: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы, 1994. – 18 с.
3. Голубцов В.В., Ли В.И. О предвесенних снегозапасах в горных бассейнах Восточного Казахстана. // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1983. – Вып. 80. – С. 53-58.
4. Кожаметов П.Ж., Елеуова К.Т., Баймагамбетов Б.О., Нурбацина А.А. Распределение снеговых нагрузок по горным территориям юга и юго-востока Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №4 – С. 7-20.
5. Ледовской И.В. Проблемы теории снеговых нагрузок на сооружения: Автореф. дис. ... доктора техн. наук / СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 35 с.
6. Материалы наблюдений за снежным покровом и осадками в горах (Маршрутные снегомерные съемки, наблюдения по суммарным осадкомерам). – Алматы: 1970-2012 гг.
7. Метеорологические ежемесячники. – Алмата: 1970-2011 гг.
8. Методические указания «Воздействия на несущие конструкции». – Астана: Агентство РК по делам строительства и ЖКХ, 2012.
9. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1. Природные условия и ресурсы. – Алматы: 2010. – 149 с.
10. Пиманкина Н.И. Изменения климата и опасность сильных снегопадов и снеговых нагрузок в горах Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №3. – С. 34-44.
11. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. – Ч. 3. Составление и подготовка к изданию топографической карты масштаба 1:1000000. – М.: 1985. – 141 с.
12. Северский И.В., Благовещенский В.П. Лавиноопасные районы Казахстана. – Алматы: Наука, 1990. – 171 с.
13. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. – Алматы: Наука, 1983. – 217 с.
14. Северский И.В., Благовещенский В.П., Северский С.И., Пиманкина Н.В., Се Зичу, Жан Жизонг, Ху Руджи. Снежный покров и лавины Тянь-Шаня / МОН РК, Академия наук КНР. – Алматы, 2006. – 183 с.

15. Северский И.В., Кокарев А.Л., Пиманкина Н.В. Водные ресурсы Казахстана: Оценка, прогноз, управление. Том VI. Снежно-ледовые ресурсы Казахстана. – Алматы: 2012. – 244 с.
16. Чупахин В.М. Природное районирование Казахстана – Алма-Ата: 1970. – 261 с.

Поступила 20.02.2015

Техн. ғылымд. канд.    П.Ж. Кожаметов  
   К.Т. Елеуова  
   Б.О. Баймагамбетов  
   А.А. Нурбацина

### **ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНЫҢ ТАУ АУМАҚТАРЫ БОЙЫНША ҚАР ЖҮКТЕМЕСІНІҢ ТОПЫРАҚ БЕТІНЕ ТАРАЛУЫ**

*Қазгидрометтің Шығыс Қазақстанның таулы аймақтарында орналасқан 9 қар өліеу бағыты және 22 метеостансаларының бақылау нәтижелері бойынша ArcGIS жүйесінде қар жүктемесінің топырақ бетіне таралу картасы жасалынды. Ең жоғары қар қоры және сәйкесінше 2 % қамтамасыздықтағы 1,5 тен 5,6 кПа қар жүктемесі Батыс Алтай (Үлбі, Ивановский, Оба жоталары) тауларында бақыланады. Оңтүстік Атай тауларында қар жүктемелері 2,4 тен 5,6 кПа аралығында, Листвяга жотасында – 3,2 ден 5,6 кПа дейін, Күршім жотасында 1,5 тен 2,4 кПа дейін. Тарбағатай тауларында 2,4 тен 4,0 кПа, Саур тауларында 1,2 ден 1,5 кПа аралығында өзгереді.*

УДК 556.552

Канд. геогр. наук С.С. Байшоланов \*

Канд. геогр. наук С.Б. Саиров \*\*

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА УРОВЕНЬ  
ОЗЕРА БУРАБАЙ***ВОДНЫЙ БАЛАНС, ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, СУММА ОСАД-  
КОВ, ПЕРИОД КОЛЕБАНИЯ**Рассмотрена зависимость годового баланса объема воды озера Бурабай от колебания климата и смоделирована динамика его изменения до 2033 года.*

В РГП «Казгидромет» Министерства энергетики Республики Казахстан в 2013...2014 гг. было проведено комплексное исследование озер Щучинско-Боровской курортной зоны (ЩБКЗ) [5]. В рамках данного проекта было исследовано изменение уровня (объема) озер ЩБКЗ в зависимости от изменения климата.

Объем воды в озерах зависит от природных и антропогенных факторов. В ЩБКЗ основным природным фактором, влияющим на уровень воды в озерах является климат, а основным антропогенным фактором является забор воды на различные нужды населения и инфраструктур ЩБКЗ, включая и подземные воды.

В работах [3, 5] были приведены результаты исследования произошедших и ожидаемых изменений климата в районе ЩБКЗ, где были использованы результаты прогноза изменения климата по ансамблю моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) [1]. Прогнозные значения месячных температур воздуха и сумм осадков по МОЦАО представлены как средние за 30-и летний период. Например, прогноз на 2030 год характеризует среднюю величину за период 2015...2045 гг. На основе таких данных было невозможно прогнозировать динамику изменения уровня (объема) озера до 2030 года. Поэтому возникла необходимость прогноза изменения метеорологических элементов в динамике на период до 2030 года. С этой целью был проведен гармонический анализ много-

---

\* Институт географии, г. Астана

\*\* РГП «Казгидромет», г. Астана

летних рядов метеорологических элементов и установлена их цикличность колебания. Далее на основе установленной закономерности колебания и тенденции изменения были смоделированы их колебания до 2030 года [2, 5]. Было установлено, что многолетние (1935...2013 гг.) ряды средней годовой, средней за холодный и теплый периоды года температуры воздуха, а также сумм осадков на М Щучинск имеют в среднем 20-и летний период колебания. Дальнейшее моделирование колебаний температуры воздуха показал, что она с 2014 по 2024 год повышается, а далее понижается, достигая минимума к 2034 году. Но, вместе с тем до 2034 года сохранится общая тенденция роста температуры воздуха. Также прогнозируется колебание годовых сумм осадков, с увеличением с 2014 по 2021 год, и дальнейшим уменьшением до 2030 года. Установлено, что колебания и изменения температуры воздуха и осадков до 2030 года в комплексе окажут слабое влияние на состояние компонентов экосистемы ЩБКЗ, в том числе и на состояние озер [2, 5].

Наиболее полные многолетние данные по гидрологическому режиму и забору воды на хозяйственные нужды, позволяющие проводить регрессионный анализ, имеются по оз. Бурабай. Поэтому на его примере было исследовано влияние колебания и изменения климата на уровень (объем) воды.

Для проведения исследований в качестве основного показателя уровня воды озера было использовано изменение объема воды за гидрологический год ( $\Delta V_{гг}$ ) (табл. 1). По сути, изменение объема воды за гидрологический год является годовым балансом объема воды в озере. Он складывается из суммы приходящих и уходящих объемов воды за гидрологический год. Приходную часть составляют атмосферные осадки, поверхностный и ручейный приток, а расходную часть – испарение с поверхности озера, инфильтрация осадков и забор воды на различные нужды. Надо отметить, что поверхностный и ручейный приток подчиняется количеству выпавших осадков в бассейн озера.

Осадки, выпавшие в бассейн оз. Бурабай, можно характеризовать через сумму осадков за теплый ( $R_{mn}$ ) и холодный периоды ( $R_{xn}$ ), зафиксированные на М Щучинск (табл. 1).

Также было рассчитано испарение. Для его определения была использована ранее полученная для Северного Казахстана зависимость месячных значений испарения с водной поверхности от температуры воздуха

в теплый период года:  $E = 8,28 \cdot t + 11,3$  [4]. На основе данного уравнения было рассчитано среднее за теплый период года месячное испарение с водной поверхности ( $E_m$ ), а также объем испарения с поверхности озера Бурабай в целом за теплый период года ( $E_{mn}$ ), при средней годовой площади озера ( $S$ ) (табл. 1).

Таблица 1  
Гидрологические показатели оз. Бурабай и метеорологические показатели М Щучинск (данные В.В. Голубцова, А. Кишкимбаевой, Ж.А. Зайцевой)

Год	$S$ , км <sup>2</sup>	$\Delta V_{\Sigma}$ , млн. м <sup>3</sup>	$Q$ , тыс. м <sup>3</sup>	$E_m$ , мм	$E_{mn}$ , тыс. м <sup>3</sup>	$T_{mn}$ , °С	$T_{xn}$ , °С	$R_{mn}$ , мм	$R_{xn}$ , мм
1979...1980				105		11,3	-13,1	327	61
1980...1981	9,79	0,32		111	76,0	12,0	-11,1	322	44
1981...1982	9,83	-0,05		114	78,3	12,4	-12,5	290	56
1982...1983	9,89	1,31		109	75,3	11,8	-8,3	223	73
1983...1984	9,88	-0,43		99	68,3	10,6	-10,7	250	87
1984...1985	9,89	1,43		96	66,3	10,2	-16,1	316	82
.....	....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2003...2004	9,76	-2,10	406	115	78,4	12,5	-11,2	186	48
2004...2005	9,74	4,79	406	110	75,2	12,0	-12,2	356	78
2005...2006	9,91	-0,45	407	104	72,2	11,2	-11,3	300	49
.....	....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2011...2012	9,67	-2,36	405	126	85,3	13,9	-14,5	233	49
2012...2013	9,67	4,56	406	104	70,5	11,2	-12,8	356	142
2013...2014	9,83	1,30	406	125	85,7	13,7	-10,6	217	126

Можно предположить, что инфильтрационная способность почвы в районе ЩБКЗ обладает определенной стабильностью и не меняется из года в год, а величина инфильтрации напрямую зависит от количества и характера осадков. Таким образом, приток воды в озеро и величину инфильтрации косвенно можно характеризовать через сумму осадков, а испарение с водной поверхности – температурой воздуха в теплый период года.

Количество годового забора воды ( $Q$ ) почти не меняются из года в год, и колеблется в пределах 406 тыс. м<sup>3</sup> (табл. 1). Это позволяют не учитывать величину забора воды при исследовании зависимости годового баланса объема воды в оз. Бурабай от климатических факторов.

Для определения факторов, влияющих на годовой баланс объема воды, был проведен корреляционный анализ, результаты которого приведены в табл. 2. Анализу подверглись годы с полными гидрологическими и

метеорологическими данными. Значения коэффициентов парной корреляции между годовым балансом объема воды в оз. Бурабай и метеорологическими показателями на М Щучинск оказались значимыми (кроме температуры холодного периода). Надо отметить, что при 25-летней длине ряда и при 95 % уровне значимости критическое значение коэффициента корреляции равняется 0,40.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции ( $r$ ) между годовым балансом объема воды в оз. Бурабай ( $\Delta V_{22}$ ) и метеорологическими показателями на

М Щучинск

	$E_m$	$T_{mn}$	$T_{xn}$	$R_{mn}$	$R_{xn}$
$r$	-0,50	-0,47	0,15	0,78	0,41

После регрессионного анализа было получено уравнение с высоким коэффициентом множественной корреляции ( $r = 0,85$ ). Уравнение описывает зависимость годового баланса объема воды в оз. Бурабай ( $\Delta V_{22}$ ) от средней температуры воздуха за теплый период года ( $T_{mn}$ ) и суммы осадков за теплый ( $R_{mn}$ ) и холодный ( $R_{xn}$ ) периоды года:

$$\Delta V_{22} = 0,02R_{mn} + 0,33R_{xn} - 0,252T_{mn} - 4,518 \quad r = 0,85 \quad (1)$$

Полученное уравнение линейной регрессии было проверено на достоверность по критериям Стьюдента и Фишера. Проверка показала, что коэффициенты уравнения регрессии были определены правильно и признается статистическая значимость уравнения в целом. Соответственно полученное уравнение регрессии было использовано для расчета значений годового баланса объема воды в оз. Бурабай.

С помощью уравнения регрессии были восстановлены отсутствующие данные по годовому балансу объема воды в оз. Бурабай, т.е. за 1979...1980 гг.; с 1993 по 1995 год, а также с 1997 по 2003 год.

Для установления многолетней цикличности колебания годового баланса объема воды в оз. Бурабай, с применением уравнения регрессии (1), на основе преобразованных в тригонометрические ряды Фурье данных температуры за теплый период и сумм осадков за теплый и холодный периоды года [2, 5], были рассчитаны значения годового баланса объема воды ( $F4\Delta V_{22}$ ) за период с 1980 по 2014 год (рис. 1). На рис. 1 также представлены фактические значения годового баланса объема воды в оз. Бурабай ( $\Delta V_{22}$ ) с 1980 по 2014 год.

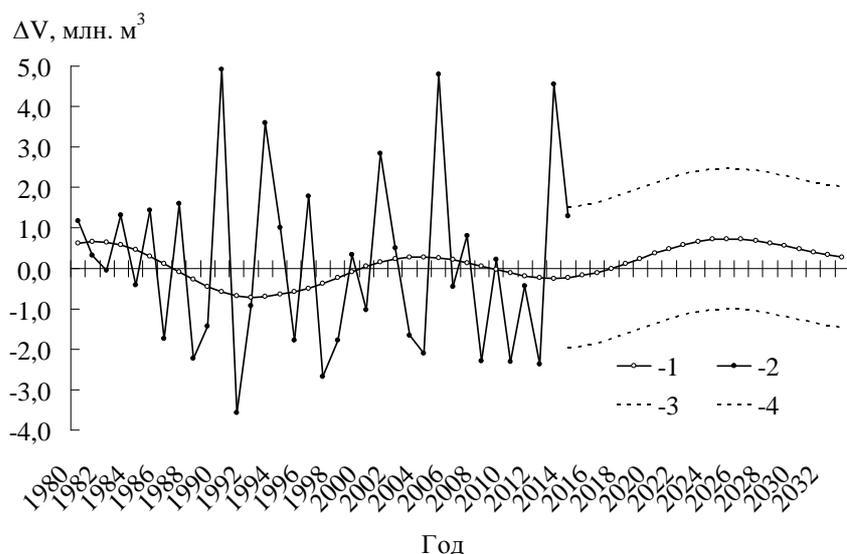


Рис. 1. Фактические (2) и смоделированные (1) значения изменения объема воды за гидрологический год для оз. Бурабай с 1980 по 2033 год. 3, 4 – нижний «откл –» и верхний «откл +» пределы отклонения.

В целом кривая колебания достаточно хорошо отражает периодичность изменения фактического годового баланса объема воды в оз. Бурабай. Годовой баланс объема воды в оз. Бурабай имеет в среднем 21-летний период колебания. В его колебательном цикле за период с 1980 по 2014 гг. имеется 2 максимума (1982 г. и 2004 г.) и 2 минимума (1992 г. и 2013 г.).

На основе ранее полученных [2, 5] прогнозных до 2033 г. значений температуры воздуха и сумм осадков были получены прогнозные на 2015...2033 гг. преобразованные в ряды Фурье значения годового баланса объема воды ( $F4\Delta V_{zz}$ ) в оз. Бурабай. Таким образом, было смоделировано ожидаемое до 2033 г. колебание годового баланса объема воды в оз. Бурабай (рис. 1).

Прогнозные расчеты показали, что годовой баланс объема воды в оз. Бурабай будет повышаться до 2025 г., с последующим понижением до 2033 г. В структуре многолетнего колебания (1980...2033 гг.) годового объема воды можно заметить периоды с положительным и отрицательным балансом. Период с положительным балансом объема воды характеризует преобладание осадков над испарением (многоводье), а период с отрицательным балансом – преобладание испарения над осадками (маловодье). Например, в период с 1980 по 1986 гг. наблюдался цикл с положительным балансом объема воды, далее до 1999 г. был период с отрицательным балансом, период с 2000 по 2009 г. имел цикл положительного баланса, а в пери-

од с 2010 по 2017 г. предполагается цикл с отрицательным годовым балансом объема воды (рис. 1). Далее с 2018 по 2033 г. прогнозируется период с положительным годовым балансом объема воды, т.е. цикл преобладания приходной части влаги. На рисунке также представлен ареал возможного отклонения фактических ежегодных значений годового баланса объема воды от смоделированной линии колебания (нижний «откл -» и верхний «откл +» пределы отклонения).

Таким образом, можно предположить, что в связи с ожидаемым изменением климата до 2033 года, т.е. в условиях повышения температуры воздуха и увеличения количества осадков, в режиме оз. Бурабай особых изменений не ожидается. Ожидаемое до 2033 г. колебание температуры воздуха и осадков предполагает естественное колебание годового баланса объема воды в озере с фазой повышения до 2025 г. и последующей фазой понижения до 2033 г.

Можно предположить, что уровень (объем) оз. Бурабай в 2023...2026 гг. будет соответствовать уровню 1980...1982 гг., а к 2031...2033 гг. объем озера понизится до уровня 2003...2005 гг. Естественно данное предположение является справедливым при отсутствии забора воды или его стабилизации на современном уровне. Рост объема забора воды (поверхностных и подземных) в акватории озера может привести к понижению уровня воды в озере.

Так как все озера ЩБКЗ находятся в одинаковых природных и климатических условиях (в том числе по гидрологическому режиму, по режиму температуры, осадков и снежного покрова) результаты исследований по оз. Бурабай можно считать закономерными и для других озер ЩБКЗ. Например, в табл. 3 приведены коэффициенты парной корреляции между сезонным ходом уровня воды на оз. Бурабай и сезонным ходом уровня воды на остальных озерах ЩБКЗ за 2014 г. Зависимости характеризуются высокими коэффициентами корреляции (выше 0,80), кроме оз. Шортан. Также для наглядности на рис. 2 приведен сезонный ход уровней воды на озерах ЩБКЗ, где заметна синхронность их колебания (по данным Б.А. Смердова).

Таблица 3

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между уровнем воды в озере Бурабай и уровнями воды в других озерах ЩБКЗ

Озеро	Коэффициент корреляции ( $r$ )
Шортан	0,18
Улкен Шабакты	0,81

Озеро	Коэффициент корреляции ( $r$ )
Киши Шабакты	0,91
Жукей	0,92
Катарколь	0,91
Майбалық	0,96
Сулуколь	0,96
Текеколь	0,98
Карасу	0,92

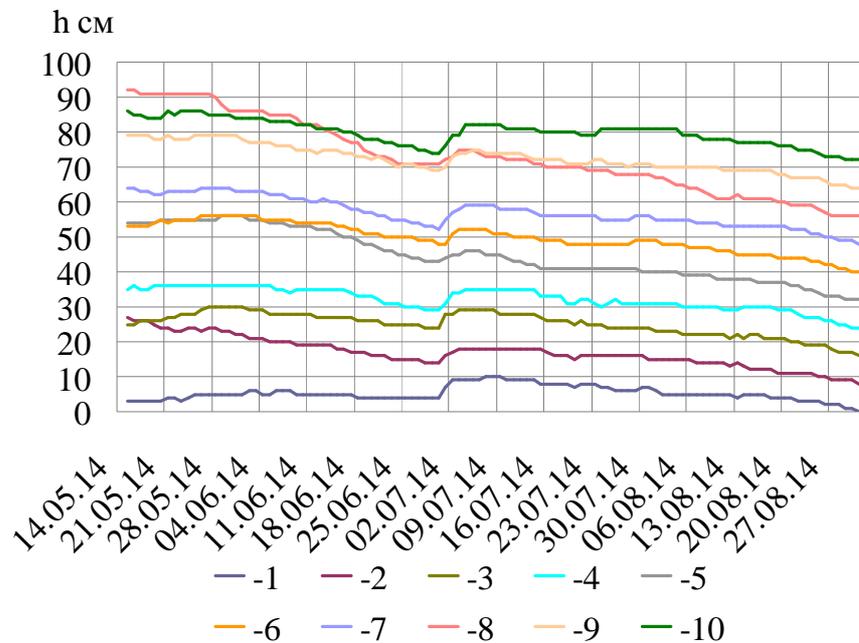


Рис. 2. Сезонный ход уровня воды на озерах ЩБКЗ (по Б.А. Смердову).  
Уровни над нулем поста уменьшены на минимальное значение ряда и сдвинуты последовательно по высоте на 8 см. 1 – Шартан, 2 – Бурабай, 3 – Улькен Шабакты, 4 – Киши Шабакты, 5 – Жукей, 6 – Катарколь, 7 – Майбалык, 8 – Сулуколь, 9 – Текеколь, 10 – Карасу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана. ТОО «Типография Форма Плюс», 2013. – 274 с.
2. Байшоланов С.С. Моделирование режима температуры и осадков в Щучинско-Боровской курортной зоне и оценка их возможного влияния на экосистему. / Опустынивание Центральной Азии: Оценка, прогноз, управление: Матер. 1-ой междунар. науч.-прак. конф. – Астана, 25-27 сентября 2014 года. С. 75-83.

3. Байшоланов С.С. Об изменении климата в Щучинско-Боровской курортной зоне // Теоретические и прикладные проблемы географии: Матер. междунар. науч.-прак. конф. – Астана, 9-10 июня 2014 г.
4. Кузнецов В. И. О переходных коэффициентах наземных испарителей «ГГИ-3000». // Тр. ГГИ. – Вып. 45 (99). – 1954. – 156 с.
5. Проведение научного исследования по комплексному решению вопроса повышения объема (уровня) и качества воды озер Щучинско-Боровской курортной зоны: // Заключ. отчет о НТР / РГП «Казгидромет» МЭ РК. – Астана, 2014. – 247 с.

Поступила 11.12.2014

Геогр. ғылымд. канд.      С.С. Байшоланов  
Геогр. ғылымд. канд.      С.Б. Саиров

### **КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНІҢ БУРАБАЙ КӨЛІ ДЕҢГЕЙІНЕ ӘСЕРІ**

*Бурабай көлі су көлемінің жылдық балансының климаттың өзгеруіне бағыныштылығы қарастырылып, оның 2033 жылға дейінгі өзгеру динамикасы модельденген.*

УДК 551.5(574)

Л.А. Ерисковская \*

**ИЗМЕНЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА ТУЙЫКСУ)***ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, СУММА ОСАДКОВ, ЗИМНИЙ ПЕРИОД, ЛЕТНИЙ ПЕРИОД, СИНОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, КЛИМАТ*

*Анализируются отклонения средней летней, зимней температуры воздуха от средней многолетней, ход суммы атмосферных осадков за летний, зимний, сезон (1973...2014 гг.), а также индекс континентальности в процентах, сумма твёрдых осадков, количество суток абляционного периода в многолетнем ходе за летний период (2007...2014 гг.). Рассматриваются синоптические процессы по типизации Б.Л. Дзердзеевского ЭЦМ (элементарный циркуляционный механизм) в течение зимнего, летнего периода (2007...2013 гг.), подсчитывалось количество суток ЭЦМ и сумма атмосферных осадков за данный период при ЭЦМ.*

**Введение.** Для перспективного планирования использования природных ресурсов в нашей стране необходимо знать масштабы и последовательность колебания климата. В настоящее время внимание ученых все более и более сосредоточивается на высокогорных районах, где формируется подавляющая часть стока, используемого в сельском хозяйстве. Ещё больший научно-практический интерес проявляется к ледникам – одной из важнейших составляющих водного баланса, особенно во время засушливых периодов, когда ледники представляют по существу единственный источник питания рек в летние месяцы. Ледники – аккумуляторы влаги. Вода в ледниках консервируется на много сотен и тысяч лет. Именно ледники можно назвать гигантскими естественными хранилищами запасов пресной воды.

Для рассмотрения этого вопроса взят репрезентативный ледник Туйыксу в Илейском Алатау (Заилийском Алатау), который располагается на морене на высоте 3450 м, где с 1972г. ведутся круглогодичные наблюдения лабораторией гляциологии Института Географии. Проанализированная ин-

---

\* Институт географии, г. Алматы

формация высылается во Всемирную службу мониторинга ледников (Цюрих, Швейцария) и регулярно публикуются в её периодическом издании.

**Метеорологические исследования.** Как рассматривалось [4, 7] в результате потепления индекс континентальности понижался, так как зимой температура воздуха повышалась намного быстрее, чем летом. Но с 2007 г. температура воздуха за зимний период стала понижаться (рис. 1), в летний период также происходит понижение температуры воздуха, но незначительно (рис. 2). Это отразилось на континентальности климата. Индекс континентальности стал возрастать (рис. 3).

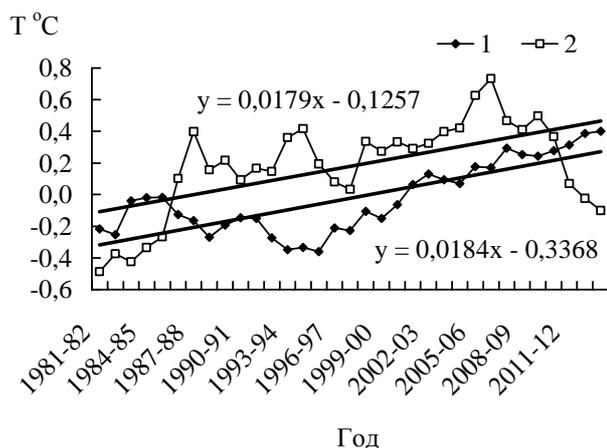


Рис. 1. Изменение отклонений температуры воздуха от средней многолетней за летний (1) и зимний (2) периоды по 10-летним скользящим на леднике Туйыксу.

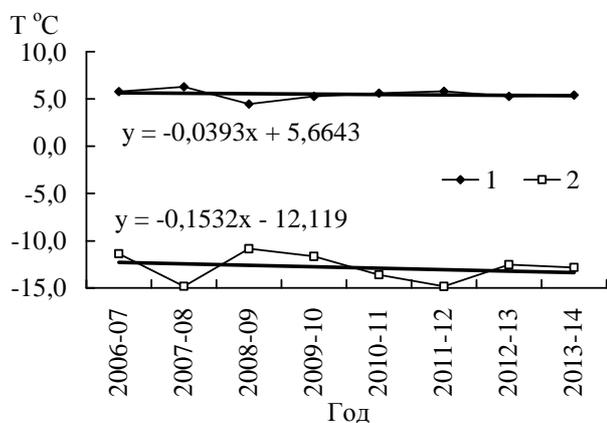


Рис. 2. Многолетний ход средней температуры воздуха за летний (1) и зимний (2) периоды на леднике Туйыксу.

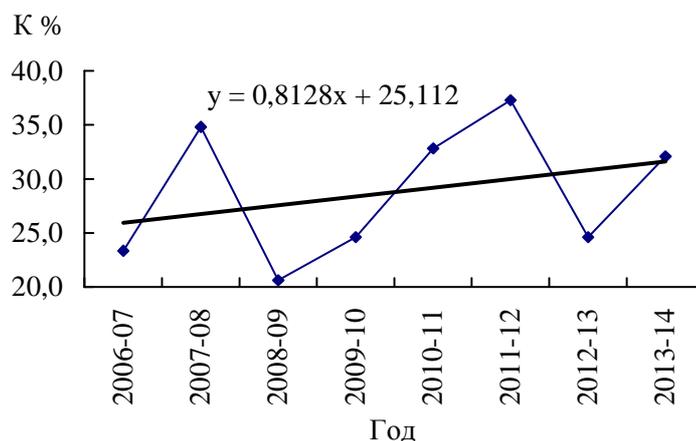


Рис. 3. Многолетний ход индекса континентальности на леднике Туйыксу.

Индекс континентальности подсчитывался по формуле В. Горчинского.

$$K = 1,7A/\sin \varphi - 23,$$

где  $K$  – индекс континентальности, %;  $A$  – амплитуда годовых колебаний температуры воздуха (использовались среднемесячные максимальные и минимальные температуры),  $\varphi$  – широта местности. По исследованиям Е.Н. Вилесова, В.Н. Уварова, Е.А. Гужавиной эта формула наиболее приемлема в условиях Казахстана [1].

В связи с незначительным понижением температуры воздуха в летний сезон (рис. 2), стали увеличиваться твердые осадки (рис. 4). Это благоприятно для оледенения. Но ледник продолжает отступать, баланс массы в основном отрицательный, так как увеличивается продолжительность абляционного периода (рис. 4), несмотря на увеличение осадков в летний период (рис. 5). Зимой осадки также возрастают, но незначительно.

**Синоптические процессы.** Большое влияние на климатические изменения оказывают синоптические процессы. Для анализа использовалась типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б.Л. Дзердзеевским для Северного полушария [2, 3]. В отдельную группу им выделена меридиональная южная циркуляция (тип 13) – необычное состояние атмосферы с циклонической циркуляцией на полюсе, отсутствием блокирующих процессов на полушарии и тремя-четырьмя одновременными выходами южных циклонов в разных секторах полушария. Именно с этой группой с начала 1980-х годов (максимум приходится на

1989 г.) и в настоящее время связано большинство метеорологических экстремумов, в том числе и в Арктическом бассейне, и в горных районах. Рост повторяемости южных циклонов, имеющих малые радиусы действия, большие скорости перемещения и резкие контрасты температур на фронтах вызвали увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков в разных регионах, в частности, в горных районах в тёплое время года [8].

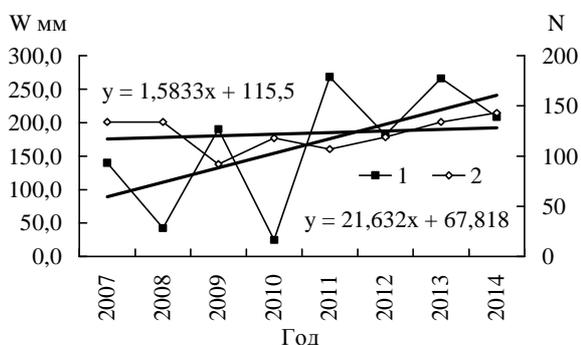


Рис. 4. Многолетний ход суммы твердых осадков на леднике Туйыксу за летний сезон (1) и количество суток абляционного периода (2).

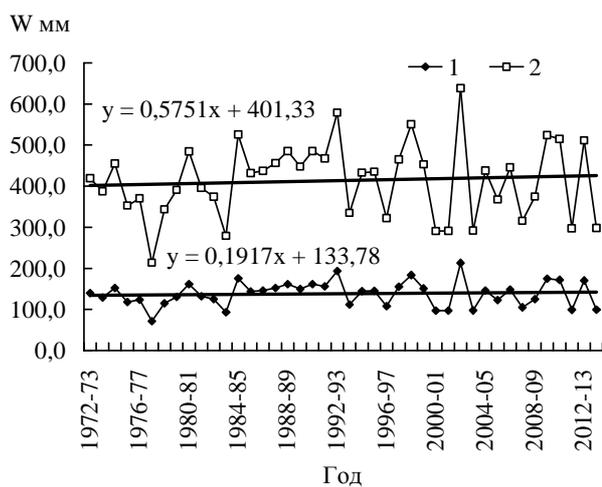


Рис. 5. Многолетний ход суммы атмосферных осадков на леднике Туйыксу за летний (1) и зимний (2) периоды.

При исследовании синоптических процессов использовался материал сайта [10]. На его основе определялось число суток ЭЦМ (элементарный циркуляционный механизм) за месяц. Затем подсчитывалось их сумма отдельно за зимний и летний периоды (табл.). Наибольшее количе-

ство осадков на леднике Туйыксу, как отмечалось в работе [5], выпадало при ЭЦМ *13л* в летний период и при ЭЦМ *13з* в зимний период. В случае ЭЦМ *13л* полярное вторжение отсутствует, отмечаются обширная депрессия над Арктическим бассейном и циклоническая деятельность на континентах [3, 9]. В 20 в. продолжительность ЭЦМ *13л* росла. Правда, в конце столетия число суток с выпадением осадков на леднике Туйыксу стало уменьшаться, но влияние данного типа циркуляции еще велико. В связи с уменьшением ЭЦМ *13л* стало увеличиваться продолжительность других ЭЦМ, в частности тип *12* – (три или четыре блокирующих процесса, три или четыре прорыва южных циклонов), в основном *12а* [6]. Температура воздуха при выпадении осадков, при ЭЦМ *13л* и *12*, понижалась, что благоприятно для оледенения в летний период. Рост суммарной продолжительности ЭЦМ *12*-го и чередование их с ЭЦМ *13*-го типа создали наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха. Также добавлялся *9-й* тип в летний сезон за исследуемый период (табл.). Тип *9* (два или три блокирующих процесса, три прорыва южных циклонов). В зимний сезон (за период 2007...2014 гг.) в основном преобладал *13з* (полярные вторжения отсутствуют, циклоническая деятельность над Арктическим бассейном, наличие мощных континентальных антициклонов), *12з* – (три полярных вторжения: на Северную Америку, Азию, атлантическое побережье Европы), ещё *12г*, и как в летний период *12а*. Также большое число случаев ЭЦМ *11* (табл.). При ЭЦМ *11* – (два полярных вторжения на Северную Америку и Восточную Азию, соединяющие зимние континентальные антициклоны) [9]. В многолетнем ходе за исследуемый период в **летнем** периоде в основном возрастал ЭЦМ *13л*, но осадков выпало больше при ЭЦМ *9*, затем *13л*, потом *12а*. В **зимний** период в многолетнем ходе возрастал ЭЦМ *12а*, но осадков больше всего выпало при ЭЦМ *13з*, затем при ЭЦМ *11* за исследуемый период (табл.).

Таблица

ЭЦМ (количество суток) и сумма осадков (мм) за период 2007...2013 гг.

ЭЦМ	Зима		Лето	
	Количество суток	Сумма осадков	Количество суток	Сумма осадков
<i>1</i>	5	5,0	-	-
<i>2</i>	-	-	39	181,8
<i>3</i>	-	-	38	139,8
<i>4</i>	-	-	26	102,5
<i>5</i>	28	19,6	-	-

ЭЦМ	Зима		Лето	
	Количество суток	Сумма осадков	Количество суток	Сумма осадков
<i>6</i>	-	-	23	100,1
<i>7л</i>	-	-	11	50,1
<i>7з</i>	24	32,7	-	-
<i>8а</i>	6	0,4	16	29,1
<i>8б</i>	-	-	8	54,8
<i>8бз</i>	4	-	-	-
<i>8в</i>	-	-	3	8,8
<i>8вз</i>	10	8,5	-	-
<i>8гл</i>	-	-	21	24,5
<i>8гз</i>	25	34,5	2	6,8
<i>9</i>	23	34,2	105	678,4
<i>10</i>	10	20,2	32	98,7
<i>11</i>	143	129,6	-	-
<i>12а</i>	64	64,6	91	577,1
<i>12г</i>	67	72,1	1	-
<i>12л</i>	-	-	64	352,5
<i>12з</i>	107	81,0	5	-
<i>13з</i>	116	157,4	3	-
<i>13л</i>	-	-	156	578,0
Сумма	632	659,8	644	2983,0

**Заключение.** Индекс континентальности за период 2007...2014 гг. стал возрастать, так как температура в зимний период стала понижаться, летний период так же, но незначительно. Осадки возрастали, в основном в летний период. Стали увеличиваться твердые осадки. Это благоприятно для оледенения. Но ледник Туйыксу продолжает отступать, баланс массы в основном отрицательный, так как увеличивается продолжительность абляционного периода. При анализе синоптических процессов в многолетнем ходе за исследуемый период в летнем периоде в основном возрастал ЭЦМ *13л*, но осадков выпало больше при ЭЦМ *9*, затем *13л*, потом *12а*. В зимний период в многолетнем ходе возрастал ЭЦМ *12а*, но осадков больше всего выпало при ЭЦМ *13з*, затем при ЭЦМ *11* за исследуемый период.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н., Гужавина Е.А. Континентальность климата Казахстана. / АН Каз. ССР. Тезисы докладов 2-го съезда ГО. Каз. ССР. – Алма-Ата: Изд. Наука, 1985. – С. 33-34.
2. Дзердзеевский Б.Л. Проблемы колебаний общей циркуляции атмосферы и климата. // Воейков и современные проблемы климатологии. –Л.: 1956. – С. 109-122.

3. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. – М.: Гидрометеоздат, 1975. – 285 с.
4. Ерисковская Л.А. Влияние климатических изменений на оледенение в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу. // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №4. – С. 31-34.
5. Ерисковская Л.А. Метеорологическая обусловленность колебания границы питания на леднике Туюксу. // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 2. – С. 79-88.
6. Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков на леднике Туыксу. // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 4. – С. 108-117.
7. Ерисковская Л.А. Климатические условия ледника Туыксу. Характеристика и анализ метеорологических данных. LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 76 с.
8. Кононова Н.К. Исследование многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии // МГИ. – 2003. – Вып. 95. – С. 45-65.
9. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому /Отв. ред. А.Б. Шмакин; Ин-т географии РАН – М.: 2009. – 372 с.
10. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария 20 – начале 21 века. [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)

Поступила 18.11.2014

Л.А. Ерисковская

### **СОҢҒЫ ЖЫЛДАРДАҒЫ КЛИМАТТЫҢ КОНТИНЕНТТІ ӨЗГЕРУІ (ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫ МЫСАЛЫНДА)**

*Орташа көпжылдық ауа температурасынан орташа жаздық, қыстық ауа температурасының ауытқуы, жаз, қыс маусымдарындағы жауын-шашын сомасының бағыты (1973...2014 жж.), сонымен қатар континенттік индекс пайызбен, қатты жауын-шашын сомасы, көпжылдық ауытқудағы (2007...2014 жж.) жаз маусымындағы абляциялық кезеңдегі тәулік сандары талданды. Қысқы, жазғы кезеңдердегі (2007...2013 жж.) Б.Л. Дзердзеевский ЭЦМ (элементар циркуляциялық механизм) типтеуімен синоптикалық процестер қарастырылады, ЭЦМ тәулік саны және осы уақыттағы ЭЦМ бойынша жауын-шашын сомасы есептелді.*

УДК 631.559:551.5

Доктор геогр. наук А.Н. Полевой\*  
Л.В. Флоря\*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УРОЖАЯ И ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАСТЕНИЙ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ УРОЖАЙНОСТИ, ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ФОТОСИНТЕЗА, ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ*

*Рассматривается моделирование агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур, основанная на концепции максимальной продуктивности растений, результатах моделирования формирования урожая и методах оценки микроклиматической изменчивости элементов климата в холмистом рельефе.*

**Постановка проблемы.** Одним из основных условий высокой культуры земледелия является наиболее полное использование климатических ресурсов. В этом аспекте изучение климатической обеспеченности формирования урожая сельскохозяйственных культур с учетом особенностей микроклимата территорий имеет важное научное и практическое значение.

**Анализ последних исследований и публикаций по проблеме.** При учете влияния климата на эффективность сельскохозяйственного производства главным является определение агроклиматических ресурсов территории, реализуемое путем их агроклиматического районирования.

Существует большое количество работ, среди которых следует выделить работы Дж. Ацци [3], В.П. Дмитренко [7], П.И. Колоскова [12], А.Р. Константинова [14], С.А. Сапожниковой [26], в которых делается попытка оценить агроклиматические ресурсы с помощью физико-статистических моделей формирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Одним из фундаментальных направлений по оценке агроклиматических ресурсов является направление, развиваемое в работах

---

\* Одесский государственный экологический университет, Украина

А.И. Коровина [17], В.К. Абрамова [1], В.Н. Дюбина [8], В.А. Корнеева [15], Л.И. Корнеевой [16], связанное с решением задачи агроклиматической характеристики сельскохозяйственных культур в связи с селекцией и обоснованием размещения посевов.

Для оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур Х.Г. Тоомингом предложен метод эталонных урожаев, являющийся логическим выходом принципа максимальной продуктивности [27, 30].

На основе развития и углубления известной в экологии растений концепции, в соответствии, с которой растение нормально растет и развивается лишь в том случае, если его жизненные циклы совпадают с благоприятными условиями окружающей среды, а последние носят стохастический характер. В.А. Жуковым было сформулировано новое направление в оценке агроклиматических ресурсов – создание комплекса моделей распознавания образов «климат – урожай», которые позволяют вести учет агроклиматических ресурсов территории путем определения степени риска и потерь урожайности конкретной культуры из-за неблагоприятных условий погоды [9, 10]. Исследования Е.К. Зоидзе по сельскохозяйственной бонитировке климата также выполнены в рамках указанного направления [11].

О.Д. Сиротенко создана информационно-справочная система «климат – урожай», основанная на применении динамических моделей продукционного процесса растений, которая успешно применяется для оценки влияния возможных изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России [29].

**Постановка задачи.** Основной целью исследования является разработка максимальной продуктивности посевов на основе концепции Х.Г. Тооминга и результатов моделирования урожая сельскохозяйственных культур, полученных в наших работах [22, 23], а также научных положений об изменчивости элементов климата в условиях холмистого рельефа, сформулированных в работах Е.Н. Романовой [26].

**Изложение основных материалов исследования.** Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов имеет блочную структуру. Она содержит шесть блоков: блок входной информации; блок показателей солнечной радиации и влажно-температурного режима, с учетом экспозиции поля; блок функций влияния фазы развития и метеорологических факторов на продукционный процесс растений; блок плодородия почвы и обеспеченности растений минеральным питанием; блок агроэкологических

категорий урожайности; блок обобщающих оценочных характеристик. Рассмотрим более подробно эти блоки.

*Блок входной информации.* Этот блок содержит данные стандартных метеорологических и агрометеорологических наблюдений и включает все необходимые для выполнения расчетов характеристики. Они делятся на три группы:

первая группа включает запасы продуктивной влаги в почве, среднедекадные значения температуры воздуха, числа часов солнечного сияния, сумм осадков, дефицита влажности воздуха и число суток в расчетной декаде;

вторая группа – сведения о внесении доз азотных, фосфорных и калийных удобрений, данные об оптимальных дозах этих удобрений, данные о внесении органических удобрений и их оптимальной дозе, год внесения органических удобрений, балл почвенного бонитета;

третья группа – сведения об экспозиции и крутизне склона, на котором расположено поле, характеристика типа склона и местоположение поля на склоне.

*Блок показателей солнечной радиации и влаготемпературного режима с учетом экспозиции поля.* Для расчета интенсивности суммарной солнечной радиации используется формула С.И. Сивкова [28]

$$Q_0^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – суммарная солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, кал/см<sup>2</sup>·сутки;  $SS$  – среднее за декаду количество часов солнечного сияния;  $j$  – номер расчетной декады;  $A$  и  $B$  – промежуточные характеристики, которые рассчитываются по широте местности и склону Солнца.

Интенсивность суммарной солнечной радиации с учетом экспозиции и крутизны склона находим по выражению:

$$Q_{eks}^j = k_{eks}^{Q(j)} \cdot Q_0^j, \quad (2)$$

где  $Q_{eks}$  – суммарная солнечная радиация в зависимости от экспозиции и крутизны склона, кал/см<sup>2</sup>·сутки;  $k_{eks}^Q$  – коэффициент для перерасчета средней за декаду суммарной солнечной радиации с горизонтальной поверхности для склонов разной крутизны, относительная ед. Величина  $k_{eks}^Q$

определяется в зависимости от широты местности, календарного месяца, экспозиции и крутизны склона.

Для расчета температуры воздуха на склоне воспользуемся выражением

$$T_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{T(j)} \cdot T_S^j, \quad (3)$$

где  $T_{S_{eks}}$  – среднедекадная температура воздуха на склоне, °С;  $k_{eks}^T$  – коэффициент для перерасчета температуры воздуха на склоне, отн. ед.;  $T_S$  – среднедекадная температура воздуха на горизонтальной поверхности, °С. Величина  $k_{eks}^T$  определяется в зависимости от широты местности и крутизны склона.

Режим увлажнения почвы с учетом экспозиции склона определяется двумя способами:

1. – при наличии данных о влажности почвы:

$$W_{eks}^j = W_0^j \cdot k_{eks}^{W(j)}, \quad (4)$$

где  $W_0$  – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...100 см на горизонтальной поверхности, мм;  $W_{eks}$  – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...100 см на склоне, мм;  $k_{eks}^W$  – коэффициент для перерасчета запасов влаги на склоне, отн. ед. Величина  $k_{eks}^W$  определяется в зависимости от увлажнения местности, времени года, экспозиции склона и формы рельефа;

2. – при отсутствии данных о влажности почвы:

$$O_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{O_s} \cdot O_S^j, \quad (5)$$

где  $O_{S_{eks}}$  – сумма осадков за декаду с учетом склона, мм;  $k_{eks}^{O_s}$  – коэффициент для перерасчета осадков на склоне, отн. ед;  $O_S$  – сумма осадков за декаду на горизонтальную поверхность. Величина  $k_{eks}^{O_s}$  определяется в зависимости от увлажнения территории, экспозиции склона и формы рельефа.

Для расчета испаряемости  $E_0$  используем способ А.М. Алпатьева [2]:

$$E_0^j = 0,65 \cdot DWW^j \cdot dv^j \cdot 0,75, \quad (6)$$

где  $DWW$  – средний за декаду дефицит влажности воздуха;  $dv$  – число дней в расчетной декаде.

Расчет испаряемости с учетом экспозиции склона выполним по соотношению:

$$E_{0eks}^W = k_{eks}^{E(j)} \cdot E_0^j, \quad (7)$$

где  $E_{0eks}^W$  – испаряемость на склоне;  $k_{eks}^E$  – коэффициент для пересчета испаряемости на склоне.

Найдем суммарное испарение по способу С.И. Харченко [30]:

$$E_{eks}^j = \frac{2W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_{Oeks}^j}}, \quad (8)$$

где  $E_{eks}^j$  – суммарное испарение на склоне;  $P_{nor}$  – норма вегетационных поливов;  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость в слое почвы 0...100 см;  $O_{S_{eks}}$  – сумма осадков за декаду с учетом склона;  $W_{eks}^j$  – запасы продуктивной влаги на склоне в слое почвы 0...100 см.

Величину коэффициента для перерасчета испаряемости на склоне  $k_{eks}^E$  находим в зависимости от увлажнения территории, времени года, экспозиции и крутизны склона. С помощью следующего соотношения рассчитываем инфильтрацию в нижние слои почвы

$$F_{ilt_{eks}}^j = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - W_{нв}, \quad (9)$$

где  $F_{ilt_{eks}}^j$  – инфильтрация в нижние слои почвы на склоне за декаду, мм.

Воспользуемся уравнением водного баланса для расчета запасов продуктивной влаги на склоне

$$W_{eks}^{j+1} = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - F_{ilt_{eks}}^j. \quad (10)$$

*Блок функций влияния фазы развития и метеорологических факторов на продукционный процесс растений.* В основе продукционного процесса растений лежит фотосинтез. Его интенсивность обуславливается фазой развития растений и условиями окружающей среды. Для расчета онтогенетической кривой фотосинтеза воспользуемся формулой вида

$$\alpha_{\phi}^j = \exp \left[ -a_{\phi} \cdot \left( \frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (11)$$

в которой величину  $\alpha_{\phi}$  находим по выражению

$$\alpha_{\phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\phi}^0}{(\sum t_{1_i})^2}, \quad (12)$$

где  $\alpha_{\phi}$  – онтогенетическая кривая фотосинтеза, отн. ед.;  $\alpha_{\phi}^0$  – начало онтогенетической кривой фотосинтеза;  $\sum t_{1_i}$  – сумма эффективных температур воздуха от восходов, при которой наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза растений, °С;  $TS_2$  – сумма эффективных температур.

Определим функцию влияния температуры воздуха на продукционный процесс с помощью выражения:

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j), & \text{при } (t^j - t_o) < t_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } t_{opt1}^j \leq (t^j - t_o) \leq t_{opt2}^j \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j), & \text{при } (t^j - t_o) > t_{opt2}^j \end{cases}, \quad (13)$$

где  $\Psi_{\phi}$  – температурная кривая фотосинтеза;  $t$  – среднедекадная температура воздуха;  $t_o$  – среднедекадная температура воздуха, при которой начинается фотосинтез;  $t_{opt1}$  – нижняя граница температурного оптимума для фотосинтеза;  $t_{opt2}$  – верхняя граница температурного оптимума для фотосинтеза.

$$x_1^j = (t_x^j \cdot k_{eks}^T - t_o) / (t_{opt1}^j - t_o), \quad (14)$$

$$x_2^j = (t_x^j \cdot k_{eks}^T - t_{opt2}^j) / (t_{max}^j - t_{opt2}^j), \quad (15)$$

где  $t_{max}$  – среднедекадная температура воздуха, при которой прекращается фотосинтез;  $t_x$  – температура воздуха на горизонтальной поверхности;  $k_{eks}^T$  – коэффициент для пересчета температуры воздуха на склоне. Значения нижней и верхней границ температурного оптимума для фотосинтеза находятся как функции времени.

Функцию влияния влажности почвы на фотосинтез  $\gamma_{\phi}$  находим по формуле:

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j, & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3, & \\ \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j \end{cases}, \quad (16)$$

где  $W$  – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы;  $W_{opt1}$  – нижняя граница оптимальных влагозапасов;  $W_{opt2}$  – верхняя граница оптимальных влагозапасов.

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (17)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (18)$$

где  $k_{eks}^W$  – коэффициент для пересчета запасов влаги на склоне.

Функция влияния влагообеспеченности посевов рассматривалась нами как сочетание двух функций. Учитывалась функция влияния влажности почвы на продуктивность растений (по данным о фактических запасах влаги), и отношение суммарного испарения посевов к испаряемости с учетом экспозиции и крутизны склонов:

$$FW = \left( \gamma_{\phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0eks}} \right)^{0,5}, \quad (19)$$

где  $FW$  – относительная влагообеспеченность посевов.

Аналогично определим обобщенную функцию влияния термического режима и влагообеспеченности  $FTW_1$  на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\Psi_{\phi} \cdot FW)^{0,5}. \quad (20)$$

Введем коррекцию функции на уровень температуры в сочетании с влагообеспеченностью:

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1 [1 + (1 - \Psi_{\phi}) (1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1 [1 - (1 - \Psi_{\phi}) (1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases}. \quad (21)$$

Блок плодородия почвы и обеспеченности растений минеральным питанием. Плодородие почвы характеризуется содержанием в ней гумуса, которое зависит от степени влияния эрозии почвы.

$$Gum_{eks} = k_{er}^G \cdot Gum, \quad (22)$$

$$F_{Gum} = \frac{Gum_{eks}}{Gum_{opt}}, \quad (23)$$

где  $Gum$  – содержание гумуса в почве, %;  $Gum_{eks}$  – содержание гумуса в почве на склонах с учетом эрозии, %;  $k_{er}^G$  – функция влияния эрозии почвы на наличие гумуса, отн. ед;  $Gum_{opt}$  – оптимальное для культуры содержание гумуса в почве, %.

Функцию влияния содержания гумуса в почве определим по формуле А.С. Образцова для расчета обеспеченности элементами минерального питания [18]

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (24)$$

где  $FW_{Gum}$  – функция влияния содержания гумуса в почве на формирование урожая.

Значение функций оптимальности азотного, фосфорного и калийного питания рассчитаем по методу А.С. Образцова с некоторыми модификациями [18]

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (25)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (26)$$

где  $N_m$  – вносимая доза азотных удобрений, кг/га;  $N_{opt}$  – оптимальная доза азотных удобрений, необходимая для получения максимального урожая, кг/га;  $FW_N$  – функции влияния обеспеченности азотом, отн. ед. Аналогичным образом определяются функции влияния обеспеченности фосфором  $FW_P$  и калием  $FW_K$ , отн. ед.

Далее учтем влияние режима увлажнения почвы на эффективность удобрений:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } W^j / W_{opt1}^j \geq 0,85 \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < W^j / W_{opt1}^j < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } W^j / W_{opt1}^j \leq 0,70 \end{cases} \quad (27)$$

где  $k_{ef}$  – коэффициент эффективности удобрений в зависимости от влажности почвы, отн. ед.

Аналогично определим соотношения дозы органических удобрений к их оптимальной величине и рассчитаем функцию влияния внесения органических удобрений с учетом года внесения удобрений:

$$F_{Org} = \frac{Org}{Org_{opt}} \quad (28)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j \quad (29)$$

где  $FW_{Org}$  – функция влияния внесения органических удобрений на урожай, отн. ед.;  $Org$  – внесенная доза органических удобрений, т/га;  $Org_{opt}$  – оптимальная для культуры доза внесения органических удобрений, т/га;  $k_{Org}^g$  – коэффициент влияния года внесения органических удобрений, отн. ед.

Обобщенную функцию влияния плодородия почвы и внесения минеральных и органических удобрений рассчитаем по принципу Либиха

$$FW_{ef}^j = \min \{ FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j \}, \quad (30)$$

где  $FW_{ef}$  – функция влияния эффективного плодородия на урожай, отн. ед.

*Блок агроэкологических категорий урожайности.* Определим величины различных агроэкологических категорий урожайности, с учетом внесенных нами модификаций, с привлечением более полной информации и наполнения этих категорий новым содержанием.

Приращение потенциальной урожайности за декаду определялось в зависимости от интенсивности фотосинтетической активной радиации (ФАР) и биологических особенностей культуры, с учетом изменения способностей растений к фотосинтезу в течение вегетации:

$$\frac{\Delta PY^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi AP}^j \cdot k_{eks}^{Q^j} \cdot dV^j}{q} \quad (31)$$

где  $\frac{\Delta PY}{\Delta t}$  – прирост потенциальной урожайности за декаду;  $\alpha_\phi$  – онтогенетическая кривая фотосинтеза;  $\eta$  – КПД посевов;  $Q_{\phi AP}$  – интенсивность ФАР;  $k_{eks}^Q$  – коэффициент для пересчета средней за декаду суммарной солнечной радиации с горизонтальной поверхности для склонов разной экспозиции и крутизны;  $q$  – калорийность.

Прирост метеорологически возможной урожайности представляет собой прирост потенциальной урожайности, который будет ограничен влиянием влажно-температурного режима:

$$\frac{\Delta MBY^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PY^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (32)$$

где  $\frac{\Delta MBY}{\Delta t}$  – прирост метеорологически возможной урожайности;  $FTW_2$  – обобщенная функция влияния влажно-температурного режима с коррекцией на сочетание различных экстремальных условий.

Эта функция определяется по принципу Либиха с учетом влияния температуры воздуха и условий увлажнения на продукционный процесс.

Формирование действительно возможной урожайности ограничивается уровнем естественного плодородия почвы:

$$\frac{\Delta DBY^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MBY^j}{\Delta t} \cdot B_{nl} \cdot F_{Gum}, \quad (33)$$

где  $\frac{\Delta DBY}{\Delta t}$  – прирост действительно возможной урожайности;  $B_{nl}$  – балл почвенного бонитета.

Получение уровня хозяйственной урожайности ограничивается реально существующим уровнем культуры земледелия и эффективностью внесенных минеральных и органических удобрений:

$$\frac{\Delta YP^j}{\Delta t} = \frac{\Delta DBY^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (34)$$

где  $\frac{\Delta YP}{\Delta t}$  – прирост урожайности в производстве;  $k_{земл}$  – коэффициент, который характеризует уровень культуры земледелия и хозяйственной деятельности;  $FW_{ef}$  – функция эффективности внесения органических и

минеральных удобрений в зависимости от условий влагообеспеченности декад вегетации.

Наконец, вычислим различные агроэкологические категории урожая зерна при его стандартной 14 %-ной влажности:

$$PU_{\text{зерна}} = 1,14 \cdot 0,1PU \cdot K_{\text{хоз}}, \quad (35)$$

где  $PU_{\text{зерна}}$  – потенциальный урожай зерна (при стандартной влажности зерна 14 %), ц/га;  $K_{\text{хоз}}$  – доля зерна в общей массе урожая, отн. ед.

Аналогично определим соответственно метеорологически возможный  $MBU_{\text{зерна}}$ , действительно возможный  $ДВУ_{\text{зерна}}$  и урожай в производстве  $УПР_{\text{зерна}}$  зерна.

**Выводы по результатам исследования.** Формулы (1) – (35) позволяют определить различные агроэкологические категории урожайности разных сельскохозяйственных культур в различных элементах рельефа, формирующиеся под влиянием почвенно-климатических условий и микроклиматических особенностей изучаемых территорий.

Включение в модель параметров, которые характеризуют различия в требованиях разных сельскохозяйственных культур, групп сортов к условиям внешней среды, позволило выполнить обширные исследования по оценке реакции различных культур, сортов на агроклиматические условия их выращивания. На основе предложенной модели выполнено агроклиматическое районирование продуктивности озимой пшеницы [5, 6, 21], озимой ржи [5], ярового ячменя [4, 5], кукурузы [20, 21], сорго [13], картофеля [5], льна-долгунца [5], топинамбура [24], овощных культур [19], с учетом микроклиматических особенностей территорий в различных почвенно-климатических условиях и оценку роста естественной растительности и процессов опустынивания [13].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов В.К. Агроклиматическое обоснование интродукции сортов яровой пшеницы, устойчивых к неблагоприятным метеорологическим условиям // Бюллетень ВИР. – 1987. – Вып. 168. – С. 7-10.
2. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л.: Гидрометеодиздат, 1954. – 248 с.
3. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 479 с.
4. Барсукова О.А. Агрокліматичні ресурси продуктивності ярого ячменю

- в Україні: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОДЕКУ. – Одеса: 2004. – С. 8-19.
5. Витченко А.Н. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии: Автореф. Дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.01. /Белорусский Гос. ун-т. – Минск: – 1983. – 19 с.
  6. Гаджиев Н.М. Агроклиматическое обоснование размещения сортов озимой пшеницы в Азербайджане: Автореф. Дис. ... канд. геогр. наук: 06.01.09. / ВИР. – СПб.: 1997. – 20 с.
  7. Дмитренко В.П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории УССР // Труды УкрНИГМИ. – 1975. – Вып. 139. – С. 3-14.
  8. Дюбин В.Н., Новикова М.В., Сербин А.Д. Агроклиматическая оценка высоты растений сортов озимой пшеницы // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231. – С. 6-10.
  9. Жуков В.А. Моделирование, оценка и рациональное использование агроклиматических ресурсов России: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.09. / ГМЦ России. – М.:– 1998. – 54 с.
  10. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 207 с.
  11. Зоидзе Е.К. Методологические основы оценок сельскохозяйственного потенциала агрометеусловий и почвенно-климатических ресурсов территории РФ: Дис. .... доктора геогр. наук в виде научного доклада: 11.00.11. – М.: – 1998. – С. 60-75.
  12. Колосков П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК. – 1953. – Вып. 23. – С. 90-111.
  13. Конне Баперма Г. Моделювання впливу метеорологічних умов на процесі опустелювання та продуктивності сорго в центральній зоні Сахеля: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. /ОГМІ. – Одеса: 1998. – С. 5-16.
  14. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 263 с.
  15. Корнеев В.А., Чаадаев Л.Г. Реакция сортов озимой мягкой пшеницы североамериканской экологической группы к инфекционному выпариванию // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231. – С. 3-6.
  16. Корнеева Л.И. Агроклиматическое обоснование размещения овса на Восточно-Европейской равнине // Бюллетень ВИР. – 1993. – Вып. 231.– С. 31-35.

17. Коровин А.И., Корнеев В.А., Козлов Г.И. Разработка агрометеорологических методов оценки сортов для селекции растений на зимостойкость // Труды ВНИИСХМ. – 1981. – Вып. 1. – С. 70-76.
18. Образцов А.С. Системный метод: Применение в земледелии. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 303 с.
19. Омар Фарід М. Агрокліматичне районування території України стосовно вирощування плодкових овочевих культур: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОГМІ. – Одеса. –2001. – С 14-19.
20. Перстнева И. Ф. Агроклиматическая оценка продуктивности ландшафтов Молдавии применительно к возделыванию различных по скороспелости сортов кукурузы: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / Санкт-Петерб. Гос. ун-т. – СПб.: – 2000. – С 15-21.
21. Плотникова В.В. Агроклиматическая оценка продуктивности природно-территориальных комплексов левобережья Днестра: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / Санкт-Петерб. Гос. ун-т. – СПб.: – 1998. – С. 15-20.
22. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 320 с.
23. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
24. Приходько К.О. Моделювання впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності топінамбуру в Україні: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. / ОГМІ. – Одеса: 1999. – С. 14-18.
25. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 279 с.
26. Сапожникова С.А. Об уточнении оценки сельскохозяйственного бонитета климата. //В кн.: Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – С. 80-91.
27. Сепп Ю.В., Тооминг Х.Г. Ресурсы продуктивности картофеля. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 260 с.
28. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.– Л.: Гидрометеиздат, 1961 – 227 с.
29. Сиротенко О.Д. Будущее сельского хозяйства России в связи с ожидаемыми изменениями климата. //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2000. – Т. XVII. – С. 258-274.
30. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

Геогр. ғылымд. докторы А.Н. Полевой  
Л.В. Флоря

**ӨНІМДІЛІКТІҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ҚОРЫН МОДЕЛДЕУ ЖӘНЕ  
АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН  
ҚАЛЫПТАСТЫРУ**

*Ауылшаруашылық дақылдардың өнімділігін қалыптастыратын, өсімдіктердің ең жоғарғы өнімділік концепциясына негізделген агроклиматтық қорларды моделдеу және өнімділікті қалыптастыруды моделдеу нәтижелері мен төбелі бедерлердің климат элементтерінің микроклиматтық өзгешілігін бағалау әдістемесі қарастырылады.*

УДК 551.311

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов \*  
Доктор техн. наук Р.К. Яфязова

**СДВИГ ПАРАДИГМЫ – ЭТАП РАЗВИТИЯ СЕЛЕВЕДЕНИЯ**

*ТЕОРИЯ, РЕОЛОГИЯ СЕЛЕВОЙ МАССЫ, ПРОГНОЗ СЕЛЕЙ, МЕХАНИЗМЫ СЕЛЕФОРМИРОВАНИЯ, ГЕНЕЗИС КОНУСОВ ВЫНОСА, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ*

*В статье приведены основные положения, господствовавшие, по мнению авторов, до 70-х годов 20 века и положения, которые приводят к необходимости сдвига существующей парадигмы.*

«Возможно, что в мире мысли, как и в материальной природе, нет произвольного зарождения, а существует только развитие, эволюция; что современная мысль возникает на неосознаваемом фоне идей, переданных нам предшествующими поколениями».

Н.А. Умов (*из речи, посвящённой 300-летию со дня рождения Декарта*)

Интерес к селевым явлениям возник в результате значительного увеличения ущерба, наносимого селями в ходе освоения горных территорий в Западной Европе во второй половине 19 века. Возрастание селевой активности было связано главным образом с истреблением лесов. Уже в первых публикациях по селевой проблематике обсуждаются как вопросы природы селей, так и способы уменьшения ущерба, наносимого ими. К изучению природы селей в 20 веке подключились ученые различных специальностей.

Селеведение зародилось и развивается на стыке многих наук. К основным из них в настоящее время можно отнести гидрологию, метеорологию, геологию, геоморфологию, гляциологию, геокриологию, биологию, почвоведение, физику, реологию, физическое и математическое моделирование, инженерные дисциплины и т.д. Многим из этих наук нет и 100 лет, часть из них отпочковалась от более «древних» наук, а часть – имеет нескольких «родителей».

---

\* Казгидромет, г. Алматы

Многогранность и сложность селевых процессов, отсутствие системного подхода к их изучению привели к выделению двух категорий селей:

грязекаменный сель (грязекаменный поток, структурный грязевой поток, связный селевой поток, гидродинамический селевой поток и др.);

наносоводный сель (турбулентный селевой поток, несвязный селевой поток).

Сложилось устойчивое представление о том, что грязекаменные сели образуются в результате потери устойчивости аномально увлажненными грунтовыми массивами (сейсмическое воздействие, разжижение при выпадении интенсивных и продолжительных осадков, изменение физических характеристик грунта в процессе медленной их трансформации, вызванной изменением влажности, структуры, мощности (толщины) грунта и т.д.). Поскольку эти процессы имели много общего с оползнями, грязекаменные сели изучались преимущественно геологами, геоморфологами и гидротехниками.

Для грязекаменных селей не существовало проблемы определения предельно возможной плотности селевой массы: априори считалось, что концентрация твердого компонента в селевой массе не может превышать значения, при котором селевая масса теряет свойство текучести (деформация селевой массы сопровождается потерей сплошности среды). Значение максимальной плотности зависит от минералогического и гранулометрического составов рыхлообломочных пород, принимающих участие в селеобразовании.

Гидрологи, изучавшие процессы транспорта наносов водными потоками, «курировали» наносоводные сели. Разработанная М.А. Великановым гравитационная теория позволила обосновать процесс переноса крупных частиц во взвешенном состоянии за счет турбулентного перемешивания в потоке, представленном смесью воды и твердых частиц. Находясь под влиянием представлений о том, что при концентрации твердого компонента большей 50 % турбулентность исчезает, М.А. Великанов ограничил область применимости своей теории объемной концентрацией 0,40...0,42. При таких и более низких концентрациях (а также без учета того, что скорость стесненного падения частиц может быть намного меньше гидравлической крупности частицы) зависимость плотности селевой массы от уклона русла носит однозначный характер.

Считалась возможной трансформация грязекаменных селей в наносоводные (например, при смешении грязекаменных селей с водными потоками), обратная трансформация исключалась.

Революционные изменения в понимании природы селей произошли после проведения экспериментов по искусственному воспроизведению селей в натуральном масштабе Казахским научно-исследовательским гидрометео-

рологическим институтом на Шамалганском полигоне в период 1972...1978 гг. В этих экспериментах сосредоточенный водный поток в эволюционном режиме трансформировался в наносоводный сель, а затем наносоводный сель – в грязекаменный. Водный паводок с расходом около 25 м<sup>3</sup>/с трансформировался в грязекаменный сель с максимальным расходом до 420 м<sup>3</sup>/с и плотностью селевой массы около 2400 кг/м<sup>3</sup>. Максимальный продольный уклон естественного селевого очага, образовавшегося в результате опорожнения поверхностного водоёма, не превышал 21°. Максимальные размеры глыб, принимавших участие в селеобразовании, достигали 8 м.

Результаты киносъемки процесса трансформации водного потока в плотный грязекаменный сель и данные о динамике состоянии увлажнения селеформирующих грунтов свидетельствовали о преобладающей роли эрозии и перемешивания в образовании селевой массы.

Анализ условий образования селей в природных условиях: 1973 г. (р. Малая Алматинка (Киши Алматы)), 1977 г. (р. Большая Алматинка (Улкен Алматы)), 1982 г. (р. Сарыкан, Жетысу Алатау), расход которых достигал 10 тыс. м<sup>3</sup>/с, а плотность была близка к 2400 кг/м<sup>3</sup>, подтвердил результаты, полученные при воспроизведении искусственных селей. Максимальный продольный уклон селевого очага на р. Сарыкан не превышал 12°.

Полная несостоятельность селевой парадигмы (совокупности теоретических и методологических положений, принятых научным сообществом на известном этапе развития науки и используемых в качестве образца, модели, стандарта для научного исследования, интерпретации, оценки и систематизации научных данных, для осмысления гипотез и решения задач, возникающих в процессе научного познания), исповедовавшейся на протяжении полувека, проявилась после формирования селя 1988 г., образовавшегося в результате прорыва накопителя сточных вод, созданного близ г. Алматы в пустыне Жаманкум. Существовавшая ранее теория транспорта наносов во взвешенном состоянии оказалась неспособной объяснить, каким образом водный поток с объемом 36 млн. м<sup>3</sup> смог переместить практически такой же объем песка на уклоне менее одного градуса на десятки километров.

Новая парадигма отвечает на множество вопросов, представляющих не только большой научный, но и практический интерес.

– Каков минимальный уклон очага селеформирования (не ограниченного по длине, для различного гранулометрического состава селеформирующих грунтов и расхода водного потока), при котором селевая масса будет иметь плотность, близкую к пределу текучести?

– Что будет происходить с селом, сформировавшимся на большом уклоне (при ограниченной длине селевого очага) при его перемещении на относительно меньший уклон?

– Что будет происходить с грязекаменным селом, при его слиянии с водными потоками, на различных уклонах?

В первом приближении установлено, как изменяется эродирующая способность селевой массы в зависимости от ее плотности и гранулометрического состава твердого компонента, как изменяется устойчивость грунта к эрозии в зависимости от величины сцепления рыхлообломочных пород. Решена задача по определению относительной селевой активности речных бассейнов. Установлена ключевая роль климата в селевой активности в горных районах средних широт с континентальным климатом, несущих оледенение в условиях климата 20 века.

Необходимо разработать методы расчета характеристик селей в условиях изменения регионального климата вследствие глобального потепления. Разработать теорию изменения эродирующей способности селевой массы от ее плотности и гранулометрического состава твердого компонента, теорию изменения устойчивости грунта к эрозии в зависимости от его минералогического и гранулометрического составов и влажности. Выявить закономерности частичного распада селевой массы в зависимости от гранулометрического состава твердого компонента селевой массы и ее реологических характеристик и многие задачи, связанные с отложением селей на конусах выноса и в селехранилищах, а также перелива селевой массы через гребень селехранилищ и т.д.

Смена парадигм (англ. *paradigm shift*) – термин, впервые введенный историком науки Томасом Куном в книге «Структура научных революций» (1962 г.) для описания изменения базовых посылок в рамках ведущей теории науки (парадигмы). В развитии науки Т. Кун различает три цикла.

– Нормальная наука. Каждое новое открытие поддается объяснению с позиций господствующей теории.

– Экстраординарная наука. Кризис в науке. Появление аномалий – необъяснимых фактов. Увеличение количества аномалий приводит к появлению альтернативных теорий. В науке сосуществует множество противоборствующих научных школ. «Решение отказаться от одной парадигмы всегда одновременно есть решение принять другую парадигму, а приговор, приводящий к такому решению, включает как сопоставление обеих парадигм с природой, так и сравнение парадигм друг с другом» [17].

– Научная революция. Научная дисциплина меняет одну парадигму на другую. По терминологии Т. Куна, это называется «научной

революцией» или «сдвигом парадигмы». Зачастую в качестве силы убеждения выступает само время и естественное исчезновение носителей старого убеждения. Т. Кун в данном случае цитирует М. Планка: «... новая научная истина не достигает триумфа путем убеждения своих оппонентов и их просветления, но это, скорее, происходит оттого, что ее оппоненты в конце концов умирают и вырастает новое поколение, с ней знакомое» [17].

Ниже, в форме удобной для сравнительного анализа, сформулированы: парадигма, главенствовавшая в селеведении до экспериментов по воспроизведению искусственных селей на Шамалганском полигоне, и парадигма, разрабатываемая в последнюю четверть 20 века, а также в первой четверти 21 века.

Старая парадигма	Новая парадигма
Роль селей в переносе рыхлых отложений недооценивалась.	«Сели следует рассматривать как важнейший природный механизм перемещения рыхлых отложений в горных странах с верхних на нижние уровни накопления» К.С. Лосев [25].
<p>В монографиях, претендовавших на «современные» представления о природе селевых явлений, сель определялся как:</p> <p>И.В. Боголюбова (1957 г.): «Сель – это кратковременный, большой разрушительной силы паводок с очень высоким (до 50...60 % от общего объема) содержанием наносов» [2].</p> <p>С.М. Флейшман (1951 г.): «Селевыми потоками (селями) называют горные паводки, несущие большое количество твердого материала ...» [42].</p> <p>М.С. Гагошидзе (1971 г.): «Турбулентные сели (селевые паводки) формируются исключительно при ливневых осадках, в результате размыва селевой массы в селеобразующих очагах или се-</p>	<p>Сель – поток смеси воды и частиц горных пород, в котором движение твердой составляющей обусловлено изменением ее потенциальной энергии.</p> <p>При достаточных значениях энергии и градиента энергии рельефа, содержания глинистых фракций в селеформирующих породах, дисперсии размеров частиц (и их содержания в гранулометрическом составе селеформирующих пород), а также глубины потока плотность селевой массы, ее вязкость и предельное напряжение сдвига будут возрастать до значений, при которых селевая масса потеряет свойство текучести (способность деформироваться без нарушения сплошности селевой массы).</p> <p>Режим движения селя (квази-</p>

<p>левых отложений в русле горного водотока ... Объемный вес грязекаменной массы турбулентного селя 1,1...1,3 т/м<sup>3</sup>. ... Структурный поток движется подобно пластическому квазитвердому телу, скользящему по руслу при больших уклонах, без каких-либо внутренних подвижек. ... Объемный вес структурной селевой массы меняется в пределах от 1,9 до 2,3 т/м<sup>3</sup>» [9].</p> <p>А.И. Шеко (1980 г.): «Сель – один из генетических типов экзогенных геологических процессов, который занимает промежуточное положение между обычным паводком с небольшим содержанием взвешенных и влекомых наносов, с одной стороны, и оползнями-потоками, с другой стороны [47].</p>	<p>ламинарный, квазитурбулентный, «структурный») определяется плотностью селевой массы и ее реологическими характеристиками, глубиной потока и уклоном пути движения.</p>
<p>Грязекаменные потоки большой плотности (2200 кг/м<sup>3</sup> и более) при взаимодействии водных потоков с рыхлообломочными породами не формируются. «Характерной особенностью структурного селевого потока является способность его к трансформации в турбулентный селевой поток ... В то же время, обратный переход паводка (селевого или водного) в структурный селевой поток ... при незначительных уклонах русла не может иметь место» [9].</p>	<p>Одним из важнейших результатов экспериментов по искусственному воспроизведению селей на Шамалганском полигоне является доказательство возможности формирования плотных грязекаменных селей в результате взаимодействия водных потоков с рыхлообломочными породами, вмещающими русло. В этом процессе решающая роль принадлежит эрозии [31]. Влияние сдвиговых процессов (при условии аномального увлажнения рыхлообломочных пород) увеличивается по мере углубления русла и со временем может стать преобладающей [38].</p>
<p>Преобладало мнение о преимущественной роли энергии воды в переносе наносов («вода транс-</p>	<p>Результаты анализа экспериментов по воспроизведению искусственных селей на Шамалганском</p>

<p>портирует»). Не исключено, что корни этого мнения – результаты вычисления М.А. Великановым энергии, которая затрачивается р. Волгой при переносе наносов от ее истока до Каспийского моря, и которая многократно превышает величину изменения потенциальной энергии наносов [4].</p>	<p>полигоне свидетельствуют о том, что средняя скорость движения водной и твердой составляющих селевой массы равны. В такой ситуации равенство энергий водной и твердой составляющих селевой массы наступает при ее плотности, равной 1452 кг/м<sup>3</sup> (объемная концентрация <math>C = 0,27</math>). Следовательно, при большой плотности (концентрации твердой составляющей) селевой массы вода выступает не в роли источника энергии, обеспечивающего транспорт твердой составляющей селевой массы, а составляющей, придающей селевой массе свойство текучести.</p>
<p>Механизм вовлечения в процесс селеформирования крупных фракций гранулометрического состава рыхлообломочных пород (крупных камней, глыб) в результате взаимодействия водных потоков с руслом не был известен.</p>	<p>Водный поток размывает и уносит рыхлообломочные породы, окружающие глыбы. Располагаясь на относительно больших уклонах (более 12°), глыбы обретают возможность самостоятельно катиться (скользить, перемещаться скачками) со скоростью, превышающей скорость движения селевого потока [16].</p>
<p>Преобладало мнение о том, что скорость течения воды (суспензии), как составной части селевой массы, существенно превышает скорость движения относительно крупных частиц. Благодаря разности скоростей и осуществляется транспорт крупных частиц [23].</p>	<p>Результаты киносъемки головной части селей (формировавшихся во время экспериментов на Шамалганском полигоне) после прохождения ими 700-метрового участка русла, образованного в коренных породах и не содержавшего значимых объемов отложений предшествовавших селей, свидетельствуют об отсутствии потока воды (суспензии) перед головной частью селей, концентрация крупных фракций гранулометрического состава селеформирующих пород в которых, была аномально высокой.</p>

<p>Считалось, что в условиях высокогорья концентрация поверхностного дождевого стока происходит в отрицательных формах рельефа, образованных в коренных и рыхлообломочных породах, в зоне контакта скал и льда (кулуар, межсклоновая ложбина и т.д.). Там же может происходить накопление селеформирующих рыхлообломочных пород. Если расход поверхностного водного потока превышает критическое значение, взаимодействие водного потока с рыхлообломочными породами приводит к формированию относительно небольшого селя, смещение которого с дождевым паводком в крупном селевом очаге инициирует формирование мощного селя [46].</p>	<p>Установлено, что в процессе заполнения отрицательных форм рельефа рыхлообломочными породами происходит формирование подземных каналов стока. Эти каналы образуются путем выноса относительно мелких фракций бытовыми потоками, возникающими при выпадении ординарных дождей и таянии снега. После того, как канал приобретет сечение, пропускающее ординарные паводки (со свободой поверхностью), дальнейшее заполнение отрицательных форм рельефа происходит без выноса мелких фракций.</p> <p>Выпадение экстраординарных осадков сопровождается образованием паводков, пропустить которые подземный канал в безнапорном режиме не способен. Движение паводка в напорном режиме приводит к обводнению рыхлообломочных пород, расположенных вокруг канала стока. Превышение сдвигающих сил над удерживающими приводит к сдвигу водонасыщенных пород, их разжижению и образованию селей.</p> <p>Описанный подготовительный механизм селеформирования и собственно селеобразование имеют значительные преимущества (как механизм переноса рыхлообломочных пород из относительно верхнего яруса на более низкий) перед эрозийным механизмом:</p> <p>Напорный режим движения воды в подземном канале стока</p>
---	---

	<p>начинается при меньшей интенсивности осадков, нежели это необходимо для того, чтобы расход поверхностного стока превысил критическое значение.</p> <p>При наличии напора обводнение происходит быстрее, нежели путем инфильтрации с поверхности грунта.</p> <p>Наличие напора уменьшает величину нормального давления сдвигающегося тела, поэтому сдвиг может происходить на меньших уклонах [35].</p>
<p>Водолеяные потоки – «... один из видов селевых потоков, в селевой массе которых твердая составляющая представлена обломками льда с участием снега и обломков горных пород ... Водолеяные сели бывают ледникового и речного генезиса. Ледниковые сели образуются в результате срыва ледяных масс, насыщенных трещинными водами (ледник Колка, 1902, 2002 гг.; ледник Уаскаран, Перу 1962, 1970 гг.)».</p> <p>Водолеяные сели речного генезиса «... образуются в период <b>зимних оттепелей</b> вследствие срыва ледяных порогов из донного льда или прорывов снежных завалов, созданных лавинами. Твердая составляющая потока формируется, помимо тел ледяных порогов и снежных завалов, за счет снежно-ледяного покрова, наледей, шуги, русловых отложений» [10, 26].</p>	<p>Установлено существование не описанного ранее водолеяного селя речного генезиса, характерной особенностью которого является возникновение <b>в период сильных похолоданий</b>, которым предшествовал теплый период, препятствовавший возникновению ледяных образований (забереги, внутриводный лед, зажоры, наледи, ледяной покров и т.д. [36, 50]. В такой ситуации при температуре минус 15 °С и более низких температурах на горных реках, продольный уклон русел которых лежит в пределах 2...7°, за относительно короткий промежуток времени (3...5 суток) возникают водолеяные образования высотой 1,5...3 м и более. Расход воды в реке (вследствие образования льда) уменьшается. При равенстве расхода воды пропускной способности каналов в теле упомянутого образования уровень воды стабилизируется, образуется <b>ледяной покров</b>. Русловые и пойменные запасы воды при</p>

	<p>этом намного превышают запасы, возникающие при дождевых паводках малой обеспеченности.</p> <p>Ледяной покров, из-за низкой теплопроводности, уменьшает теплообмен между водой и холодным воздухом. Расход воды из-за уменьшения образования льда увеличивается, движение воды происходит не только под действием силы тяжести, но и вследствие появления напора. По мере увеличения площади ледяного покрова величина напора возрастает.</p> <p>Увеличение температуры и напора воды приводит к ослаблению прочности водолеяных образований и к разрушению одной из них. Водолеяная масса обрушивается на ниже-расположенное водолеяное образование и т.д., расход потока, поддерживаемый изливанием пойменных вод (которые могут рассматриваться как рассредоточенные притоки) лавинообразно возрастает. Как показали наблюдения за образованием водолеяного селя на р. Узынкаргалы в 2006 г., на участке длиной около 500 м расход потока увеличился в 50...100 раз.</p> <p>Прохождение водолеяного селя по территории поселка Фабричный имело трагические последствия [50]. Подобные сели образуются в последние десятилетия на р. Каскелен практически ежегодно. На территории г. Алматы водолеяные сели формировались в конце 19 и во второй половине 20 веков.</p>
<p>Даже в 80-е годы 20 века реология селевой массы находилась в</p>	<p>В настоящее время доказано, что селевая масса обладает фунда-</p>

<p>зачаточном состоянии: селевой массе приписывались «поддерживающая сила», «угол естественного откоса», «угол растекания» [9].</p>	<p>ментальными реологическими свойствами: упругостью, вязкостью и пластичностью. Разработаны методы измерения и определения этих свойств с учетом влияния частиц всех размеров.</p>
<p>Практически отсутствовали сведения о полном гранулометрическом составе селеформирующих горных пород.</p> <p>Минералогическому и гранулометрическому составам селеформирующих пород не уделялось должного внимания.</p>	<p>Проведены массовые измерения гранулометрического состава, а также минералогического состава глинистых фракций селеформирующих пород в различных физико-географических условиях [3].</p>
<p>При определении реологических характеристик селевой массы оперировали средними значениями размеров частиц [40]. В эмпирических формулах фигурировали «средние» размеры частиц (и это тогда, когда размеры частиц составляли от долей микрона до 10 и более метров). Полученные данные имели, в лучшем случае, региональную значимость.</p>	<p>Гранулометрический состав селеформирующих пород и их содержание в селевой массе определяют ее вязкость [34].</p> <p>Минералогия глинистых фракций гранулометрического состава селеформирующих пород (а также гумус), их содержание в смеси с водой и более крупными фракциями в решающей мере определяют пластичность селевой массы [8].</p> <p>Разработаны методы измерения и определения реологических характеристик селевой массы с учетом влияния частиц всех размеров [8, 34].</p>
<p>Отрицалось воздействие архимедовой силы на наиболее крупные фракции гранулометрического состава, находившиеся в смеси воды и относительно мелких частиц: «... в силу явления коллоидно-структурного порядка, само понятие взвешивающей способности, в архимедовом смысле этого слова, теряет всякое значение ...» [9].</p>	<p>На крупные частицы гранулометрического состава твердой составляющей селевой массы действует архимедова сила, равная весу вытесненной селевой массы, состоящей из воды и относительно мелких частиц [34].</p>

<p>«В результате образования <b>заторов</b> и последующих их прорывов селевой поток часто движется <b>валами или волнами</b> ...» [43].</p> <p>«... крупные камни, для передвижения которых естественных скоростей селевого паводка недостаточно, и они передвигаются лишь под действием повышенных скоростей и давлений, образующихся <b>при прорыве</b> потоком временных <b>нагромождений камней</b>. ... такое прерывное движение каменной селевой массы селея ... характерно для всех селей грязекаменного и водно-каменного состава» [4].</p>	<p><b>Валы (волны)</b> формируются <b>без образования заторов и являются закономерностью</b>, присущей селеобразованию. [6, 11, 22, 37].</p> <p>Их образование наблюдалось при проведении Шамалганских экспериментов по искусственному воспроизведению селей на уклонах 15...17°, что исключает существенное накопление селевой массы даже за наиболее крупными глыбами.</p> <p>При относительно больших уклонах пути движения и малой плотности вмещающей среды крупные глыбы самостоятельно перемещаются качением. На малых уклонах и большой плотности вмещающей среды крупные глыбы перемещаются (под действием силы тяжести) во взвешенном состоянии или скольжением благодаря действию архимедовой силы и пластическим свойствам вмещающей среды, уменьшающими нормальное давление. Как правило, глыбы останавливаются, когда их размеры превышают уровень вмещающей их среды (поскольку на выступающую над потоком часть глыбы не действует архимедова сила, сила трения резко увеличивается).</p>
<p>«В части содержания наносов цифровых материалов почти не имеется. В литературе имеется таблица, составленная австрийским геологом Штини, но о достоверности данных, положенных в основу этой таблицы судить весьма трудно. Все же мы приводим выборку из</p>	<p>Если уклон селевого очага превышает критическое значение, при неограниченной его длине, взаимодействие водного потока (расход которого превышает критическое значение) с рыхлообломочными породами приводит к формированию селея, плотность селевой массы которого</p>

этой таблицы, хотя бы для выяснения порядка величин» [4].

Падение дна горного потока, град	Удельный вес селя	
	min	max
15	1,34	1,38
20	1,38	1,46
25	1,42	1,40
30	1,46	1,52
35	1,49	1,53
40	1,49	1,53

Расчетная плотность возможного селевого потока на р. Киши Алматы в створе Медеу по данным Казгидропроекта –  $1544 \text{ кг/м}^3$ , объемная концентрация 0,33 [12]. Эти значения использованы при проектировании плотины.

По М.А. Великанову «... мутность ни при каких условиях не может превышать значения 0,5 (считая, повторяем, в относительном объеме и в рыхлом теле ... практически предел лежит несколько ниже, по-видимому около 0,40...0,42)» [4].

ограничивается пределом текучести.

По данным о задержании селя в селехранилище Медеу в 1973 г., плотность селевой массы –  $2380 \text{ кг/м}^3$  [7], сея на р. Улкен Алматы 1975 г. –  $2500 \text{ кг/м}^3$  (средняя плотность твердых частиц  $2650 \text{ кг/м}^3$ ) [30].

В своих теоретических исследованиях М.А. Великанов не учитывал (в силу отсутствия данных), что скорость падения частиц в условиях стесненности может быть на порядок меньше скорости падения при малой концентрации, не учитывались вязкость и свойство пластичности сред, а также увеличение плотности сред, в которых падали частицы разного размера. Неизвестно было и то, что при полидисперсном составе частиц вязкость суспензии, с ростом их суммарной концентрации, увеличивается на порядки медленнее, нежели при однородном составе. Вследствие этого турбулентное перемешивание сохраняется при объемной концентрации твердого компонента более 0,7 [34].

Помимо турбулентности перемешивание происходит вследствие деформации среды, представленной относительно мелкими частицами и водой, находящейся между относительно крупными частицами, при различной скорости движения последних, а также возникновения поперечных течений, обусловленных продольными и поперечными изгибами русла [4]. Такое перемешивание обеспечивает равномерное распределение частиц твердой фазы в селевой

	<p>массе даже тогда, когда турбулентное перемешивание прекращается из-за больших значений вязкости и пластичности селевой массы.</p>
<p>В соответствии с формулами, описывающими зависимость плотности селевой массы (концентрации твердой фазы в селевой массе) от уклона пути движения селя, плотность турбулентных селей изменяется: с увеличением – увеличивается, с уменьшением – уменьшается [5, 13, 21, 28, 53].</p> <p>Из сказанного следует, что плотность селевой массы, образовавшейся при движении селя на относительно большом уклоне, должна уменьшиться при движении селя на меньшем уклоне.</p> <p>Функции, описывающие зависимость плотности селевой массы от уклона русла монотонные и однозначные.</p>	<p>В результате анализа условий формирования селевой массы при взаимодействии водных потоков с рыхлообломочными породами было установлено, что в ситуациях, имеющих практический интерес (расход селя, скорость его движения, представляют угрозу человеку, объектам хозяйственной деятельности), зависимость между плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором селевая масса может перемещаться без остановки и частичного распада, неоднозначна.</p> <p>Было установлено, что при определенных условиях плотная селевая масса, образовавшаяся на относительно большом уклоне, может существовать без остановки и распада на значительно меньших уклонах.</p> <p>Теория существования селевой массы играет ключевую роль при расчете характеристик селей, позволяя определять тенденцию развития селевого процесса: возможность обогащения твердой составляющей или частичный распад селевой массы, а также ее остановку.</p> <p>Теория существования селевой массы позволяет предсказать условия, при которых функция, описывающая зависимость предельной плотности селевой массы (при заданных значениях глубины потока, минералогического и гранулометрического состава</p>

	<p>вов твердой составляющей) от уклона русла претерпевает разрыв. Физический смысл упомянутого разрыва состоит в том, что теоретически бесконечно малое изменение уклона пути движения селя может приводить к конечному изменению плотности селевой массы (не во времени, на конечной длине пути) [33].</p>
<p>Считалось, что конусы выноса горных рек, расположенные на предгорной равнине и содержащие крупные валуны и глыбы с поперечными размерами 8...10 м и более – результат выноса наносов мощными водными потоками, сформировавшимися в периоды таяния гигантских ледников, образовавшихся в ледниковые эпохи плейстоцена. На инженерно-геологических картах такие отложения идентифицируются как результат флювиогляциальной деятельности.</p>	<p>Конусы выноса на предгорной равнине сложены преимущественно отложениями селей [51]. Эти конусы выноса являются банками данных об изменении селевой активности (объемах и повторяемости селей) на протяжении сотен тысяч лет, обусловленной преимущественно изменением регионального климата, вызванного глобальным изменением климата Земли.</p>
<p>Не были известны методы определения генезиса конусов выноса.</p>	<p>Разработан геолого-геоморфологический метод определения генезиса конусов выноса [52].</p> <p>Периферийные горизонталы аллювиального конуса выноса имеют форму, близкую к дуге окружности, а селевого конуса выноса – почти прямой линии или дуги окружности с отрицательной кривизной.</p> <p>Максимальное различие в гранулометрическом составе селевых и аллювиальных конусов выноса имеет место в количественном содержании наиболее мелких и крупных частиц. Аллювиальные отложения практически не содержат пылевато-глинистых</p>

	<p>частиц, а также валунов и глыб, размеры которых превышают 0,5 м.</p>
<p>Сведения о селевой активности в плейстоцене практически отсутствовали. Считалось, что конусы выноса, образованные на выходе рек из гор – результат преимущественно речных отложений. Наличие в отложениях валунов и глыб объяснялось большими расходами горных рек в периоды таяния мощных ледников, формировавшихся в ледниковые эпохи плейстоцена [14].</p>	<p>Установлено, что селевая активность в горных районах средних широт с континентальным климатом и несущим оледенение в условиях климата 20 века определяется глобальным климатом.</p> <p>Селевая активность в ледниковые эпохи плейстоцена практически равна нулю. На конусах выноса, расположенных на выходе рек из гор, и в междуречьях отлагается лёсс. Небольшие сели, образующиеся в среднегорной зоне, в основном отлагаются в горных долинах.</p> <p>Потепление в очередном межледниковье приводит к деградации оледенения, частичному разрушению лёссового покрова, образованию внутриледниковых и поверхностных водоемов. Прорыв водоемов может приводить к формированию катастрофических селей, отлагающихся на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине. Однако главная роль в переносе наносов из высокогорья на предгорную равнину принадлежит селям дождевого генезиса.</p> <p>Селевая активность достигает максимума, когда в межледниковые эпохи температура воздуха превышает на 2...3 °С и более. Это объясняется тем, что осадки, выпадающие в настоящее время в летний период в твердом виде, будут выпадать в жидком виде в том числе и на большие площади, освободившиеся от снега и льда.</p> <p>О масштабах увеличения селевой активности можно судить по следую-</p>

	<p>щим примерам. Если «размазать» все сели, вышедшие на конус выноса р. Киши Алматы в голоцене (более 10 тыс. лет), то толщина слоя не превысит 0,5 м. За период максимума селевой активности ресс-вюрмского межледникового, длившегося 100...200 лет, слой отложений близок к 30 м [24].</p>
<p>В настоящее время преимущественно создаются и выпускаются карты селевой опасности, на которых в цвета категорий опасности закрашиваются и территории, не подвергающиеся непосредственно воздействию селей. При этом в легендах таких карт не сообщается о степени селевой опасности на этих территориях.</p>	<p>Все большее распространение приобретают карты селевого риска, хотя при их создании требуется гораздо большее обоснование повторяемости селей различных категорий опасности. Необходима дополнительная информация о характеристиках негативно воздействующих факторов, степени уязвимости объектов потенциального поражения, их стоимости в настоящее время и ближайшие десятилетия, упущенной выгоде, степени воздействия на социально-экономические факторы. Особую сложность представляет оценка изменения селевой активности, вызванного ожидаемым потеплением глобального климата, а также прогноз социально-экономического развития региона, подверженного воздействию селей, на ближайшее столетие. Тем не менее, будущее за картами риска селевой опасности [20, 39].</p> <p>Эти карты будут многофункциональными: помимо информации о селевом риске, они должны содержать информацию о селевой опасности на еще не освоенных территориях. Карты риска должны содержать информацию о времени их создания.</p> <p>Карты селевой опасности не ут-</p>

	<p>ратят в будущем своей актуальности на неосвоенных территориях и должны своевременно обновляться по мере изменения климата и трансформации факторов селеобразования, оставаясь базовым элементом при модернизации ранее разработанных и вновь создаваемых карт селевого риска.</p>
<p>В основе методов прогноза селей дождевого и гляциального генезисов лежали связи метеорологических характеристик с фактическими данными о формировании селей. Как правило, в число предикторов включались: температура воздуха и слой жидких осадков в дни формирования селей, суммы температур за несколько дней, предшествовавших селеобразованию, суммы слоя осадков за несколько дней (месяцев), предшествовавших образованию селей (учет предшествовавшего увлажнения), высота снеговой линии, наличие рыхлообломочных пород [1, 16, 44, 49].</p> <p>Долгосрочные прогнозы селей базировались на выявлении связей селевой активности с циклическими изменениями метеорологических и техногенных факторов [18, 29, 47].</p>	<p>В основе сверхкраткосрочных прогнозов селей лежит в частности информация о характеристиках осадков, получаемая с помощью метеорологических радиолокаторов и данных о выпавших осадках, получаемых метеостанциями и метеопостами, а также автоматическими метеостанциями.</p> <p>При сохранении методов прогноза предшествовавшей парадигмы разрабатываются краткосрочные методы прогноза, базирующиеся на закономерностях формирования селевых потоков в результате взаимодействия водных потоков с рыхлообломочными породами и их математическом описании с помощью моделей, позволяющих определить численные значения принципиально необходимых критических для возникновения селей условий (уклона русла и расхода водного паводка) в зависимости от характеристик потенциальных селевых массивов [15].</p> <p>Сверхдолгосрочные прогнозы разрабатываются на основе данных об изменении температуры воздуха в голоцене и плейстоцене, сценариях изменения климата в 21 веке, геологическом и геоморфологиче-</p>

	ском строении территорий, подвергавшихся воздействию селей в плейстоцене и голоцене [52].
<p>В основе старой парадигмы борьбы с селями лежала в основном защита с помощью гидротехнических сооружений. Предупреждение формирования селей сводилось к охране лесонасаждений.</p>	<p>В современной парадигме (при сохранении методов, подтвердивших свою эффективность) широкое распространение получает превентивное опорожнение поверхностных и подземных водоемов моренно-ледниковых комплексов (путем создания искусственных каналов стока и использования сифонов) [12].</p> <p>Разрабатываются методы активного воздействия на селевую массу с целью изменения ее характеристик [32].</p> <p>Разрабатываются методы, направленные на изменение условий обводнения селеформирующих пород с целью предотвращения напорного режима стока селеформирующих паводков [35]. Стратегия защиты постепенно замещается стратегией управления селевыми процессами [19].</p>

Далеко не все члены селевого научного сообщества воспринимают новую парадигму. Причиной может быть консерватизм, нежелание выйти за рамки полученных знаний или устоявшихся воззрений. Некоторые важнейшие, по нашему мнению, составляющие новой парадигмы были опубликованы 15...30 лет. Однако за все это время ни в научных публикациях, ни на форумах различного формата не затрагивались проблемы дискуссионного характера, и это тревожит. Исключением, пожалуй, является критический анализ зарубежными учеными результатов экспериментальных исследований известного английского ученого Р.А. Багнольда, развивавшего в одно и то же время с М.А. Великановым энергетический подход к определению транспортирующей способности потоков.

Сложившаяся обстановка с состоянием новой парадигмы губительно сказывается на разработке нормативных документов, регламентирующих про-

ектирование, строительство и эксплуатацию селезащитных сооружений, проведение превентивных мероприятий по снижению ущерба, наносимого селями.

Опыт проектирования и эксплуатации селепредотвращающих, стабилизирующих, селезадерживающих, селенаправляющих и селепропускных сооружений в Казахстане свидетельствует о том, что действующие нормативные документы морально устарели, их содержание не учитывает специфики селевых явлений, в них отсутствуют разделы, посвященные предотвращению селей, вызванных человеческим фактором. Это приводит к человеческим жертвам и материальному ущербу, а также создает предпосылки для потенциальных катастроф.

На необходимость создания нормативных документов (СНиП), базирующихся на последних достижениях науки и мировом опыте эксплуатации селезащитных сооружений, на протяжении десятилетий обращали внимание ведущие специалисты СССР в области селей. В 1979 г. заместитель министра мелиорации и водного хозяйства СССР Б.Г. Штепа писал: «Нельзя признать удовлетворительным и положение с разработкой и изданием необходимых нормативных документов» [48]. В 1981 г. профессор МГУ, председатель селевой комиссии АН СССР д.т.н. С.М. Флейшман, к.г.-м.н. Б.Н. Иванов, заместитель начальника Казселезащиты А.Ю. Хегай акцентировали внимание на том, что «создание нормативных документов для противоселевого проектирования следует считать задачей номер один ...» [41]. Спустя 7 лет, в 1988 г. А.Ю. Хегай и Н.В. Попов вновь возвращаются к этой проблеме: «До сих пор у нас нет нормативных документов по расчетам параметров возможных селей, ущерба от стихийных явлений и эффективности защитных работ» [45]. В 1990 г. ведущий специалист Казселезащиты, к.г.н. Н.В. Попов писал: «Существенным образом затрудняет разработку рекомендаций защитных мер и проектирование инженерных сооружений отсутствие необходимой расчетной базы и нормативных документов ...» [27].

В настоящее время мероприятия по защите от селей в Казахстане регламентируются нормами и правилами, представляющими собой усеченные варианты СНиП, разработанных в СССР в 80-е годы, в которых не учтен опыт проектирования, строительства и эксплуатации селезащитных сооружений последних десятилетий, а также проблемы, обусловленные изменением климата.

В 2001 г. на это указывалось и в письме главного инженера ЗАО «Казгидропроект» И.Я. Вильковиского директору КазНИИМОСК М.Ж. Бурлибаеву: «ЗАО «Казгидропроект» полностью разделяет Вашу точку зрения о необходимости переработки устаревших документов СН 518-79, ВСН 03-76, П-814-84 с учетом проведенных Вашим и другими институтами исследований в 1985...2000 гг., во многом изменивших ранее существовав-

шие представления о механизмах селеобразования, возможных масштабах селевых явлений и методах селезащиты, а также практике проектирования, строительства и эксплуатации селезащитных сооружений в Казахстане и других селеопасных районах. В упомянутых выше нормативных документах из-за недостаточной изученности селей не нашли отражение многие важнейшие вопросы проектирования или по ним даны неверные рекомендации. Коренная переработка нормативных документов обусловлена необходимостью как проектирования противоселевых объектов, так и проверки достаточности и надежности противоселевых мероприятий на территории РК». В цитируемом письме приводится и перечень дополнительных вопросов, которые должны найти отражение в новых нормативных документах.

Крупнейшим недостатком действующих нормативных документов является отсутствие требований о необходимости разработки проектной документации, регламентирующей мероприятия, проводимые после заполнения селехранилищ. Заполненное селехранилище становится потенциальным очагом селеформирования, расположенным, как правило, в непосредственной близости от защищаемых объектов. При этом вероятность гибели людей многократно возрастает из-за малой заблаговременности предупреждения о селевой опасности.

Создание современных СНиП позволит не только усовершенствовать существующие селезащитные сооружения, но и разработать, и внедрить новую стратегию защиты от селей, в основе которой должны лежать превентивные мероприятия по снижению и даже устранению селевой опасности. Новая стратегия защиты от селей будет не только значительно экономичнее реализуемой в настоящее время, но и позволит предотвратить развитие эрозионных процессов, приводящих к опустыниванию и снижению биоразнообразия.

Авторы изложенной выше новой парадигмы не претендуют на ее завершенность и «истину в последней инстанции», и призывают тех, для кого познание природы селей и борьба с их негативными последствиями небезразличны, принять активное участие в обсуждении содержания современной селевой парадигмы, включая защиту от селей и управление селевыми процессами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аджиев А.Х., Кондратьева Н.В., Кумукова О.А., Сейнова И.Б., Богаченко Е.М. Метод фонового прогнозирования селевой опасности на Центральном Кавказе и результаты его апробирования / Тр. Межд. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». – 22–29 сентября 2008 г., Пятигорск, Россия. – С. 263-266.
2. Боголюбова И.В. Селевые потоки и их распространение на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 152 с.

3. Вардугин В.Н., Малахов В.Д. Эффективные методы защиты селевых бассейнов Казахстана. – Алма-Ата: КазИНТИ, 1988. – 66 с.
4. Великанов М.А. Гидрология суши. – Л.: Гидрометиздат, 1948. – 530 с.
5. Великанов М.А. Работа взвешивания наносов // Селевые потоки и меры борьбы с ними. – М.: Издательство АН СССР, 1957. – С. 55-64.
6. Виноградов Ю.Б. Эрозионно-сдвиговой селевой процесс // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1976. – №1. – С. 114-121.
7. Виноградов Ю.Б., Земс А.Э., Хонин Р.В. Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1976. – №1. – С. 60-73.
8. Гавришина Л.Н. Методика определения статического напряжения сдвига вязкопластичных селевых смесей // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – №9. – С. 105-113.
9. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 386 с.
10. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 528 с.
11. Голубович В.А. О волнообразном характере движения селевых потоков // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – №4. – С. 27-30.
12. Дуйсенов Е. Селевые потоки в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: Казахстан, 1971. – 192 с.
13. Замарин Е.А., Попов К.В., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. – 543 с.
14. Илийская долина, ее природа и ресурсы / Под ред. М.И. Ломоновича. – Алма-Ата: Издательство АН КазССР, 1963. – 341 с.
15. Киренская Т.Л. Методические основы прогнозирования селевых потоков ливневого происхождения (на примере Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1988. – 20 с.
16. Киренская Т.Л. О прогнозировании ливневых селей в Заилийском Алатау // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – №9. – С. 77-84.
17. Кун Т.С. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.
18. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на Северном Кавказе в период современных изменений климата и ее прогноз до 2015 г. / Труды Всероссийской конференции по селям: 26-28 октября 2005 г. / Под ред. М.Ч. Залиханова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 98-105.
19. Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. – Алматы, 2011. – Т. 1. – 284 с.

20. Медеу А.Р., Тасболат Б., Дайрабаева А.Ж. Методологические основы количественной оценки селевых рисков // Материалы I Международной научно-практической конференции «Дни науки», 21–29 декабря 2005 г. – Днепропетровск, 2006. – С. 241–243.
21. Мостков М.А. Гидравлические закономерности в горных потоках // Селевые потоки и меры борьбы с ними. – М.: Издательство АН СССР, 1957. – С. 18-54.
22. Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. Волны в селях. – М.: Издательство научтехлитиздат, 2011. – 160 с.
23. Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. Одномерные наносонесущие русловые потоки. – М.: Издательство научтехлитиздат, 2012. – 192 с.
24. Оценка воздействий изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-Восточного Казахстана: Резюме для лиц, определяющих социально-экономическую и природоохранную политику – Алматы: КазНИИ-МОСК, 2000. – 49 с.
25. Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР. Итоги науки и техники. Серия Гидрология суши. – Т.7. – М.: ВИНТИ, 1989. – 149 с.
26. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во МГУ, 2014. – 72 с.
27. Попов Н.В. Опыт разработки и реализации комплексных и специальных схем инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов в Казахстане // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата, 1990. – С. 18–24.
28. Саноян В.Г. Транспортирующая способность потока в общем случае движения // В кн.: Эрозионные селевые процессы и борьба с ними. – 1980. – Вып.7. – С. 104–118.
29. Сидорова Т.Л. Оценка селевой деятельности по климатическим параметрам: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – М., 1997. – 20 с.
30. Степанов Б.С. К определению плотности селевых потоков // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1977. – №2. – С. 79-83.
31. Степанов Б.С. О механизме эрозионно-сдвигового процесса // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1978. – №3. – С. 130–133.
32. Степанов Б.С. Основные закономерности формирования, движения и остановки селей: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. – Алматы, 2000. – 48 с.
33. Степанов Б.С. Явление скачкообразного изменения плотности селевых потоков. Заявка на открытие // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1992. – №12. – С. 141-172.

34. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 380 с.
35. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Механизмы, приводящие к формированию селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2001. – №1-2. – С. 74-81.
36. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. К истории познания природы водолеяных селей // Гидрометеорология и экология. – 2011. – №3. – С. 102-111.
37. Степанова Т.С. О принципе пульсации в селевом процессе // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – №4. – С. 24-26.
38. Степанова Т.С. Цепной селевой процесс и образование очагов // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – №11. – С. 43-48.
39. Тасболат Б. Теоретические основы оценки селевого риска // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия Географ. – 2004. – №2(19). – С. 129-134.
40. Тевзадзе В.И. Результаты экспериментальных исследований по определению основных реологических характеристик связанных селевых потоков // Селевые потоки. – 1983. – №7. – С. 75-83.
41. Флейшман С.М., Иванов В.Н., Хегай А.Ю. Насущные задачи селевой науки и практики // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1981. – С. 3-18.
42. Флейшман С.М. Селевые потоки. – М.: Географгиз, 1951. – 96 с.
43. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с.
44. Фоновый прогноз гляциальных селей / Хоменюк Ю.В., Плеханов П.А., Токмагамбетов Г.А., Максимов А.Б. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 63 с.
45. Хегай А.Ю., Попов Н.В. Перспективы и проблемы инженерной защиты от селей в Казахстане // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1988.
46. Хонин Р.В. К вопросу о классификации селевых очагов // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – №4. – С. 51-56.
47. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980. – 296 с.
48. Штепа Б.Г. Основные проблемы защиты территории СССР от селевых потоков // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1979. – С. 7-22.
49. Яфязова Р.К. К концепции сверхкраткосрочного прогноза // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №4. – С. 52-57.
50. Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях на горных реках в зимний период // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №4. – С. 114-124.

51. Яфязова Р.К. Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы, 1998. – 21 с.
52. Яфязова Р.К. Оценка селевой активности и прогнозирование ее изменения в условиях глобального потепления климата: Автореф. дис. ... доктора техн. наук. – Алматы, 2009. – 36 с.
53. Bagnold, R.A. 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics. Geological Survey Professional Paper 422-1.

Поступила 8.10.2014

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

#### **СЕЛЗЕРТТЕУДІҢ ДАМУ КЕЗЕҢІ - ПАРАДИГМАНЫҢ ҚОЗҒАЛУЫ**

*Мақалада 20 ғасырдың 70-ші жылдарына дейін авторлардың пікірінше бар парадигманың қозғалу қажеттілігін тудыратын негізгі жағдайлары келтірілген.*

УДК 551.497.622.1 +581.526.53

Канд. техн. наук	А. Базарбаев *
Канд. геогр. наук	Л.В. Лебедь **
Доктор геогр. наук	Б.С. Степанов ***
Ph.D.	Ф. Хейлман ****
Доктор геогр. наук	А.В Чередниченко **
	Дж. Чи *****

**ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ  
ПРИБАЛХАШЬЯ, РОЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА В  
УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

*ПАСТБИЩНЫЕ ЗЕМЛИ, ОБВОДНЕННОСТЬ, ПОДЗЕМНЫЕ ВО-  
ДЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛОДЦЕВ, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА,  
ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА*

*Проблема водообеспечения пастбищных земель является сдерживающим фактором развития животноводства в Казахстане. Недостаточное обводнение пастбищ в связи с изменением поверхностного и подземного стока под влиянием глобального потепления климата может усугубить социально-экономическое положение.*

**Водообеспеченность пастбищных земель в Казахстане.** Казахстан относится к группе стран с развитым индустриальным сектором экономики, а также развивающимся аграрным сектором, за счет которого обеспечивается от 30 до 70 % доходов сельского населения [11]. Животноводческая продукция составляет 45...55 % от ВВП сельского хозяйства. Животноводство базируется в основном на природных пастбищах и относится к низко затратным видам производств. Площадь пастбищных земель в Казахстане за последнее двадцатилетие заметно изменялась и достигала больше чем 187 млн. га или более 70 % всех земельных ресурсов страны по статистическим сведениям. Вместе с тем, полное использование пастбищных земель ограничивается их водообеспечением, которое в лучшем случае достигало 80 % (1987 г.), в основном за счет построенных водных сооружений. К этому времени в сельских районах было пробурено

\* АО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы  
\*\* АО «Жасыл Даму» МЭ РК, г. Алматы  
\*\*\* РГП «Казгидромет» МЭ РК, г. Алматы  
\*\*\*\* Юго-восточный центр исследований МСХ США, г. Тусон  
\*\*\*\*\* Университет штата Мичиган, г. Ист Лансинг

8935 артезианских скважин, построено водопроводов общей протяженностью 3764 км и обводнительных каналов – 5000 км, 52744 шахтных колодцев, до 10 000 каптажных камер, 3500 прудов и водоемов [7, 12].

С середины 90-ых годов 20 века основные площади пастбищных земель были переданы в собственность государства. Теперь они сдаются в аренду на долговременный срок хозяйствующим субъектам, чаще имеющим статус мелких крестьянских хозяйств, реже – крупных сельскохозяйственных предприятий. Количество животных на пастбищах в 2013 г. составило 5851,2 млн. голов крупного рогатого скота и 17560,6 млн. голов овец и коз [11]. Современная деятельность в животноводстве, обусловлена недостаточным водообеспечением пастбищ. К тому же незавершенность сельскохозяйственных реформ, в сочетании с неблагоприятным прогнозом изменения климата на ближайшее столетие, затрудняет процессы становления и развития отрасли [5].

**Состояние обводненности пастбищ в Прибалхашье.** В Прибалхашье площадь природных пастбищ составляет 13,85 млн. га в пределах административных границ Алматинской области (Южное Прибалхашье) и 26,19 млн. га в границах Карагандинской области (Северное Прибалхашье). В 70...80-ые годы 20 в. обводненность пастбищных земель в Южном Прибалхашье достигала 74 %, в Северном Прибалхашье – 38 % (табл. 1).

Таблица 1

Водоснабжение населенных пунктов и обводненность сельскохозяйственных земель в Прибалхашье на 1.01.1968 г. [12].

Область по административному делению на 1.01. 2011	Населенный пункт		Пастбищ, млн. га		Пашни, залежи и сенокосы, млн. га	
	всего	с техническими сооружениями	всего	обводнено	всего	обводнено
Алматинская	711	296	13,85	10,26	2,15	0,158
Карагандинская	468	110	26,19	10,10	3,09	1,86

С разрушением колодцев и водотехнических сооружений на пастбищах в Прибалхашье, а также в других районах Казахстана, современные показатели водообеспеченности очень низкие. Сельскохозяйственные животные неравномерно размещаются по территории вокруг единичных колодцев, что способствует деградации и опустыниванию земель, ограничивает дальнейшее развитие животноводства [5].

В рамках проекта К-139бр Международного научно-технического центра (ISTC), который осуществлялся в 2006...2011 гг. на пастбищной территории Прибалхашья, было выполнено обследование инженерно-технического состояния обводнительных сооружений на пустынной территории Жамбылского района Алматинской области и Актогайского района Карагандинской области. Полевые обследования колодцев, выполнялись автомобильным методом с использованием топографической карты ретро масштаба 1:200 000, с которой предварительно снимались географические координаты колодцев разных времен постройки. В полевых условиях местоположение колодцев уточнялись по заданным координатам с помощью GPS. После определения местоположения колодца описывался его тип, техническое состояние, наличие в нем воды, комплектность обводнительных сооружений, целесообразность восстановления и другие характеристики.

Современное расположение колодцев на пастбищных землях Южного Прибалхашья представлено на рис. 1. ГИС-карта расположения колодцев на пастбищах построена по результатам выборочных автомобильных обследований территории и визуального дешифрирования космических снимков высокого разрешения LANDSAT и других космических систем методом аналогов. Всего было обследовано 169 обводнительных сооружений в Южном и 79 в Северном Прибалхашье.

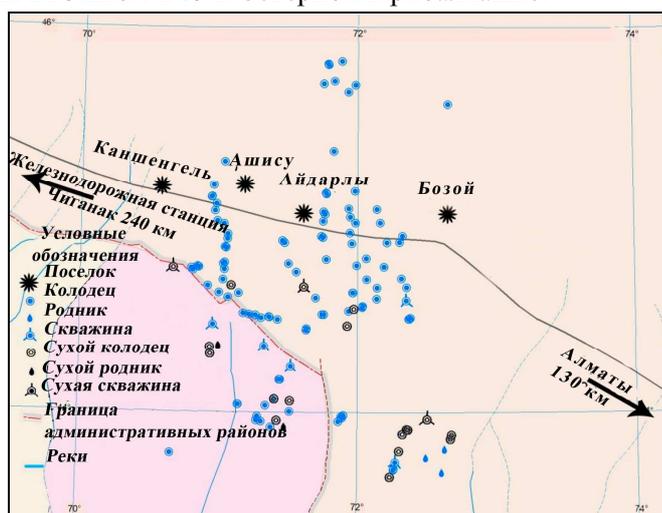


Рис. 1. Карта расположения колодцев на пастбищах Жамбылского района Алматинской области по состоянию на 2009...2010 гг.

Детальные результаты обследований водных объектов на пустынных пастбищах Прибалхашья, с технической их характеристикой, приводятся в табл. 2, из данных которой видно, что большинство обводнительных сооружений в настоящее время не используются или используются ограничено, в основном на

территории земель запаса. В том числе на территории Южного Прибалхашья из 169 обследованных водных объектов действующие колодцы составляли 30 %, восстановлению подлежали 50 %, не подлежали восстановлению 20 % колодцев. Нужно отметить, что из обследованных колодцев подлежащих восстановлению, преобладают шахтные колодцы, построенные по инженерному типу. Из трубчатых колодцев восстановлению подлежали всего 24 %.

Таблица 2

Результаты обследования объектов обводнения на пастбищах  
Прибалхашья в 2009...2010 гг.

Тип сооружения	Всего, шт.	Действующих, шт.	Подлежит восстановлению, шт.	Не подлежит восстановлению, шт.
<b>Северное Прибалхашье, 2008...2009 гг.</b>				
Шахтный колодец	35	10	5	20
Трубчатый колодец	32	7	1	3
Сухой колодец	3	-	3	-
Самоизливающаяся скважина	1	1	-	-
Каптаж	5	5	-	-
Копан	2	2	-	-
Пруд (водохранилище)	1	1	-	-
<b>Итого</b>	<b>79</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>38</b>
<b>Южное Прибалхашье (равнина)*, 2007...2010 гг.</b>				
Шахтный колодец	89	16	70	3
Трубчатый колодец	29	8	7	13
Сухой колодец	17	-	5	12
Самоизливающаяся скважина	9	9	-	-
Каптажный колодец	10	9	-	1
Самоизливающейся колодец	3	3	-	-
Пруд	2	1	1	-
Ручей	3	3	-	-
Родник	2	2	-	-
Водопровод пастбищный	3	1	2	-
Водозабор из ручья дизельным насосом	1	1	-	-
Ручной насос	1	-	1	-
<b>Итого</b>	<b>169</b>	<b>53</b>	<b>86</b>	<b>29</b>

*Примечание:* \* – В общее число обследованных водных объектов в Южном Прибалхашье были включены отдельные результаты А. Базарбаева, которые были получены им в сезон полевых обследований 2010 г. в рамках проекта Правительства РК, Глобального экологического фонда, Программы развития ООН в Казахстане и Германского общества по техническому сотрудничеству [5].

На пастбищах Северного Прибалхашья из обследованных 79 водных объектов, действующие составляли 33 %, подлежали восстановлению 19 %, не подлежали восстановлению 53 %. В том числе 57 % из обследованных шахтных колодцев, являясь объектами не инженерного типа, восстановлению не подлежат. Из обследованных трубчатых колодцев восстановлению подлежат 44 %.

Полученные результаты обследований состояния объектов обводнения послужили исходным материалом для предварительной оценки обводненности пастбищных территорий в Прибалхашье.

При расчетах обводненности учитывались скорость продвижения животных на пастбище и радиус водопоя, т.е. расстояние максимально возможного удаления животных от колодца.

В соответствии с методикой [12], радиус водопоя определяется по формуле:

$$R = \frac{\alpha vt}{2}, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость движения животных при пастьбе, км/час;  $\alpha$  – поправочный коэффициент на рельефные условия пастбища, равный 0,50...0,75,  $t$  – время между двумя последовательными водопоями животных, час.

Скорость продвижения крупного рогатого скота (КРС) при пастьбе составляет 3...3,5 км/час, молочного скота на летних пастбищах с хорошим травостоем 0,5...0,75 км/час, со средним травостоем 0,75...1,25 км/час, при скудной растительности 1,25...1,5 км/час. Скорость движения мелкого рогатого скота (МРС) при высокой кормовой емкости равняется 0,6 км/час, средней – 0,8 км/час, низкой – 1,0 км/час и весьма низкой – 1,5 км/час [12].

Радиус водопоя зависит от вида животных, рельефа местности, системы использования пастбища, вида и продуктивности растительности, а также климатических условий (Указания по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения (СН 267-63), Инструкции Гипроводхоза). По принятой технологии выпаса животных в хозяйствах Казахстана могут использоваться одни и те же пастбищные территории, но различные виды животных должны выпасаться отдельно. Отсюда радиус водопоя для различных видов животных различается, в зависимости от выпасаемой зоны и времени года (табл. 3). Молочные коровы в основном содержатся вблизи населенных пунктов.

Радиус водопоя для животных также зависит от крутизны склонов на пастбище (табл. 4). С увеличением крутизны склона радиус водопоя на пастбище уменьшается [12].

Таблица 3

Радиус водопоя для животных в условиях равнинной местности, км [12]

Вид скота	Степные и лесостепные районы	Засушливые степи, полупустыни, пустыни	
		конец весны и начало осени	зима, начало весны, конец осени
Крупный рогатый скот (немолочный)	3...4	4...5	5...6
Молодняк крупного рогатого скота	2...3	4...5	5...6
Молочные коровы	2...2,5	2...2,5	2...2,5
Лошади	4...5	5...7	6...8
Овцы и козы	2,5...4	3...5	4...6

Таблица 4

Радиус водопоя животных в зависимости от крутизны склона на пастбище, км

Крутизна склона на пастбище, градус	Крупный рогатый скот		Овцы, козы
	Взрослые животные	Молодняк	
$\leq 15^\circ$	2...3	1,5...2,5	3,5...4
15...20°	1,5...2	1,25...1,5	2,5...3
20...40°	не более 1,0	0,8	1,0...1,5

Обследованная территория в Южном Прибалхашье составляет 330 000 га и охватывает в основном песчаную пустыню и предгорную равнину. Как показали результаты обследований, в настоящее время из всех обводнительных сооружений действующими являются только 20 водных объектов.

Поскольку из одного сооружения при выпасе МРС можно обводнить 1963 га пастбищ, при принятом радиусе водопоя 2,5 км, обводненность пастбищ действующими сооружениями составляет:

$$F_{обв.} = 1963 \cdot 20 = 39260 \text{ га.} \quad (2)$$

Общая площадь обследованной территории рассчитывается как:

$$F_{обс.} = \frac{40 + 70}{2} \cdot 60 = 3300 \text{ км}^2 \text{ или } 330 \text{ 000 га.} \quad (3)$$

Отсюда коэффициент обводненности пастбищ будет равен:

$$k = \frac{F_{обв.}}{F_{общ.}} = \frac{39260}{330000} = 0,12. \quad (4)$$

С учетом сооружений, которые подлежат восстановлению, площадь обводненных пастбищ на территории Южного Прибалхашья может увеличиться существенно и составлять:

$$F_{обв.} = 1963 \cdot 89 = 174707 \text{ га.} \quad (5)$$

Аналогично увеличится и коэффициент обводненности, который будет составлять:

$$k = \frac{F_{обв.}}{F_{общ.}} = \frac{174707}{330000} = 0,53. \quad (6)$$

Показатели обводненности пастбищ, полученные для обследованной территории Южного Прибалхашья, можно распространить на пастбищную территорию в песчаной пустыне и на предгорной равнине в пределах административных районов Жамбылского, Илейского и Балхашского районов Алматинской области. Обводненность территории в весенний период временно может повышаться за счет родников и поверхностных источников.

При расчетах площади обслуживаемой одним обводнительным сооружением на мелкосопочных пастбищах Северного Прибалхашья радиус водопоя для овец и коз принимался равным 2,5 км, т.е. радиусу водопоя для животных в условиях степной зоны на равнине.

Таким образом, при выпасе МРС, площадь, обслуживаемая одним обводнительным сооружением составляет:

$$F = \pi R^2 = 3,14 \cdot 2,5^2 = 19,63 \text{ км}^2 \text{ или } 1963 \text{ га,} \quad (7)$$

где  $R$  – радиус водопоя пастбища, км.

Рассчитанная общая площадь обводненности пастбищ действующими сооружениями для обследованной территории в Северном Прибалхашье составляет:

$$F_{обв.} = 1963 \cdot 23 = 45149 \text{ га,} \quad (8)$$

где 23 – количество обводнительных сооружений (без учета двух копаней).

Из расчета общей площади пастбищ в Северном Прибалхашье, которая составляет 5625 км<sup>2</sup> или 562 500 га, и с учетом процента обследования составляющего 450 000 га, коэффициент обводненности пастбищ будет равен:

$$k = \frac{F_{обв.}}{F_{общ.}} = \frac{45149}{450000} = 0,10. \quad (9)$$

С учетом сооружений подлежащих восстановлению, равных по численности 35, площадь обводненной территории может повыситься и составлять:

$$F_{обв.} = 1963 \cdot 35 = 68705 \text{ га.} \quad (10)$$

Отсюда коэффициент обводненности пастбищ получим равным:

$$k = \frac{F_{обв.}}{F_{общ.}} = \frac{68705}{450000} = 0,15. \quad (11)$$

Результаты полевых обследований пастбищ подтверждают равномерность распространения полученного показателя обводненности пастбищ на всю территорию Актогайского района Карагандинской области. Обводненность территории в весенний период года может повышаться за счет водопоя скота из родников и поверхностных источников.

**Водообеспеченность пастбищ в Прибалхашье на базе подземных и поверхностных вод.** Основным источником водоснабжения аридной территории Прибалхашья являются подземные воды [9]. Важное значение для формирования подземных вод региона, имеют поверхностные воды (рис. 2). Собирая осадки с более или менее значительных водосборов, большие реки вместе со своими притоками образуют речные системы, которые существенным образом определяют и режим подземных вод.

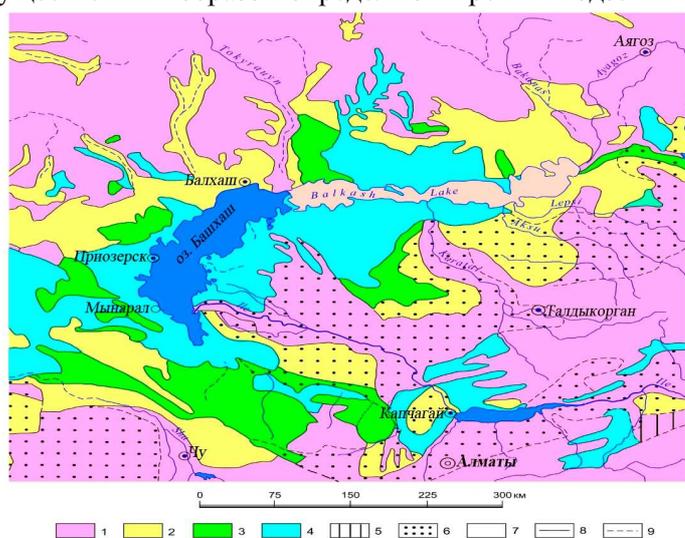


Рис. 2 – Гидрографическая сеть Прибалхашья и обеспечение территории подземными водами хозяйственно-питьевого назначения [16]. Территории, обеспеченные подземными водами: 1 – пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения, с преобладающей минерализацией до  $1 \text{ г/дм}^3$ ; 2 – ограниченно пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения без предварительного опреснения и повсеместно с опреснением с минерализацией до  $3 \text{ г/дм}^3$ ; 3 – пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения с предварительным опреснением с минерализацией до  $10 \text{ г/дм}^3$ ; 4 – не пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения с преобладающей минерализацией более  $10 \text{ г/дм}^3$  или практически безводные территории. Преимущественная глубина эксплуатационных скважин: 5 –  $300 \dots 500 \text{ м}$ ; 6 –  $100 \dots 300 \text{ м}$ ; 7 – менее  $100 \text{ м}$ . Границы: 8 – территории с различной обеспеченностью подземными водами; 9 – районов с различной глубиной эксплуатационных скважин.

Основными водосборами рек бассейна оз. Балкаш являются склоны гор Восточного и Северного Тянь-Шаня, Жетысусского Алатау, Шу-

Илейских гор, гор Кендыктас и южный склон Балкаш-Ертысского водораздела. Главной водной артерией бассейна является р. Иле, истоки которой находятся в Китае на ледниках Центрального Тянь-Шаня. Главными ее левыми притоками на территории Казахстана являются реки Шарын, Шелек, Есик, Талгар, Каскелен и Курты. Водосбором правого притока – р. Хоргос является южный склон Жетысусского Алатау. К крупным горным рекам, впадающим непосредственно в оз. Балкаш, относятся Каратал, Аксу, Сарканд, Баскан, которые берут свое начало из ледников Жетысусского Алатау.

На рис. 2 видно, что минерализация воды составляет до  $1 \text{ г/дм}^3$  на большей части территории, с преимущественной глубиной эксплуатационных скважин менее 100 м. Наиболее ограниченной для хозяйственной деятельности (с минерализацией подземных вод более  $10 \text{ г/дм}^3$ ) считается территория непосредственно прилегающая к оз. Балкаш на расстоянии от первых десятков до 200 км. На востоке, северо-востоке и юго-востоке от г. Балкаша, подземные воды оцениваются как ограниченно-пригодные, с минерализацией до  $3 \text{ г/дм}^3$ . Пригодными для хозяйственно-питьевого назначения, с преобладающей минерализацией до  $1 \text{ г/дм}^3$ , считаются подземные воды в долинах рек Иле, Аягоз и Тоқырауын, вплоть до оз. Балкаш. Глубина залегания подземных вод в этих долинах не превышает 25 м. На равнине, примыкающей к Шу-Илейским горам, и в песках Тау-Кум подземные воды расположены на глубинах 10...20 м и характеризуются как ограниченно-пригодные без предварительного опреснения.

Устойчивость водного баланса оз. Балкаш, следовательно, и устойчивость подземных вод в Прибалхашье, зависят от количества воды, поступающей с территории Китая. Поверхностный сток из китайской части бассейна р. Иле в 2000 г. составлял  $15,09 \text{ км}^3$  или 77 % от общего ее стока. Изъятие воды из р. Иле и потери стока на территории Китая достигали  $4,42 \text{ км}^3/\text{год}$  [16].

Среднегорье и низкогорье в Южном Прибалхашье представлены горами Кендыктас и Шу-Илийскими горами, которые характеризуются большим разнообразием гидрогеологических условий. В горах Кендыктас большое распространение получили трещинные воды зоны выветривания и тектонических разломов, их источниками являются атмосферные осадки, не исключен и приток подземных вод по зонам дизъюнктивных нарушений со стороны Илейского Алатау. Модули подземного стока в реки северного склона на востоке гор Кендыктас достигают  $3 \text{ дм}^3/\text{с}$  с  $1 \text{ км}^2$ , снижаясь в западном направлении до  $0,2 \text{ дм}^3/\text{с}$ . В Шу-Илийских горах грунтовые воды формируются в четвертичных делювиально-пролювиальных отложениях в результате фильтрации атмосферных осадков, вод временных поверхностных водо-

токов и подтока трещинных вод. Глубина залегания грунтовых вод изменяется в пределах 0,5...15 м. Дебиты выработок колеблются от 8 до 432 м<sup>3</sup>/сут. Качество воды удовлетворительное.

Основной сток в оз. Балкаш с водоразделов Северного Прибалхашья происходит из водоносных горизонтов аллювиально-пролювиальных отложений долин рек Жамши, Токрау, Аягуз-Баканас, а также из крупных региональных зон разломов. Однако, даже при наличии относительно густой сети природных водных источников из-за слабого развития системы доставки воды (каналов, арыков, водоводов, водопроводов и т.д.) поступление ее к водопойным пунктам ограничено. Доля непосредственного участия поверхностных вод в водоснабжении для пастбищного животноводства не превышает 20 %.

Северное Прибалхашье представлено преимущественно мелкосопочником, обрамляющим оз. Балкаш с севера и запада и носит отличительные черты климата Центрального Казахстана, определяют сложный процесс формирования подземных вод в регионе [8]. Наиболее распространены здесь трещинные воды, которые залегают преимущественно на глубинах до 15 м. На возвышенных участках их глубина увеличивается до 20...30 м. Дебит источников в трещиноватых породах достигает максимума в зонах тектонического дробления и составляет 860...4300 м<sup>3</sup>/с, средний дебит – 43...86 м<sup>3</sup>/с.

Поровые воды в Северном Прибалхашье приурочены к песчано-гравийным аллювиально-пролювиальным отложениям рек Моинты, Джамши, Токрау и Кусак, в которых формируются мощные грунтовые потоки. При мощности водоносных горизонтов от 2 до 50 м, глубина залегания грунтовых вод, как правило, не превышает 5 м. Инфильтрационное питание подземных вод в засушливых областях, зависит от степени аридности, внутригодового распределения осадков и сезонности развития растительности [8, 15]. Минерализация подземных вод в общем небольшая и не превышает 1 г/дм<sup>3</sup> для вод гидрокарбонатно-сульфатного натриевого состава. Более минерализованные воды (7...8 г/дм<sup>3</sup>) отмечаются в единичных случаях вблизи оз. Балкаш и там, где на месте выхода родников развиты покровные суглинки, содержащие водорастворимые соли. Поскольку домашние животные в Северном Прибалхашье выпасаются, в основном, в широких межсопочных понижениях, то для их водопоя могут использоваться естественные выходы подземных вод – родники, а также неглубокие колодцы и скважины.

***Водообеспеченность пастбищ Прибалхашья в условиях глобального потепления.*** Изменение регионального климата Казахстана хорошо коррелирует с изменением глобального климата, по меньшей мере, на протяжении последних 500 тысяч лет. Результаты исследований изменения регионального климата свидетельствуют, что за 110 лет температура воздуха

повысилась в Казахстане на 1,5 °С, что в 2,5 раза превышает величину глобального потепления [16]. Потепление климата привело к интенсивному таянию ледников, в результате чего площадь оледенения горных хребтов на территории Казахстана сократилась за последние 50 лет примерно на 35...37 %, а объем ледников – на 41...43 % [1, 13, 14].

По данным климатологов Казахстана, средняя годовая температура воздуха в регионе к середине 21 века может увеличиться на 2,7...2,8 °С с максимальным ростом в зимний и летний периоды года. Наиболее заметное потепление ожидается в северных и центральных районах Казахстана [16] без существенного изменения слоя осадков. При таком сценарии изменение климата в Прибалхашье неизбежна полная дегляциация северного склона Илейского Алатау и других горных систем и уменьшение водообеспеченности равнинной территории на фоне увеличения темпов её опустынивания.

С полной деградацией горного оледенения Тянь-Шаня и Жетысусского Алатау, сток в бассейне р. Иле предположительно уменьшится на 2,3 км<sup>3</sup> или на 12 % в год. В бассейне оз. Балкаш суммарный сток уменьшится на 2,5 км<sup>3</sup> или на 10...12 % в год [3].

В формировании будущего режима и ресурсов подземных вод и, следовательно, водообеспеченности пастбищных земель на равнинах Прибалхашья в условиях изменения климата, главная роль принадлежит поверхностным водам. Режим водности рек изменится вследствие таяния ледников и перераспределения атмосферных осадков по сезонам года. При этом, в первые 20...30 лет деградация оледенения не будет существенно сказываться на формировании грунтовых вод, поскольку абляция преимущественно будет обусловлена таянием долинных ледников. Кроме того, в определенной мере уменьшение таяния ледников в этот период будет компенсироваться деградацией каменных глетчеров, содержание льда в которых достигает 50% от общих запасов. В результате глобального потепления климата произойдет уменьшение ледникового стока на 10...15 %. По мнению специалистов это приведет к понижению уровня грунтовых вод в Южном Прибалхашье на несколько метров. И как следствие, к обмелению и засолению оз. Балкаш.

В Северном Прибалхашье увеличение температуры воздуха на 2...3 °С не приведет к существенному изменению режима подпитки трещинных вод за счет атмосферных осадков, так как из-за малого относительного содержания пылевато-глинистых фракций в поверхностном слое грунтов влага быстро проникает в глубинные толщи, где испарение становится незначительным.

***Перспективы водообеспечения пастбищных земель.*** В последние десятилетия минувшего тысячелетия в Казахстане, а так же других

Республиках Центральной Азии и Российской Федерации был разработан комплекс мелиоративных, агротехнических и селекционно-интродукционных мероприятий, направленных на увеличение производства животноводческой продукции и повышение экологической устойчивости аридных пастбищ [1, 13]. В числе первоочередных задач предусматривается восстановление на пастбищах ранее действующих сооружений для водопоя животных на базе подземных и поверхностных вод с переводом их на автономный режим энергопитания от возобновляемых источников энергии. На рис. 3, 4 показаны объекты, восстановленные в рамках проекта Правительства РК, Глобального экологического фонда, Программы развития ООН в Казахстане и Германского общества по техническому сотрудничеству [5].



*Рис. 3. Колодезь «Басу» до восстановления. Айдарлинский сельский округ, 2009 г.*



*Рис. 4. Колодезь «Басу» после восстановления. 2010 г.*

В Прибалхашском регионе, при условии восстановления разрушенных колодезев, коэффициент обводненности пастбищных земель может повыситься с 0,10...0,12 до 0,53 (Южное Прибалхашье) и до 0,15 (Северное Прибалхашье).

Перспектива использования возобновляемых источников энергии, в первую очередь ресурсов ветра и солнца, является одним из путей реше-

ния проблемы водообеспечения пастбищных земель. До 50 % территории Казахстана характеризуется среднегодовой скоростью ветра 4...5 м/с, местами 6 м/с и более, что подтверждает наличие соответствующих ветроэнергетических ресурсов и возможность их практического использования. По ориентировочным расчетам теоретический ветропотенциал Казахстана составляет около 1820 млрд. кВт ч в год [10].

На большей части территории Южного Прибалхашья, среднегодовые скорости ветра равны 4 м/с (рис. 5). Поскольку для устойчивой работы ветровых установок нижний предел скорости ветра должен быть не менее 3 м/с, то, по всей видимости, ветровые ресурсы территории, в определенной степени удовлетворяют необходимому условию. Вторым, не менее важным, фактором для планирования использования ветроэнергетических ресурсов является продолжительность работы установки (период простоя). Отсюда, как показывают предварительные результаты расчетов, с учетом заданной предельной скорости ветра, период работы установки может уменьшиться и составлять всего 2...4 часа в сутки. Тем не менее, даже при таком ограниченном времени установка позволяет поднять из колодцев достаточное количество воды для водопоя скота, при бережном ее использовании.

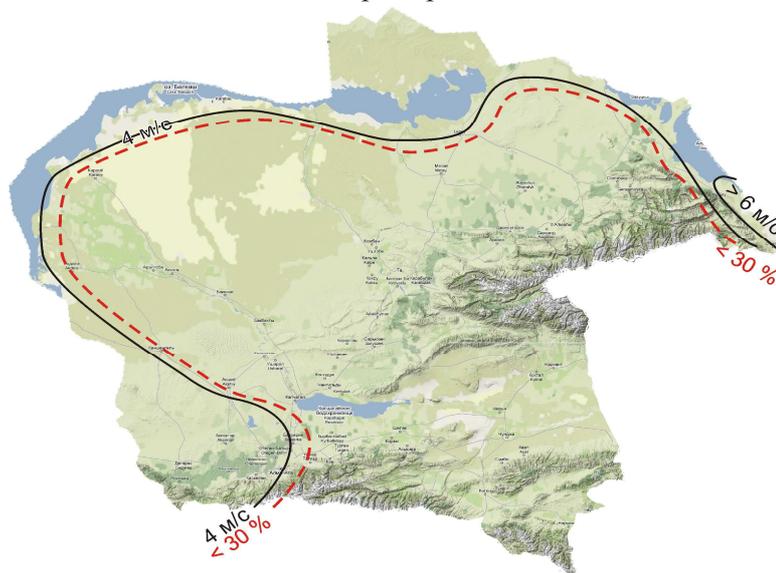


Рис. 5. Средние скорости ветра и время простоя ветросиловых установок на территории Южного Прибалхашья [10].

На практике в Казахстане могут использоваться ветроводоподъемники серии ВП-3,72 ВВПУ, а также ВВПУ-АВЭС 4.00.00.00 СБ 5, производство РФ [2, 4], ветронасосы серии ВВПУ и ВУ-1,5, производство Украины, которые предназначены для подъема воды из артезианских скважин с глубины до

40 м, шахтных колодцев, открытых водоемов и других источников. Автономные малые ветровые установки могут работать совместно с дизель-генераторами. Также мировая промышленность разрабатывает ветро – солнечные установки, позволяющие более равномерно обеспечивать выработку электроэнергии. Географическое местоположение Казахстана и достаточная освещенность его территории Солнцем в течение всего года обеспечивают хорошие условия для использования солнечной энергии.

Один из реальных путей восстановления обводнительных сооружений на пастбищах – предоставление фермерам льготных долгосрочных кредитов со стороны государства и частных банков. Для восстановления колодцев, строительства обводнительных сооружений и их ремонта необходимо создание специализированных технических служб с государственной поддержкой, по типу ранее существовавших в Казахстане областных управлений «Сельхозводоснабжение» [6].

Статья подготовлена в рамках партнерского проекта К-1396р Международного научно-технического центра (ISTC), выполняемого в 2006...2011 гг. в Казахстане при финансовой поддержке США.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимаев И.И., Жамбакин Т.А., Прянишников С.Н. Улучшение и рациональное использование аридных пастбищ. – Алматы: 1985.
2. Ветрогенераторы – Продукция ООО «Энерготехмаш-Пром»- Продукция и услуга. [Электрон. ресурс]. – 2007. – URL: <http://www.prorabka.ru/prod/vetrogeneratoryi>.
3. Вилесов Е.Н. Эволюция внутриконтинентальной ледниковой системы в 20 веке: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. – Алматы, 1997. – 47 с.
4. Иванов М. Ветроэнергетика большая и малая. Коммунальный Комплекс России. [Электрон. ресурс]. – 2007. – URL: <http://gkhprofi.ru/news.php>.
5. Казахстанская модель устойчивого управления пастбищными ресурсами// Проект Правительства РК, ПРООН, ГЭФ, GIZ. –Алматы: 2011. – 119 с.
6. Карешев Х.К., Сарсембеков Т.Т., Ибатуллин С.Р. Организация эксплуатации обводнительных сооружений. – Алма-Ата: Изд. «Кайнар», 1983. – 211 с.
7. Касенов М.Р., Копанев Г.В. Обводнение пастбищ Казахстана. – Алма-Ата: Изд. «Кайнар», 1989. –208 с.
8. Островский В.Н. Подземные воды пустынь и экосистемы. – М.: Недра, 1991. – 190 с.

9. Подземные воды (карта) // Национальный атлас Республики Казахстан, Т. 1, Природные ресурсы. – Алматы: 2006.
10. Проект Программы развития ООН и Правительства Казахстана «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики» [Электрон. ресурс]. – 2007. – URL: [www.windenergy.kz](http://www.windenergy.kz)
11. Статистический сборник за 2010 год. – Астана: Агентство РК по статистике, 2011.
12. Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана. –Алма-Ата: Изд. «Кайнар», 1969. –301 с.
13. Улучшение и правильное использование пастбищ в полупустынных и пустынных районах / ВНИИ кормов им. Вильямса – М.: Колос, 1974. – 47 с.
14. Шамсутдинов З.Ш. Пути ускорения научно-технического прогресса в пастбищном хозяйстве // Проблемы освоения пустынь. – 1989. – № 2. – С. 14-22.
15. Шапиро С.М. Подземные воды юго-востока Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1974. – 184 с.
16. 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 бассейна оз. Балкаш и Аральского моря // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 36-61.

Поступила 6.01.2015

Техн. ғылымд. канд.	А. Базарбаев
Геогр. ғылымд. канд.	Л.В. Лебедь
Геогр. ғылымд. докторы	Б.С. Степанов
Ph. D.	Ф. Хейлман
Геогр. ғылымд. докторы	А.В. Чередниченко
	Дж. Чи

### **БАЛҚАШ Өңіріндегі аридтік жайылымдардың сумен қамтамасыздығы, ғаламдық жылыну жағдайындағы гидрогеологиялық факторлардың ролі**

*Қазақстандағы мал шаруашылықтың дамуының ұстамдылық факторы жайылымдық жерлерді сумен қамту проблемасы болып табылады. Ғаламдық климаттың жылынуы әсерінен жер беті және жер асты су ағымдарының өзгеруінен жайылымдардың жеткіліксіз сулануы әлеуметтік-экономикалық жағдайды қиындатады.*

УДК 614.8.084+504.061.2:69.05(075.8)

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев\*  
Д.М. Бурлибаева\*\***ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СТОКЕ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК МЕЖДУ  
РЕСПУБЛИКОЙ КАЗАХСТАН И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ  
РЕСПУБЛИКОЙ***РЕЧНАЯ ЭКОСИСТЕМА, РАСХОД ВОДЫ, ПЕСТИЦИДЫ, ГЕРБИЦИДЫ, СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ*

*В настоящее время на трансграничных реках Республики Казахстан с Китайской Народной Республикой нет научно обоснованной концепции вододеления. Поэтому, в данной статье за основу концепции взято научное обоснование экологического стока. Как аксиома сток трансграничных рек делится между тремя участками водохозяйственного баланса в рассматриваемых бассейнах. При этом главным участником водохозяйственного баланса выступает речная (озерная) экосистема, где, в первую очередь, необходимо удовлетворить потребность в воде экосистему и только после этого делить остаток стока между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой.*

Как известно из Казахстанских речных бассейнов: Балкаш-Алакольского, Ертисского, Есильского, Нура-Сарысуйского, Жайык-Каспийского, Арало-Сырдарьинского, Шу-Таласского и Тобыл-Торгайского за исключением Нура-Сарысуйского все являются трансграничными, что в свою очередь накладывает серьезные исследовательские задачи в изучении проблем охраны и рационального использования водных ресурсов вышеназванных бассейнов. На переговорных процессах Республики Казахстан (РК) и Китайской Народной Республики (КНР) обсуждается список из 24 (двадцати четырех) постоянных водотоков. Полный список состоит из 36 как постоянных, так и временных водотоков. По взаимной договоренностей между РК и КНР двенадцать водотоков (как постоянных, так и временных) являются предметом дальнейшей диверсификации переговорных процессов. Настоящая статья будет ограничиваться проблемами трансграничных рек между РК и КНР, таких как Черный Ертис, Иле, Текес и Емель.

---

\* Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ), г. Алматы

\*\* Казахский Национальный Аграрный Университет (КазНАУ), г. Алматы

Прежде чем приступать к анализу полученных результатов, мы хотели бы подчеркнуть значимость рассматриваемых водотоков для Казахстана как с точки зрения формирования поверхностного стока, так и охраны речных и озерных экосистем. Для этих целей приводим полученные авторами количественные характеристики среднесуточных ресурсов поверхностных вод (бытовых) этих водотоков (табл. 1).

Таблица 1

Среднесуточные ресурсы поверхностных вод (бытовых) бассейнов оз. Балкаш и р. Ертис (по состоянию на 20.11.2014 г.)

Река – створ	Ресурсы поверхностных вод		% от общего объема
	м <sup>3</sup> /год	км <sup>3</sup> /год	
<b>Бассейн р. Ертис</b>			
<b>Ертис – с. Семиярка</b>		<b>27,28</b>	<b>100 %</b>
Черный Ертис – с. Боран	9 237 603 960	9,238	33,86 %
Калжир – с. Алтай	774 103 680	0,774	2,84 %
Улькен Бокен – с. Джумба	242 853 479	0,243	0,89 %
Куршим – с. Вознесенка	1 925 982 360	1,926	7,06 %
Буктырма – с. Лесная Пристань	6 615 516 960	6,615	24,25 %
Ульба – с. Перевалочная	3 024 433 799	3,024	11,09 %
Оба – г. Шемонаиха	5 406 347 879	5,406	19,81 %
Глубочанка – с. Белокаменка	19 184 400	0,019	0,07 %
Дресвянка – с. Отрадное	35 110 080	0,035	0,13 %
<b>Бассейн оз. Балкаш</b>			
<b>Оз. Балкаш</b>		<b>16,755</b>	<b>100 %</b>
Иле – с. Ушжарма	13 434 966 720	13,435	80,19 %
Аягуз – п. Каратас	219 805 920	0,220	1,32 %
Лепсы – подхоз. Лепсы	780 516 000	0,780	4,65 %
Аксу – МТФ подхоз Лепсы	57 448 080	0,057	0,34 %
Каратал – с. Раздольное	2 262 865 680	2,263	13,50 %

На примере р. Ертис, среднесуточный годовой сток рассчитывался по данным РГП «Казгидромет» Министерства энергетики Республики Казахстан (МЭ РК) по гидрологическому посту с. Семиярка. Для гидрологического поста (ПП) с. Семиярка среднесуточный годовой сток составляет – 27,28 км<sup>3</sup>. В дальнейшем этот показатель будет приниматься как сток за 100 % и от этого объема определяться доля каждого притока бассейна р. Ертис, в том числе Черного Ертиса в среднесуточном исчислении. Как показывают расчеты, в среднесуточном исчислении сток р. Черный Ертис составляет 9,238 км<sup>3</sup> или же 33,86 % от общего стока р. Ертис, т.е. данный сток является транзитным стоком с территории КНР в РК. При этом

видно, что 66,14 % стока или 18,042 км<sup>3</sup> формируется на территории РК и принадлежит таким притокам, как Калжир, Улкен Бокен, Куршим, Буктырма, Ульби, Оба, Глубочанка и Дресвянка. Как видим, большая часть бытового стока р. Ертис формируется на нашей территории.

Совершенно другая картина предстает в результате анализа среднегодовых данных по стоку в оз. Балкаш (табл. 1), где среднегодовое значение определены по результатам многолетнего ряда наблюдений РГП «Казгидромет» по р. Иле на ГП Ушжарма. Доля стока р. Иле в среднегодовом исчислении составляет 80,19 % или же 13,435 км<sup>3</sup> из всего стока в 16,755 км<sup>3</sup> (100 %). Остальные 3,320 км<sup>3</sup> стока принадлежат таким притокам оз. Балкаш, как рр. Каратал, Аксу, Лепсы, Аягуз. Исходя из этого, авторы подчеркивают исключительную роль р. Иле в сохранении оз. Балкаш.

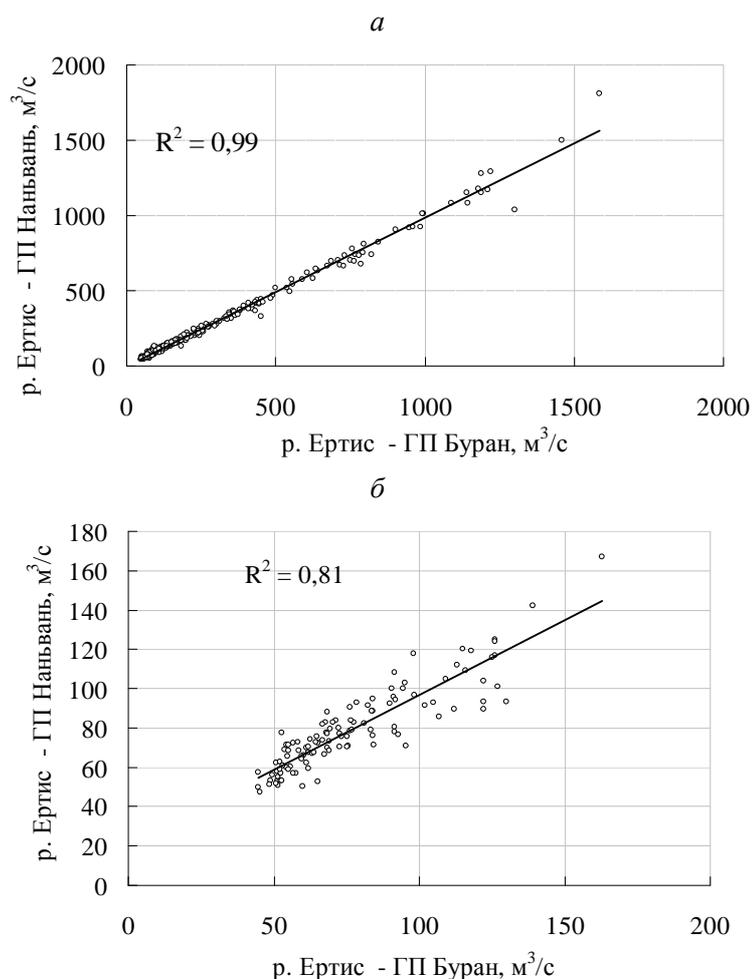
Желание сделать аналогичную оценку по р. Емель, главному притоку оз. Алаколь не привели к положительным результатам из-за отсутствия нормального мониторинга, как за основным притоком, так и за другими притоками озера на территории РК.

Следующей задачей данной статьи является проведение оценки изменения транзитного стока на трансграничных гидрологических постах рассматриваемых водотоков. На примере реки Черный Ертис, это ГП «Боран» (1938...2013 гг.) на территории РК и ГП «Наньвань» (1986...2013 гг.) и «Буршын» (1953...2010 гг.) на территории КНР. Согласно требованиям классической гидрологии корреляционные связи строятся за отдельные фазы гидрологического режима, т.е. осенне-зимняя межень и весенне-летнее половодье (паводки), а также в целом за год (рис. 1) [7].

Как показывают полученные результаты, самые низкие показатели корреляционных отношений ( $R^2$ ), равных 0,420 наблюдаются в осенне-зимние периоды, тогда как этот же показатель за весенне-летнее половодье (паводки) характеризуется показателем  $R^2 = 0,986$  и за год в целом  $R^2 = 0,990$ .

Разумеется, что самый большой разброс точек, характеризующих среднемесячные расходы воды, имеется в осенне-зимние периоды при наличии ледостава, ледохода, что затрудняют проведение измерений.

Связи за период весенне-летнего половодья и годового стока не потребовали проведения специальных исследований по приведению рядов наблюдения к однородности и изотропности, потому как получена идеальная линейная зависимость между изучаемыми гидрологическими постами. Это ставит вопрос: а не скорректированы ли обмениваемые гидрологические данные специалистами китайской стороны в рамках переговорных процессов?



*Рис. 1. Связи среднемесячных расходов воды р. Черный Ертіс между гидрологическими постами Наньвань КНР и Буран РК: а – с октября по апрель включительно, б – с мая по сентябрь включительно.*

После установления тесной связи (по крайней мере, за период весенне-летнего половодья  $R^2 = 0,986$  и годового стока  $R^2 = 0,990$ ) нашей следующей задачей явилась оценка воздействия на естественный гидрологический режим р. Черный Ертіс антропогенных факторов. Это, прежде всего, зарегулированность стока с помощью водохранилищ, переброска стока с помощью каналов Черный Ертіс – Карамай и Черный Ертіс – Урумчи. Расчет основан на построении параллельных кривых обеспеченностей с помощью методов математической статистики, т.е. строятся кривые обеспеченности на логарифмических клетчатках за период с условным естественным гидрологическим режимом (ЕГР) и за период с нарушенным

гидрологическим режимом (НГР). Далее сравниваются количественные стоковые характеристики одинаковых обеспеченностей ( $P = \%$ ) ЕГР и НГР. Здесь необходимо подчеркнуть, что не может быть построена единая кривая обеспеченности, потому как, если первый период считается естественным, то второй – с нарушенным режимом. Общая оценка объемов безвозвратного водопотребления и водопользования из стока Черного Ертиса на территории КНР в среднем составляет порядка  $2,00 \text{ км}^3$ , отличаясь не на много при различных обеспеченностях. Полученные количественные характеристики при различных обеспеченностях приведены на рис. 2.

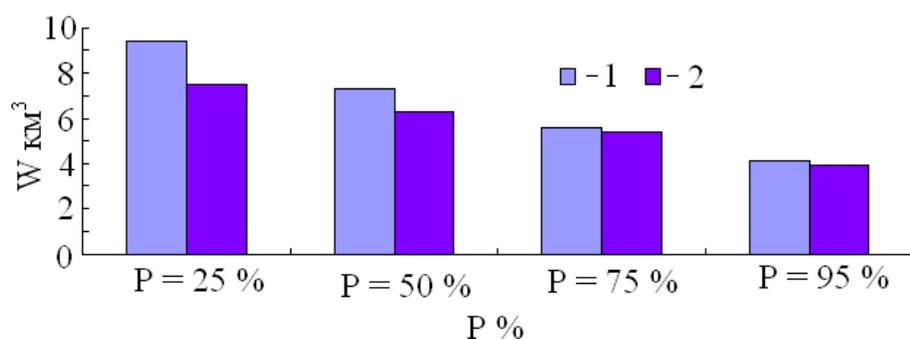


Рис. 2. Колебания весеннего стока реки Ертис в створе с. Боран (апрель – август) при ЕГР (1) и НГР (2) при различных обеспеченностях.

Результаты, полученные авторами схожи с результатами полученными В.В. Голубцовым и М.М. Азнабакиевой [6]. Данные этих же коллег о том, что в 2009 г. объемы безвозвратного водопотребления на Черном Ертисе достигли  $5,00 \text{ км}^3$  подтверждаются и нашими данными. Оценка изменения внутригодового распределения стока Черного Ертиса при различных обеспеченностях приведены на рис. 3.

Необходимо подчеркнуть, что КНР до сих пор не присоединилась к двум основополагающим международным соглашениям: Конвенции о праве несудоходных видов использования международных водотоков (1997 г.) и Конвенции об охране и использовании трансграничных водотоков и международных озер (1992 г.). По этим двум Конвенциям добрососедское сотрудничество между государствами начинается, прежде всего, предупреждением соседнего государства о планах и намерениях строительства крупных гидротехнических сооружений в бассейнах трансграничных рек. К сожалению, как показывает пример сотрудничества между РК и КНР, этого нет. В настоящее время нами обнаружены в бассейне Черного Ертиса порядка 8 (восемь) крупных водохранилищ, в том числе 5 (пять) непосредственно в русле рассматриваемого водотока.

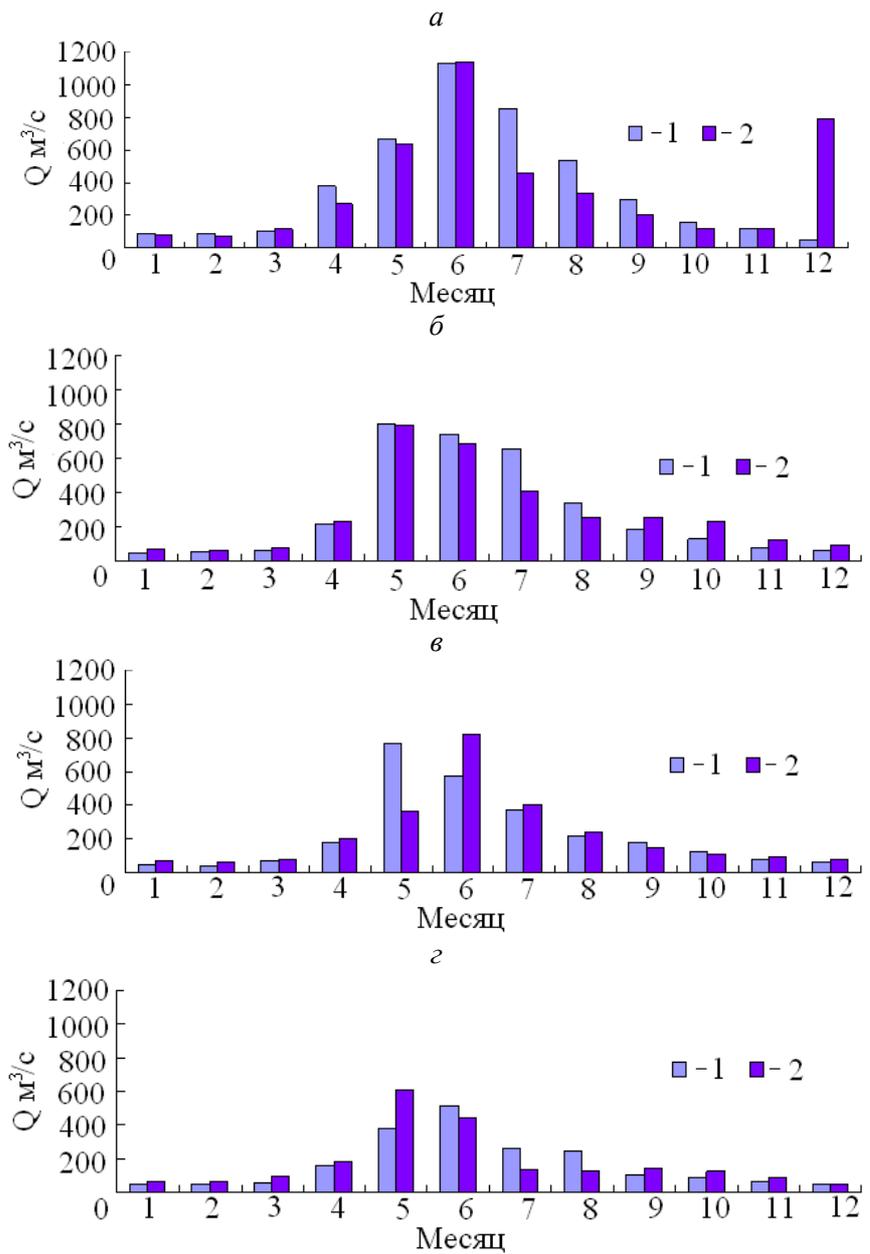


Рис. 3. Внутригодовое распределение стока р. Ертыш – с. Боран при ЕГР(1) и НГР(2) в годы различной обеспеченности: а –  $P = 25\%$ ; б –  $P = 50\%$ ; в –  $P = 75\%$ ; г –  $P = 95\%$ .

Строительство крупных водозаборов из Черного Ертыша для нужд орошения в КНР было начато на рубеже 1970...1980-х гг., а в 1998 г. началось сооружение канала для снабжения водой центральной части СиньЦзян

Уйгурского Автономного Района (СУАР) и, в частности, Карамайского нефтяного промысла и столицы автономного района – г. Урумчи. К настоящему времени каналы построены и эксплуатируются в полную мощь с замыкающими двумя водохранилищами (по данным китайских специалистов с объемом 0,300 км<sup>3</sup> каждый). При этом магистральные каналы в Карамай и Урумчи имеют ширину в среднем 22 м и протяженность более 300 км каждый. До начала интенсивного освоения бассейна Черного Ертиса среднемноголетний объем стока на ГП Боран оценивался около 11,00 км<sup>3</sup>/год, тогда как в настоящее время данный показатель не превышает 9,00 км<sup>3</sup>/год.

Все вышесказанное приводит к обострению водных проблем в бассейне р. Ертис и оз. Жайсан, это инициирует рассмотрение вопроса в контексте национальной безопасности. В перспективе следует ожидать обострение ситуации с водообеспечением региона в связи с сокращением речного стока с территории сопредельного государства – КНР, а также с климатически обусловленным уменьшением ресурсов местного стока. Потенциальные последствия изменений ресурсов речного стока Черного Ертиса представляют реальную угрозу устойчивому социально-экономическому развитию и экологической безопасности региона. Создавшаяся в бассейне реки экологическая ситуация, по части загрязнения поверхностных вод, характеризуется как критическая, с прогрессирующей уязвимостью экосистемы и нестабильностью, вызванных проблемами вододеления, деградацией всей площади водосбора (вырубкой лесов, необратимым таянием ледников и т.д.) и другими факторами. Растёт загрязнение и минерализация воды, снижается биопродуктивность и очистительные функции самой реки, деградируют экосистемы оз. Жайсан и р. Ертис.

Республика Казахстан присоединилась к Конвенции «Об охране и использовании трансграничных водотоков и международных озер» (Хельсинки) 17 марта 1992 года (Закон РК от 23 октября 2000 г. № 94-III).

В соответствии со статьями 4 и 11 Хельсинской Конвенции Прибрежные Стороны разрабатывают программы мониторинга состояния трансграничных вод, и осуществляют их совместно. При этом Прибрежные Стороны согласовывают параметры загрязнения и перечни загрязняющих веществ, за сбросами и концентрацией которых в трансграничных водах ведется регулярное наблюдение и контроль. В этих целях прибрежные Стороны согласовывают правила, касающиеся систем измерения, приборов, аналитических методов, процедур обработки и оценки данных, а также методов регистрации сбросов загрязнителей. Все это необходимо согласовывать и утверждать на межправительственном уровне.

Как показывают переговорные процессы между РК и КНР, которые, кстати, идут уже в течение 15 лет, похвастаться особо не чем. В настоящее время достигнуты более или менее значащие договоренности только в отношении мониторинга количественных характеристик транзитного стока. Тогда как контроль качества транзитного стока стоит на позициях ознакомления используемых сторонами методов химического анализа.

Оптимизация трансграничных гидростовов вызвана спорными вопросами деления водных ресурсов и их качества. Например, для р. Иле долго не был выбран постоянный гидрологический пост наблюдения, вследствие чего получаются разрозненные данные. Только с 2001 г. остановились на гидрологическом посту пр. Добын, где имеющаяся база данных для р. Иле тоже имеет разрозненный характер. Поэтому, здесь, как и на Черном Ертисе, получить объективные характеристики по изменению гидрологического режима р. Иле невозможно в принципе. Трансграничный гидрологический пост Сандаухэзе (КНР) на р. Иле тоже является новым постом. Исходя из этой концепции, мы можем предложить провести оценку изменения водности р. Иле – 164 км выше Капшагайской ГЭС, различной обеспеченности с данными водности р. Иле – пр. Добын за реальные 2012 и 2013 гг. (рис. 4).

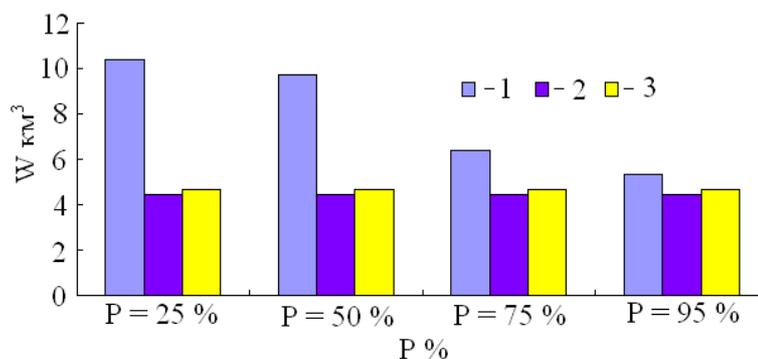


Рис. 4. Антропогенное изменение весеннего стока р. Иле (апрель – август) в створах 164 км выше Капшагайской ГЭС (1), пр. Добын 2012 г. (2) и пр. Добын 2013 г. (3).

Как видно (рис. 4) годовой объем транзитного стока держался на уровне менее естественного маловодья  $P = 95\%$ . И это не может не тревожить специалистов Казахстана, потому как ранее мы показывали, что р. Иле доставляет в оз. Балкаш 80,19 % годового стока. Для обеспечения устойчивого развития экосистемы и предотвращения падения уровня оз. Балкаш ниже 341,0 м БС необходим объем годового стока порядка 16,00 км<sup>3</sup>/год в среднемноголетнем исчислении. В противном случае неизбежны нежелательные процессы в экосистеме уникального озера.

Загрязнению рассматриваемых трансграничных водотоков посвящено достаточно много работ, в том числе авторов данной статьи [2, 3, 4]. Тем не менее, для обоснования экологического стока считаем необходимым остановиться на основных параметрах загрязнения.

Транзитный сток р. Черный Ертис характеризуется малой минерализацией со значениями от 116 до 211 мг/дм<sup>3</sup>, а за 2014 г. в пределах 138...287 мг/дм<sup>3</sup>. По ионному составу вода гидрокарбонатно-кальциевая. Концентрация органических соединений в речной воде невысокая, значения бихроматной окисляемости варьировало в диапазоне от 4,0 до 11,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в 2014 г. отмечалась равномерность по месяцам в пределах 4,4...6,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Некоторый рост окисляемости воды отмечается в период половодья и паводка.

Величина БПК<sub>5</sub> в 2014 г. в 20 % анализированных проб превысила уровень ПДК, максимальные показатели 4,030 мг/дм<sup>3</sup> отмечались в ноябре – феврале и в паводковом стоке.

Суммарная концентрация минеральных форм азота достигала в период паводка (май) 1,410 и 1,660 мгN/дм<sup>3</sup>, при этом в 10 раз превысил уровень ПДК нитритный азот. В остальные месяцы аммонийный, нитритный азот практически отсутствовал, нитратный отмечался в концентрациях 0,200...0,600 мгN/дм<sup>3</sup>, в паводок до 1,300 мгN/дм<sup>3</sup>, иногда отсутствовал. Аналогичные данные получены и в 2014 г., аммонийный азот отмечен только в январе и июне, остальные формы с января по август практически отсутствовали, что вызывает сомнение.

Из биогенных соединений фосфор и кремний регистрировались в концентрациях ниже ПДК, повышение фосфатов отмечено в июне, а в осенне-зимний период часто отсутствовали. Такая же картина наблюдалась по данным 2014 г. Фосфаты присутствовали в январе, феврале и апреле, мае в концентрациях до 0,040...0,050 мг/дм<sup>3</sup>.

По режиму тяжелых металлов в транзитном стоке можно указать, что согласно полученным данным, целый ряд металлов в транзитном стоке отсутствовали, а именно: хром, свинец, ванадий, ртуть, бериллий и мышьяк. Такие элементы, как цинк, никель, кадмий и марганец зарегистрированы в транзитном стоке в концентрациях ниже ПДК. Внутригодовое их распределение в целом равномерное, некоторое повышение их содержания отмечается зимой и иногда в период паводка.

Целесообразно более подробно рассмотреть режим меди и общего железа, концентрация которых, в той или иной мере, превышает нормативы ПДК. Общее содержание железа в 2014 г. в 60 % анализированных проб превысило ПДК до 10 раз, в 3 % проб – выше 10 раз. Среднегодовая концентрация состава

вила  $0,097 \text{ мг/дм}^3$ , т.е. в пределах ПДК. Максимальные концентрации от  $0,120$  до  $0,620 \text{ мг/дм}^3$  зарегистрированы в пробах воды, отобранных в апреле – июне.

Медь в 41 % анализированных проб воды превышала ПДК до 10 раз, максимальная концентрация, составившая 3,4 ПДК, отмечена в мае. В весенние месяцы отмечено ее повышение, к осени снижается иногда до аналитического нуля. В речной воде медь регистрировалась на уровне ПДК ( $1,0 \text{ мкг/дм}^3$ ), лишь в апреле содержание ее составило  $2,10 \text{ мкг/дм}^3$ .

Таким образом, транзитный сток р. Черный Ертис по содержанию тяжелых металлов оценивается как нормативно-чистый, за исключением меди, достигавшей уровня  $1,5 \dots 3,4$  ПДК в период паводка.

Трансграничным постом и створом на р. Иле является пристань Добын, следовательно, оценка гидрохимического режима и токсикологического состояния трансграничного стока дается по данному створу. Для оценки режима указанных характеристик использованы материалы наблюдения РГП «Казгидромет».

Среднегодовые значения минерализации речной воды за 2009 и 2010 гг. зарегистрированы с близкими показателями, средние за 10 месяцев 2011 г. – несколько ниже. Максимальные величины минерализации наблюдаются в феврале и марте, иногда и в первой декаде апреля, очевидно, из-за перехода реки к подземному питанию. В указанные месяцы 2010 г. минерализация воды была значительно выше (до  $506$  и  $514 \text{ мг/дм}^3$ ) по сравнению с 2009 г. (в среднем  $371$  и  $381 \text{ мг/дм}^3$ ). Наиболее низкие значения минерализации наблюдаются в августе – сентябре.

Таким образом, трансграничный приток характеризуется слабой минерализацией, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Минерализация и ионный состав речной воды формируется в основном под влиянием природных факторов без существенного влияния антропогенных составляющих. Поэтому нецелесообразно рассматривать динамику главных ионов.

Концентрация органических веществ на удовлетворительном уровне, среднее значение БПК<sub>5</sub> составило  $1,23$  и  $1,30 \text{ мг/дм}^3$ , в 2014 г. еще ниже, случаев превышения уровня рыбохозяйственных ПДК в течение года не зарегистрировано. Бихроматная окисляемость воды была в интервале от  $4 \dots 6$  до  $30 \dots 40 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  в 2013 г. и от  $6 \dots 7$  до  $26 \dots 31 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  – в 2014 г. Максимальные значения обнаружены преимущественно в период весеннего половодья, изредка осенью. Для окисляемости официально ПДК не разработано, по рыбоводным нормативам, в водоемах рыбохозяйственного назначения, бихроматная окисляемость допускается до  $50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Руководствуясь этими нормативами, можно сказать, что значения этого показателя находятся на удовлетворительном уровне.

Режим минеральных форм азота может быть оценен как удовлетворительный, в весенне-летний период регистрируется повышение концентрации нитритного азота до 0,025...0,030 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. до 1,2...1,5 ПДК. Другие формы находились ниже уровня рыбохозяйственных ПДК. Концентрация фосфатов и кремния находится в удовлетворительных пределах, повышение регистрируется в период весеннего паводка в результате смыва их с поверхности водосборов.

В настоящее время больше всего беспокоит наличие в транзитном стоке рассматриваемых водотоков хлор и фосфорорганических пестицидов и гербицидов. К сожалению, в настоящее время РГП «Казгидромет» не ведет контроль за этими опасными стойкими органическими загрязнителями (СОЗ), хотя Республика Казахстан присоединился к Стокгольмской Конвенции по СОЗам (2001 г.). Специалисты неоднократно обращались в Правительство РК с вопросом наладить контроль за этими загрязняющими веществами в рамках Государственной Программы мониторинга окружающей среды.

Во время встречи Рабочей группы Казахстанско-китайской Комиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды, состоявшейся в апреле 2013 г. в г. Урумчи КНР было достигнуто соглашение между сторонами. Содержание соглашения заключается в отборе проб из р. Иле каждой из сторон на предмет обнаружения хлор- и фосфорорганических пестицидов и гербицидов в августе 2013 г. (КНР – 9 августа, РК – 10 августа).

Казахстанская сторона, осуществила отбор проб 10 августа и провела их химический анализ. Результаты данного анализа приведены в табл. 2. Как видно из данных табл. 2, в пробах воды хлор- и фосфорорганические пестициды и гербициды зафиксированы по 30 позициям. Между тем казахстанские стандарты качества поверхностных вод регламентируют наличие пестицидов и гербицидов на уровне «отсутствия», т.е. на уровне «нуля». Результаты анализа проб, отобранных Китайской стороной не известны до сих пор, хотя представители КНР обещали, что в следующем (2014) году, на очередном заседании Рабочей группы ими будет сделан доклад по этой теме.

Таблица 2

Результаты анализов проб воды р. Иле в створе пр. Добын от 10 августа 2013 года

Вещество	Единица измерения	Фактическая концентрация	ПДК рыбохоз. водоемов
<i>Нефтепродукты</i>	мг/дм <sup>3</sup>	146,3	0,100
<i>Дибутилфталат</i>	мг/дм <sup>3</sup>	0,645	0,200*
<b><i>Хлорорганические пестициды</i></b>			
<i>ГХБ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,033	отсутствие**
<i>α – ГХЦГ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,029	отсутствие**

Вещество	Единица измерения	Фактическая концентрация	ПДК рыбохоз. водоемов
<i>γ</i> – ГХЦГ	мкг/дм <sup>3</sup>	0,075	отсутствие**
<i>δ</i> – ГХЦГ	мкг/дм <sup>3</sup>	0,051	отсутствие**
<i>Альдрин</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,015	отсутствие**
<i>4,4 – ДДЕ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,032	отсутствие**
<i>4,4 – ДДД</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,080	отсутствие**
<i>4,4 – ДДД</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,596	отсутствие**
<i>Гептахлор</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,088	отсутствие**
<b>Полихлорированные бифенилы</b>			
<i>2,2'; 4,4'; 5,5' – ПХБ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,143	отсутствие**
<i>2,2'; 3,3'; 4,4'; 5,5' – ПХБ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,062	отсутствие**
<i>2,2'; 3,3'; 4,4'; 5,5' – ПХБ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,131	отсутствие**
<b>Пестициды по ЕРА-608</b>			
<i>Хлоронеб</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,005	отсутствие**
<i>Пропахлор</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,005	отсутствие**
<i>Δ – ГХЦГ</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,109	отсутствие**
<i>Хлордан</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,019	отсутствие**
<i>Дельдрин</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,038	отсутствие**
<i>о, р – ДДД</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,123	отсутствие**
<i>Хлорбензилат</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,073	отсутствие**
<i>Эндрин</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,442	отсутствие**
<i>Эндосульфан</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,096	отсутствие**
<i>Эндрин – альдегит</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,176	отсутствие**
<i>Эндосульфан</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,269	отсутствие**
<i>Дибутил – хлорэндат</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,097	отсутствие**
<i>Метоксихлор</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,017	отсутствие**
<i>Гексабромбензол</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,085	отсутствие**
<b>Фосфорорганические пестициды</b>			
<i>Метафос</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,0071	отсутствие**
<i>Гардона</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,0026	отсутствие**
<i>Карбофос</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,0017	отсутствие**
<i>Хлорофос</i>	мкг/дм <sup>3</sup>	0,0021	отсутствие**

Примечание: \* – ПДК для питьевой воды; \*\* – отсутствие, т.е. равны нулю.

Как показывают данные нашего анализа, р. Иле загрязнена хлор- и фосфорорганическими пестицидами и гербицидами (см. табл. 2). Казахстан, ратифицировав Стокгольмскую Конвенцию по СОЗам, давно отказался от применения хлор- и фосфорорганических пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве. Учитывая повсеместное превышение пестицидов и гербицидов в р. Иле, Казахстанская сторона внесла данный вопрос в повестку дня сентябрьской встречи 2013 г. (г. Астана) заседания Рабочей группы. Китайская сторона не признавала результаты химического анализа казахстанских специалистов, мотивировав тем, что Китай тоже является

стороной Стокгольмской Конвенции по СОЗ-ам, и в КНР запрещено к использованию хлор- и фосфорорганических пестицидов и гербицидов.

В результате длительной дискуссии казахстанская сторона убедила членов делегации КНР в корректности результатов химического анализа отобранных проб от 10 августа 2013 г. Дальнейшие переговоры показали, что в КНР существуют предельно-допустимые сбросы (ПДС) и ПДК на пестициды и гербициды, поэтому китайская сторона наличие в речном стоке пестицидов и гербицидов не считает наступлением «чрезвычайной ситуации».

Все эти выводы можно было бы доказать на основе многолетнего мониторинга трансграничных рек по пестицидам и гербицидам. Но, к сожалению, РГП «Казгидромет» с 80-х годов прошлого столетия прекратил вести контроль поверхностных вод по пестицидам и гербицидам.

Теперь об июльском отравлении р. Иле 2013 г., о котором «шумели» все СМИ страны. Как оказалось, казахстанской стороне нечем оперировать при доказательстве отравления р. Иле китайцами. Для отбора проб и их химического анализа было упущено время. Запоздалый химический анализ ничего не обнаружил. Комитет по рыбному хозяйству МСХ РК также не имеет ни одного экземпляра отравленной рыбы. Все правильно. Поэтому, считаем необходимым восстановление в составе гидрохимического мониторинга контроль за пестицидами и гербицидами. Ну, хотя бы для трансграничных постов трансграничных рек.

Эксперты Рабочей группы Казахстанско-китайской Комиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды более десяти лет добиваются от РГП «Казгидромет» профессионального решения элементарной задачи, по обучению техников-гидрологов, работающих на трансграничных постах, правилам отбора проб воды в чрезвычайных ситуациях и консервации отобранных проб для дальнейшей передачи в химлабораторию. В критических ситуациях техник-гидролог мог бы отобрать всплывшую (отравленную) рыбу и заморозить, также для дальнейшей передачи лабораторию. Увы, все это остается на уровне эмоциональных выступлений на коллегиях бывшего Министерства охраны окружающей среды и Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Увы, из года в год мало что меняется.

Хотелось бы подчеркнуть, что мониторинг, проводимый РГП «Казгидромет», не может быть назван экологическим мониторингом поверхностных вод Казахстана, потому как этот мониторинг ограничивается гидрологическим и гидрохимическим контролем согласно 145 статьи Экологического Кодекса Республики Казахстан. Известно, что при проведении экологического мониторинга главным является гидробиологический мониторинг, т.е. полноценный продукционный биологический мониторинг, что, в свою очередь,

является основой количественной гидроэкологии. Отсутствие полноценного экологического мониторинга приводит к отсутствию полноценной комплексной оценки экологического состояния наших поверхностных вод для принятия управленческих решений. Срочно необходимо восстановить полноценный гидробиологический мониторинг поверхностных вод Казахстана.

Известно, что между РК и КНР имеются две Комиссии по проблемам трансграничных рек, т.е. Совместная комиссия по использованию и охране трансграничных рек (по линии Комитета по водным ресурсам МСХ РК) и Казахстанско-Китайская Комиссия по сотрудничеству в области охраны окружающей среды (по линии МЭ РК). Первая комиссия рассматривает проблемы количественных характеристик транзитного стока трансграничных рек. Вторая комиссия занимается проблемами мониторинга, анализа и оценки качества вод трансграничных рек, а также оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации и предупреждения загрязнения.

Известно, что без количества транзитного стока не может рассматриваться отдельно качество транзитного стока, потому как, из курса классической гидрологии и гидрохимии известно, что эти параметры связаны между собой, и второй параметр целиком зависит от первого. Как показывает опыт последних лет отсутствие координации между двумя этими комиссиями, приводит к детерминации рассматриваемых проблем, т.е. растаскиванию одной проблемы по двум направлениям. Все это будет в конечном итоге отражаться на качестве переговорных процессов, и на качестве характеристик транзитного стока. Получается, что проблему трансграничных рек растаскивали по двум Комиссиям. Очевидно, что такое положение ведет к затягиванию переговорного процесса.

Ясно, что в настоящее время не возможно изменить и заново подписать Межправительственные Соглашения между РК и КНР от 2001 г. и 2011 г. Это не реально. Пусть номинально остаются две Комиссии. А вот для усиления координации этих двух Комиссий необходимо пересмотреть подходы к составу, как Комиссии, так и Рабочей группы экспертов. Для начала авторы рекомендуют, чтобы эти две Комиссии возглавлялись только одним из вице-министров (МСХ РК или МЭ РК), который профессионально владеет вопросами и проблемами водных ресурсов. Состав Комиссии и Рабочей группы должен состоять из одних и тех же людей, т.е. из профессиональных гидрологов, гидротехников, гидрохимиков, гидробиологов, ихтиологов, санэпидемиологов, юристов-международников, дипломатов, пограничников и т.д. Это можно сделать путем безболезненного двукратного сокращения состава нынешней делегации, оставив только профессионалов из двух Комиссий. По нашему мнению, только в этом случае мы добьемся оп-

тимальной работы, как Комиссии, так и Рабочей группы экспертов на переговорах с КНР.

Теперь, что касается научного нормирования экологического стока рассматриваемых трансграничных водотоков. Авторами данной статьи опубликованы ряд работ, касающихся научного обоснования и методики нормирования экологического стока, например [1, 5]. Поэтому в данной статье не будем касаться самой методики нормирования экологического стока.

Авторы под экологическим стоком понимают «сток рек, определяемый исключительно потребностью речной экосистемы, имеющей внутригодовое распределение, аналогичное внутригодовому распределению стока при естественном гидрологическом режиме водотока». При этом экологический сток не может быть постоянной величиной (т.е. const) как внутри реального года, так и из года в год. Количественная характеристика экологического стока рек зависит от водности реального гидрологического года. Экологический сток предъявляет требования и к качественному составу речного стока, в том числе химическому составу взвешенных веществ. Результаты исследования авторов по нормированию экологического стока приводятся в табл. 3 и 4.

При этом необходимо подчеркнуть, что стоковые характеристики гидрологического поста р. Емель – с. Кызылту (РК) восстановлены с учетом данных поста Акши (КНР). На ГП Кызылту «Казгидромета» начато наблюдение за расходом воды только с 2004 г., а китайский пост Акши имеет данные наблюдения, начиная с 1980 года прошлого века. Также отсутствуют данные наблюдения за гидрологическим режимом других притоков озера Алаколь.

Как нам представляется, казахстанской делегации на переговорах с китайцами, необходимо иметь количественные характеристики научно-обоснованных норм экологического стока для предстоящего в 2015 г. обсуждения вопросов водodelения по трансграничным рекам.

В настоящее время имеется некоторое разночтение и непонимание между авторами монографии «Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы, Каганат, 2014. – 408 с.» Монография содержит абзац: «По мнению Б.Ф. Фащевского, минимальный остаточный сток рек не может быть меньше стока 99 % обеспеченности. Соглашаясь с мнением этого автора, хотелось бы подчеркнуть, что это предложение может относиться только к маловодному году, тогда как ежегодный экологический сток необходимо определять, исходя из водностей реального гидрологического года, т.е. из года в год данный сток не может быть постоянной величиной. Предлагаемый Б.Ф. Фащевским вариант разработки экологического стока в виде гидрографа внутри годового распределения стока нами приветствуется» (стр. 26).

Таблица 3  
Объемы естественного, свободного и экологического стока трансграничных рек между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой, км<sup>3</sup>

Река – створ	Обеспеченность, Р %											
	Естественный сток						Экологический сток					
	25	50	75	95	25	50	75	95	25	50	75	95
Ертіс – Нанвань (КНР)	9,970	8,020	6,762	5,346	9,259	7,343	6,132	4,025	0,711	0,677	0,630	1,321
Ертіс – Боран	11,510	9,490	7,750	5,410	9,510	7,720	6,320	4,340	2,000	1,770	1,420	1,070
Іле – Добын	13,988	11,791	10,097	10,005	12,140	10,410	9,360	9,249	1,848	1,381	0,848	0,645
Текес – Текес	0,300	0,256	0,224	0,201	0,260	0,226	0,207	0,188	0,040	0,030	0,017	0,013
Емель – Ақши (КНР)	0,393	0,265	0,147	0,095	0,341	0,234	0,135	0,089	0,052	0,031	0,012	0,006
Емель – Қызылту	0,518	0,395	0,223	0,166	0,450	0,349	0,204	0,155	0,068	0,046	0,019	0,011

Таблица 4  
Внутригодовое распределение экологического стока трансграничных рек между Республикой Казахстан и Китайской Народной Республикой, км<sup>3</sup>

Р %	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
25	0,146	0,127	0,156	0,457	1,626	2,697	1,684	1,100	0,545	0,351	0,233	0,136	9,259
50	0,123	0,105	0,123	0,352	1,436	2,045	1,360	0,742	0,447	0,305	0,181	0,124	7,343
75	0,107	0,097	0,107	0,378	1,300	1,620	1,000	0,610	0,350	0,262	0,165	0,136	6,132
95	0,019	0,009	0,019	0,204	1,361	0,617	0,814	0,556	0,213	0,111	0,065	0,037	4,025
25	0,150	0,130	0,160	0,470	1,670	2,770	1,730	1,130	0,560	0,360	0,240	0,140	9,510
50	0,130	0,110	0,130	0,370	1,510	2,150	1,430	0,780	0,470	0,320	0,190	0,130	7,720
75	0,110	0,100	0,110	0,390	1,340	1,670	1,020	0,640	0,360	0,270	0,170	0,140	6,320
95	0,020	0,010	0,020	0,220	1,500	0,630	0,880	0,600	0,230	0,120	0,070	0,040	4,340

Р %	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
25	0,714	0,500	0,760	0,852	0,861	1,627	2,580	1,673	0,787	0,592	0,588	0,607	12,140
50	0,502	0,412	0,705	0,642	1,121	1,515	1,447	1,472	0,833	0,634	0,652	0,475	10,410
75	0,637	0,687	1,136	0,807	1,088	0,765	0,821	0,672	0,620	0,680	0,660	0,676	9,249
95	0,579	0,546	0,757	0,592	0,529	0,800	1,779	1,236	0,667	0,638	0,646	0,591	9,360
25	0,013	0,010	0,017	0,018	0,017	0,036	0,041	0,025	0,028	0,023	0,017	0,015	0,260
50	0,012	0,012	0,013	0,010	0,014	0,027	0,030	0,024	0,028	0,025	0,019	0,012	0,226
75	0,013	0,012	0,014	0,016	0,015	0,010	0,025	0,027	0,028	0,022	0,015	0,010	0,207
95	0,012	0,010	0,011	0,015	0,015	0,017	0,025	0,018	0,020	0,019	0,015	0,011	0,188
25	0,023	0,023	0,057	0,088	0,095	0,017	0,001	0,001	0,002	0,004	0,012	0,017	0,341
50	0,022	0,024	0,029	0,074	0,045	0,004	0,001	0,001	0,001	0,004	0,013	0,016	0,234
75	0,012	0,012	0,023	0,029	0,029	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,010	0,017	0,135
95	0,010	0,007	0,026	0,023	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,089
25	0,032	0,031	0,050	0,088	0,103	0,036	0,026	0,008	0,009	0,013	0,025	0,029	0,450
50	0,034	0,034	0,037	0,104	0,064	0,007	0,004	0,004	0,004	0,008	0,022	0,027	0,349
75	0,014	0,017	0,035	0,042	0,044	0,013	0,006	0,005	0,005	0,006	0,007	0,010	0,204
95	0,018	0,012	0,037	0,034	0,013	0,005	0,004	0,003	0,003	0,006	0,008	0,012	0,155

Считаю, что данный абзац некорректно сформулирован мною, профессором М. Бурлибаевым. Профессор Б. Фащевский всегда подходит к водотоку индивидуально, руководствуясь экологической и хозяйственной значимостью, на основе установления взаимосвязи компонентов живой и неживой природы для научного обоснования допустимой степени регулирования и изъятия водных ресурсов, т.е. динамики гидрологического режима, урожайности пойменных лугов, рыбных запасов и т.д. На контрольных створах и участках основных водоисточников, во всех фазах водного режима (половодье, паводок, межень), необходимо вести наблюдения за млекопитающими, бактериями, высшей водной и околоводной растительностью и т.д., а также за сроками вегетации различных видов растительности, нерестом рыб, размножением млекопитающих и других видов. Как видим, Б. Фащевский имеет не только индивидуальный подход к каждому водотоку, но и уделяет большое значение обоснованию экологического стока при водности реального года.

Монография также содержит абзац: «Следует отметить, что для водохозяйственных целей предлагаемый метод получения гидрографа должен иметь инженерный характер, иметь расчетные формулы и номограммы экологического стока. К сожалению, автор проигнорировал это обстоятельство». Данный абзац содержит критику в мой адрес, (т.е. профессора М. Бурлибаева) одним из соавторов монографии, а не в адрес профессора Б. Фащевского, потому как в моих ранних работах не приводилось ни формул, ни номограмм. Поэтому, при комплектовании монографии данный абзац был неудачно использован. Признавая свои ошибки как редактора и автора данной монографии, приношу свои глубочайшие извинения моему научному руководителю, профессору Фащевскому Борису Владимировичу!

Данная монография является результатом выполненного проекта «Научное обоснование экологического стока рек Казахстана для обеспечения равновесия водных экосистем» – Программы № 003 «Научные исследования в области охраны окружающей среды» Министерства окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан. К сожалению, по моей невнимательности, как редактора, подраздел 4 «Охрана водных ресурсов» раздела 9 «Рекомендации по корректировке существующих нормативных документов по внедрению усовершенствованных методик нормирования экологических стоков рек» попал в монографию. Это было сделано одним из исполнителей вышеуказанного отчета по проекту. Не знаю по злему умыслу или по недопониманию, или с другой целью. Данный подраздел абсолютно неуместно размещен как в отчете, так и в монографии, и по своему тексту и освещаемой проблеме он чужд данной работе. Данный подраздел полностью принадлежит профессору Заурбеку А.К.

Что сделано, то сделано. Поэтому я приношу также свои глубочайшие извинения профессору Заурбеку Ауельбеку Карибаевичу!

Завершая данную статью, хотелось бы еще раз подчеркнуть, что международно-правовая основа должна обеспечивать справедливый, разумный, экологически устойчивый и обязательный для всех сторон режим водопользования и водodelения на трансграничных водотоках. При этом необходимо учитывать потребности самой природы в воде с целью сохранения и умножения биопродуктивности и биоразнообразия. Изъятию подлежит лишь экологически допустимый объем водных ресурсов с учетом обязательных потерь стока и экологических требований речных экосистем. Это должно совмещаться с деятельностью по установлению режимов работы реки и распределению воды. Вопрос, приобретающий особую актуальность в свете возрастания частоты экстремальных явлений в регионе (паводки, маловодье). В Соглашении необходимо подчеркнуть основные положения по управлению бассейнами трансграничных рек в условиях экстремальных ситуаций: попуски паводков более и близких к 1 % обеспеченности и расходов воды при маловодье с обеспеченностью менее 75 % (порядок распределения воды, применение мер, вовлечение других вод в условиях маловодья и т. д.).

Экологические стоки должны обеспечить режим стока, который достаточен по качеству, количеству и распределен по времени для поддержания устойчивости состояния реки и других водных экосистем. В этой связи представляется, что осуществление подачи воды для экологического стока, должны быть зафиксированы протокольно, также как и все другие попуски, в режиме работы каскадов и всей реки для лет различной водности и различных режимов. Таким образом, речь идет о необходимости совместной разработки механизма, который бы позволил планирование работы всех водохранилищ бассейна с тем, чтобы обеспечить такой режим водопотребления и водопользования, который бы обеспечил минимальный урон экосистемам.

Поскольку проблема загрязнения вод трансграничных водотоков приобретает все большую актуальность, требуются детальная проработка вопросов качества вод с привязкой к количественным характеристикам гидрологического режима.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Фашевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М., Кайдарова Р.К., Вагапов А.Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы, Каганат, 2014. – 408 с.

2. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Скольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: Каганат, 2014. – 744 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Искаков Н.А., Кудеков Т.К., Базарбаев С.К. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. – Алматы, Каганат, 2003. – 723 с.
4. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Искаков Н.А., Кудеков Т.К., Базарбаев С.К. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Каганат, 2002. – 256 с.
5. Бурлибаев М.Ж., Фашевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М. О концепции научного обоснования методики нормирования экологического и потенциально-свободного стока рек Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 4. – С. 66-100.
6. Голубцов В.В., Азнабакиева М.М. Изменения среднегодового стока в бассейне реки Иртыш (Ертис) в пределах территории Китая // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 3. – С. 114-119.
7. Лучева А.А. Практическая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 440 с.

Поступила 12.01.2015

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев  
Д.М. Бурлибаева

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖӘНЕ ҚЫТАЙ ХАЛЫҚ  
РЕСПУБЛИКАСЫ АРАСЫНДАҒЫ ТРАНСШЕГАРАЛЫҚ  
ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АҒЫН СУЛАРЫ ТУРАЛЫ**

*Бұл ғылыми мақалада қаралатын мәселелер трансшегаралық өзендерінің табиғатын қорғау. Қазіргі кезде трансшегаралық өзендердің экосистемаларының дағдарысы судың ең төменгі жұмсалуды қажеттілігі және судың санитарлық шығыны деген параметрларының ғылыми негізі жоқ екендігін дәлелдейді. Өзен экосистемаларын қайта қалыптастыру үшін өзендердің экологиялық ағындарын ғылыми тұғырдан дәлелдеу қажет екенін көрсетеді.*

УДК 502.556.626

Б. Кенжебеков \*

А.С. Мукашева \*

**ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОЗЕРА БАЛХАШ В СВЯЗИ С  
СОКРАЩЕНИЕМ СТОКА РЕК***ЦИКЛИЧНОСТЬ, ВОДОЗАБОР, СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ, ОБМЕ-  
ЛЕНИЕ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ПЛОТИНА, СОХРАНЕНИЕ ЭКОСО-  
СТОЯНИЯ*

*В статье рассматривается вероятность сильного сокращения стока р. Иле в ближайшем будущем и причины их обуславливающие. Оценивается состояние водной среды при снижении уровня воды в озере ниже критической отметки. Обосновывается необходимость разделения водоема на части при катастрофическом снижении стока рек в бассейне и указывается наиболее подходящий створ для построения дамбы.*

В связи с возросшей антропогенной нагрузкой на водные объекты бассейна оз. Балхаш и наступлением засушливого периода в регионе в ближайшем будущем возможно резкое ухудшение экологического состояния озера. В данной работе рассматриваются основные причины сокращения стока в бассейне, и предлагаются отдельные мероприятия, позволяющие экосистеме озера «выйти» из кризисной ситуации с наименьшими потерями, как в экологическом, так и в экономическом аспекте.

Озеро Балхаш относится к числу крупнейших водоемов земного шара. Оно расположено в юго-восточной части Казахстана и имеет площадь 18200 км<sup>2</sup> при уровне 342,0 м БС. В него впадают пять постоянных водотоков: Иле, Каратал, Аксу, Лепсы и Аягоз. Все они берут начало из высокогорных областей, опоясывающих юго-восточную часть страны.

Регион озера, находящийся в центральной части Евразии, в тысячах километрах от океанов, особенно остро испытывает циклические изменения климата. Только расположение основной водосборной площади

---

\* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

озера в высокогорных областях спасает его от довольно частых периодических катаклизмов и обуславливает сравнительно небольшую амплитуду межгодового колебания стока рек и уровня воды в озере. Однако, в зависимости от цикличности климата уровень воды в оз. Балхаш подвергается:

- многолетним (3...7 лет);
- внутривековым (20...60 лет);
- вековым (60...200 лет);
- многовековым (1800...1900 лет) ритмичным колебаниям [2].

По мнению исследователей, многовековые колебания могут изменить уровень воды в озере Балхаш на 8...13 м. Например, 600...700 лет назад уровень в озере был на 6 м выше, чем в настоящее время, а 174 года назад – ниже на 4,5 м [2].

С тех пор уровень воды в озере поднимался и опускался вновь четыре раза (1845...1852, 1893...1910, 1953...1970, 1999...2012 годы). Согласно кадастровым данным, в эти годы многоводные фазы продолжались 7...17 лет, а засушливые периоды длились 29...43 года. Если учитывать эти сведения, то начавшееся с 2013 г. падение уровня воды в оз. Балхаш, можно рассматривать как предвестник засушливого периода, так как с 1999 по 2012 г. уровень воды в озере в основном повышался.

В последние два года сток р. Иле существенно уменьшился и оказался ниже средних многолетних значений. Однако уменьшение стока еще не связано с большим объемом изъятия воды в соседней республике или задержкой в Капшагайском водохранилище, сооруженного на этой реке. Как утверждают экологи, в последние годы запасы высокогорных ледников Алатау, где расположен основной водосбор рек, уменьшились на 40...43 %. Согласно прогнозам ученых, предстоящий засушливый период в регионе, возможно, продлится до 30 лет, а следующий многоводный период начнется не раньше 2045 года.

В засушливые периоды сокращаются запасы почвенной влаги, и орошаемые земли нуждаются в большем объеме воды, чем в многоводные периоды. Это способствует увеличению объема водозабора из рек, что, в конечном счете, приведет к существенному снижению уровня воды в озере.

Итак, засушливый период может продолжаться в течение нескольких десятков лет, и, в сочетании с антропогенными факторами, это будет тяжелым ударом для экологии озера. Так как в настоящее время нет возможности совсем избежать такой участи, необходимо найти пути смягчения его отрицательных последствий.

Для этого рассмотрим некоторые трудно решаемые проблемы озера. Например, в последние годы, несмотря на высокий уровень воды в озере, некоторые заливы и устья отдельных рек стали труднопроходимыми для рыб. В связи с этим Балхашским филиалом Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства был предложен ряд гидромелиоративных мер по улучшению состояния этих объектов. Если бы эти работы были вовремя проведены, то начало падения уровня воды не повлекло бы за собой резкого уменьшения численности рыб в озере и значительно смягчило бы очередной «удар» природы.

Но, в настоящее время предложенные капитальные гидромелиоративные работы, направленные на улучшение экологической обстановки на водоеме пока никем не выполняются.

В будущем, (возможно через 17...20 лет) в результате наступления ожидаемого длительного ряда засушливых лет, на фоне значительного возросшего объема водозабора из рек бассейна, падение уровня в озере станет таким, что будут необходимы уже другие работы по сохранению озера, чтобы совсем не потерять его. Потому что, многие заливы озера пересохнут и берега сдвинутся к центру. В таком случае, чтобы рационально использовать оставшуюся часть озера, необходимо разделить его на отдельные акватории.

Такие меры рассматривались и раньше. При этом предлагалось разделить озеро на две части, построив дамбу в самом узком месте (пролив Сарыесик), которое расположено в 45,0 км к юго-востоку от г. Балхаш. Впервые такое предложение поступало от М.П. Русакова, известного геолога, открывшего месторождения медной руды на северном побережье озера [2]. Он преследовал цель опреснить всю западную половину водоема, чтобы снабдить г. Балхаш и прилегающие к нему населенные пункты питьевой водой. Более поздние предложения, поступившие от других ученых, рассматривали возможность сохранения западной части озера от экологического бедствия, предоставив при этом восточную часть на «произвол судьбы».

Однако простые расчеты показывают, что такое разделение не поможет сохранить западную часть озера. Главная причина того - резкое падение стока р. Иле, которая впадает в западную часть озера и дает почти 80 % объема ежегодного притока воды в озеро. В естественных условиях сток р. Иле в створе Капшагайской плотины в засушливые годы (75 % обеспеченности) составлял 13,0 км<sup>3</sup>. Из них в озеро попадало около 90 % (в «средневодные» и многоводные годы до 77...80 %). А в настоящее время сток р. Иле 75 %-ной обеспеченности ниже Капшагай составляет 10,6 км<sup>3</sup> [1]. Сейчас, по ориенти-

ровочным расчетам авторов, при объеме водозабора 2,5...3,0 км<sup>3</sup> из р. Иле на территории КНР, и наличии потери на Капшагае (в нем на испарение и фильтрацию расходуется не менее 1,0...1,5 км<sup>3</sup> воды) и в дельте реки, в засушливые годы сток воды в западную часть озера, вероятно, не будет превышать 6,0...6,5 км<sup>3</sup>. Такого объема притока (даже при наличии дамбы на проливе Сарыесик) хватит только для того, чтобы удерживать уровень воды западного Балхаша на отметке 338,6...339,2 м БС.

При этом уровень восточного Балхаша, отрезанного от западной части озера, упадет до отметки 335,5 м БС, минерализация воды в нем достигнет 7,0 г/дм<sup>3</sup> и выше. А в такой воде практически все виды интродуцированного зообентоса не смогут выжить. Кроме того в такой соленой воде балхашские рыбы не смогут нереститься, и их численность резко сократится. Чтобы этого не произошло, необходимо построить дамбу через пролив Шаухар, что находится в 260,0 км к востоку от г. Балхаша. Такая мера позволяет поднять уровень воды восточной части до 340,5 м БС за счет стоков рек Каратал, Лепсы, и Аксу. Площадь действующей акватории в восточной части озера составит 3700 км<sup>2</sup>, а минерализация воды останется на уровне 4,5...4,8 г/дм<sup>3</sup>, и такие условия являются вполне приемлемыми для нынешних обитателей водоема.

В этом случае самый восточный плес озера, подпитываемый только рекой Аягоз, сильно сокращается и его уровень стабилизируется на отметке 320,0 м БС, а площадь зеркала воды уменьшится до 20,0 км<sup>2</sup>. Суммарная площадь западного и восточного частей озера (без отрезанного участка) составит 11,5 км<sup>2</sup> (63 % от общей площади озера), уровень воды стабилизируется на отметке 339,8 м БС, т.е. часть стока восточных рек наполняет и западную половину озера.

При наступлении в бассейне очередной многоводной фазы климата Шаухарская плотина будет выполнять уже другую функцию – водосброс через нее обеспечит проточность озера, что, в конечном счете, приведет к опреснению основной части водоема. К тому же появится возможность на территории от г. Балхаша до полуострова Шаухар заниматься разведением скота и бахчеводством. Наряду с этим, во многих восточных заливах увеличатся площади водной растительности, улучшится кормовая база, что способствует увеличению рыбопродуктивности водоема в два и более раз.

Выводы:

1. В современных условиях, в связи с антропогенной нагрузкой, в засушливые годы, снижение уровня воды в озере может сильно превышать

амплитуду естественного колебания, что вызовет коренную перестройку структуры биоценоза в нем.

2. Чтобы сохранить большую часть акватории водоема пригодной для обитания ныне существующих гидробионтов нужно разделить акваторию озера на две части, построив дамбу на проливе Шаухар. В «средневодные» и многоводные годы эта дамба будет способствовать опреснению озера. Для этого необходимо на дамбе соорудить специальный водовыпуск с высоким порогом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш // Под редакцией Самаковой А.Б. – Алматы: Каганат, 2003. – С. 9-152.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – Т. 13. – Вып. 2. – С. 87-113, 286-336.

Поступила 14.11.2014

Б. Кенжебеков  
А.С. Мукашева

#### **ӨЗЕН АҒЫСТАРЫНЫҢ АЗАЮБЫНА БАЙЛАНЫСТЫ БАЛҚАШ КӨЛІНДЕГІ БОЛУЫ МҮМКІН ӨЗГЕРІСТЕР**

*Бұл мақалада Іленің ағыны таяу жылдары өте азайып кету ықтималдығы және оның басты себептері қарастырылады. Көл деңгейінің рауалды мөлшерден төмендеген кездегі су ішіндегі болатын ахуал бағаланады. Өзен ағыстарының апат әкелер шамаға дейін азайған жағдайында көлді сақтап қалу үшін қай жерден бөлген ыңғайлы екені көрсетілген.*

УДК 519.16.556.072

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев \*

**ПРОГНОЗ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УРАЛО-КАСПИЙСКОГО  
БАССЕЙНА***ВЕЛИЧИНА СТОКА, СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ КЛИМАТА, МЕТОД  
СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ, ДОСТОВЕРНОСТЬ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА*

*Рассматривается возможность прогноза водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна на основе сценарных прогнозов климата. Для количественной оценки будущего состояния водных ресурсов с учётом возможных изменений климата использован метод статистической зависимости между стоком и метеорологическими факторами.*

Урало-Каспийский водохозяйственный бассейн расположен в квадрате  $41^{\circ}20' \dots 50^{\circ}40'$  северной широты и  $41^{\circ}20' \dots 58^{\circ}40'$  восточной долготы, охватывает Западно-Казахстанскую, Мангыстаускую, Атыраускую и Актюбинскую области Республики Казахстан (РК).

Основной водной артерией района является р. Урал (Жайык), протекающая через территорию Российской Федерации (РФ) и РК. Формирование сток р. Урал в основном происходил на территории РФ. Сток р. Урал зарегулирован рядом крупных водохранилищ, имеющих суммарную емкость  $4,1 \text{ км}^3$ . По наблюдаемым данным (1940...2007 гг.) из  $11575 \text{ млн. м}^3$  общего ресурса бассейна  $8674 \text{ млн. м}^3$  воды поступает из РФ по р. Урал.

В пределах РК р. Урал принимает ряд притоков, основными из которых являются Елек, Орь, Утва, Шаган, Ембулатовка. С западной части района на юг стекают реки Чижа 1-я, Чижа 2-я, Большой и Малый Узень. Область питания последних двух рек находится в Саратовской области РФ. На юге района протекают реки Ойыл, Сагиз и Эмба (Жем), не имеющие постоянного устья и теряющие на фильтрацию свои воды в песках.

Воды рек и временных водотоков района интенсивно используются для промышленного и коммунального водоснабжения, а также в сельском

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

хозяйстве. Большое количество воды задерживается в многочисленных прудах и водохранилищах. В целом бассейн испытывает дефицит воды.

Как следует из сказанного выше, водные ресурсы бассейна в основном определяются величиной стока р. Урал – с. Кушум. Среднее значение наблюдаемого стока этой реки за 1974...2007 гг. по сравнению со средним стоком периода 1940...2007 гг. уменьшилось на 11 % [2]. Поэтому оценка возможных изменений водных ресурсов района под влиянием климатических и антропогенных факторов представляет большой интерес.

Для разработки сценарных прогнозов климата Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна использован ансамблевый подход, основанный на моделях общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения, разработанных в различных национальных и международных центрах и использованных для подготовки Четвёртого доклада межправительственной группы экспертов по изменению климата Казахстана [6].

Для оценки успешности модели общей циркуляции атмосферы и океана были использованы статистические характеристики поля сезонного и годового количества осадков. В результате выбраны 9 МОЦАО, которые вошли в ансамбль для разработки сценарных прогнозов изменения климата Казахстана. Вероятные изменения количества осадков и температуры приземного воздуха рассчитаны в соответствии со сценарными изменениями концентрации в атмосфере парниковых газов. По сценарию А2 («жесткий») увеличение парниковых газов будет более значительным, чем по сценарию В1 («мягкий»).

Результаты моделирования показывают, что по сценариям В1 и А2 ожидается увеличение среднемноголетнего годового количества осадков на всей территории Казахстана. Однако это увеличение незначительно: на 1...3 % в период 2006...2035 гг., 2...4 % в период 2016...2045 гг., на 4...6 % в период 2036...2065 гг. относительно базового периода 1980...1999 гг. В среднем для территории Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна прогнозируемое увеличение годовых сумм осадков незначительное: на 2 % в период 2006...2035 гг., на 3 % в период 2016...2045 гг., на 2 % и 4 % в период 2036...2065 гг., по сценариям В1 и А2 соответственно. В зимний период в целом по территории бассейна ожидается увеличение количества осадков по двум сценариям и во все исследуемые периоды. В среднем по бассейну увеличение осадков составит 4...5 % в период 2006...2035 гг., 6...8 % в период 2016...2045 гг., 9...13 % в период 2035...2065 гг. [6].

Для количественной оценки будущего состояния водных ресурсов с учётом возможных изменений климата использован метод статистической зависимости между стоком и метеорологическими факторами. В качестве таких факторов использованы сеточные архивные данные осадков и температуры воздуха за 1961...2002 гг., подготовленные сотрудниками кафедры метеорологии КазНУ им. аль-Фараби [6]. Гидрологической основой прогноза водных ресурсов являются материалы, приведенные в [1, 2, 4, 5].

Исследована зависимость годового стока р. Урал у с. Кушум и суммарного притока воды из РФ по р. Урал от годовой суммы осадков и среднегодовой температуры воздуха по данным наблюдений за 1961...2002 гг. Зависимость стока от суммы осадков оценивается соответственно коэффициентами корреляции, равными 0,44 и 0,42, от средней температуры – 0,01 и 0,02, т.е. установлена слабая зависимость среднего годового стока от годовой суммы осадков и отсутствие таковой между годовым стоком и среднегодовой температурой воздуха.

Выявлена удовлетворительная зависимость весеннего стока за апрель – май (IV...V) р. Урал – с. Кушум от суммы зимних осадков  $\sum X_{XI-III}$  и показателя осеннего увлажнения почвы. В качестве такого показателя может быть принята сумма осадков за осенние месяцы сентябрь – октябрь, т.е. установлена возможность применения зависимости в виде:

$$Q_{IV-VI} = f\left(\sum X_{XI-III}, \sum X_{IX-X}\right). \quad (1)$$

Теснота зависимости (1) характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,67, а качество связи оценивается отношением  $\sigma/\sigma = 0,74$ . Такая зависимость считается пригодной для составления прогнозов стока [3]. Полученную зависимость можно использовать для определения величины годового стока р. Урал – с. Кушум по известной величине весеннего стока, т.е. по связи:

$$Q_{Г} = f(Q_{IV-VI}). \quad (2)$$

Зависимость (2) оценивается коэффициентом корреляции, равным 0,98.

Поскольку водные ресурсы Урало-Каспийского водохозяйственного бассейна (ВХБ) определяются суммой естественного стока р. Урал у с. Кушум и стока рек, впадающих в р. Урал в пределах РК, необходимо было установить зависимость суммарного стока от метеорологических факторов. Удалось установить прямую зависимость суммарного стока рек ( $m^3/c$ ), впадающих в р. Урал, от зимних осадков и показателя увлажнённости почвы ( $r = 0,70$ ):

$$Q_{\Gamma} = f\left(\sum X_{XI-III}, \sum X_{IX-X}\right). \quad (3)$$

Таким образом, прогноз суммарного стока рек Урало-Каспийского ВХБ сводится к прогнозу весеннего стока р. Урал – с. Кушум по уравнению

$$Q_{IV-VI} = 1,94\sum X_{XI-III} + 1,43\sum X_{IX-X} - 654 \quad (4)$$

и определению годового стока этой реки по выражению

$$Q_{\Gamma} = 0,274Q_{IV-VI} + 61,2. \quad (5)$$

Далее, определялся суммарный сток рек, непадающих в р. Урал по уравнению:

$$Q_{\Gamma} = 0,54\sum X_{XI-III} + 0,66\sum X_{IX-X} - 32,2. \quad (6)$$

Суммарный сток Урало-Каспийского ВХБ вычисляется по сумме стока, полученного по формулам (5) и (6).

Прогноз составлен для двух сценариев развития климата: В1 (мягкий) и А2 (жесткий). Сумма осадков, характеризующая климат периодов 2006...2035гг., 2016...2045 г. и 2036...2065 гг., получена по результатам научных работ кафедры метеорологии КазНУ им. аль-Фараби. Прогнозы даны для среднего года 30-летних периодов, т.е. на 2020 г., 2030 г. и 2050 г. Результаты расчёта представлены в табл.

Таблица

Ожидаемые водные ресурсы Урало-Каспийского ВХБ с учётом зимних осадков и осеннего увлажнения почвы (в числителе в м<sup>3</sup>/с, в знаменателе – в млн. м<sup>3</sup>)

Река – пункт	Год			Сценарий климата
	2020	2030	2050	
Урал – с. Кушум	<u>366</u> 11543	<u>378</u> 11922	<u>351</u> 11070	В1
	<u>386</u> 12174	<u>384</u> 12111	<u>391</u> 12332	А2
Реки не впадающие в р. Урал	<u>48,2</u> 1520	<u>50,3</u> 1586	<u>47,3</u> 1492	В1
	<u>48,6</u> 1533	<u>51,2</u> 1615	<u>52,3</u> 1650	А2
Суммарный сток Урало-Каспийского ВХБ	<u>414</u> 13057	<u>428</u> 13499	<u>398</u> 12553	В1
	<u>432</u> 13625	<u>435</u> 13720	<u>443</u> 13972	А2

По данным табл. ожидается постепенное увеличение водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна, в том числе стока р. Урал – с. Кушум

и суммарного стока рек, не являющихся притоками р. Урал к 2020 и 2030 гг. по двум сценариям развития климата. К 2050 г. по сценарию В1 водные ресурсы будут немного уменьшаться, а по сценарию А2 продолжится рост водных ресурсов.

Увеличение водных ресурсов к 2020 г. по сценарию В1 составляет 1,7...2,0 % относительно нормы периода 1974...2007 гг. и многолетнего периода 1940...2007 гг., к 2030 г. эти величины соответственно составят 5,20...5,40 %, по сценарию А2 увеличение стока к указанным годам в среднем составит 6,3...7,0 %.

Таким образом, оценка водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна, с учётом возможных изменений климата, показывает постепенное их увеличение по мере увеличения зимних осадков. Достоверность результатов прогноза во многом зависит от точности прогноза осадков. Методика прогноза стока, учитывающая лишь влияние осадков, но не учитывающая основного показателя потепления климата – температуры воздуха, является приближённой. При построении эмпирической зависимости стока от метеорологических факторов влияние температуры воздуха количественно оценить не удалось.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Чегринкец А.Г. Водные ресурсы Казахстана. Оценка, прогноз, управление. Том VII. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1. Возобновляемые водные ресурсы поверхностных вод Западного и Восточного Казахстана. – Алматы: Институт географии, 2012. – 665 с.
2. Давлетгалиев С. К. Поверхностные водные ресурсы Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. – 2010. – № 1. – С. 56-66.
3. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3. Служба гидрологических прогнозов. Часть 1 Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеоздат, 1962. – 192 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12, вып. 2. Урало-Эмбинский район – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 511 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том. 12, вып. 3. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1962. – 192 с.

6. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Полякова С.Е., Долгих С.А., Петрова Е.Е. Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов. – Алматы: Институт географии, 2012. – С. 143-152.

Поступила 22.01.2015

Геогр. ғылымд. докторы С.К. Давлетғалиев

### **ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ АЛАБЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫН БОЛЖАУ**

*Климаттың сценарийлік болжамдарының негізінде Жайық-Каспий алабының су ресурстарын болжау мүмкіндігі қарастырылған. Климаттың мүмкін болатын өзгерістерін ескере отырып, су ресурстарының келешектегі күйін сандық тұрғыдан бағалау үшін ағынды мен метеорологиялық факторлар арасындағы статистикалық тәуелділік әдісі қолданылған.*

УДК 519.16.556.072

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев\*  
М.С. Оспанова\***ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНИМАЛЬНОГО МЕСЯЧНОГО СТОКА  
БАСЕЙНА РЕКИ ЕЛЕК***ЛЕТНЕЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД, ЗИМНИЙ ПЕРИОД, ПАРАМЕТРЫ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА, СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ,  
НАБЛЮДЕННЫЕ И ВОССТАНОВЛЕННЫЕ ДАННЫЕ**Приведены статистические характеристики минимального  
месячного стока летне-осеннего и зимнего периодов основных рек  
бассейна р. Елек. Произведена оценка точности параметров рас-  
пределения месячного стока.*

Река Елек является левым притоком р. Жайык (Урал). Общая длина реки 623 км, площадь водосбора 41300 км<sup>2</sup>. Основными притоками р. Елек являются рр. Каргала и Большая Хобда, которые, в свою очередь, принимают ряд притоков: Косистек, Актасты, Терисбутак, Карахобда, Сарыхобда, Терисаккан и др. [1].

Характеристики минимального стока бассейна р. Елек, полученные по данным наблюдений по 1962 г., приведены в монографии [2]. Эти данные нуждаются в уточнении с учетом материалов последних лет и влияния климатических и антропогенных факторов.

Сток р. Елек искажен с 1975 г. регулирующим влиянием Актюбинского и Каргалинского водохранилищ многолетнего регулирования. Поэтому в первую очередь производим оценку однородности минимального стока р. Елек у г. Актобе и с. Шелек, а также р. Каргала – с. Каргалинское. Оценка однородности рядов наблюдений произведена с помощью критериев Стьюдента и Фишера [3], а также суммарной интегральной кривой. При этом за условно-естественный сток приняты данные наблюдений до 1974 г., данные за период 1975...2010 гг. – зарегулированный сток. Результаты, рассчитанные по статистическим критериям, представлены в табл. 1.

Критические значения статистик Стьюдента и Фишера определены для уровня значимости  $\alpha = 5\%$  и коэффициента автокорреляции мини-

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

мального стока  $\tau = 0,30$ . В табл. 1 знак «минус» означает, что гипотеза однородности ряда отвергается.

Таблица 1

Результаты расчета однородности средних и дисперсии ряда наблюдений

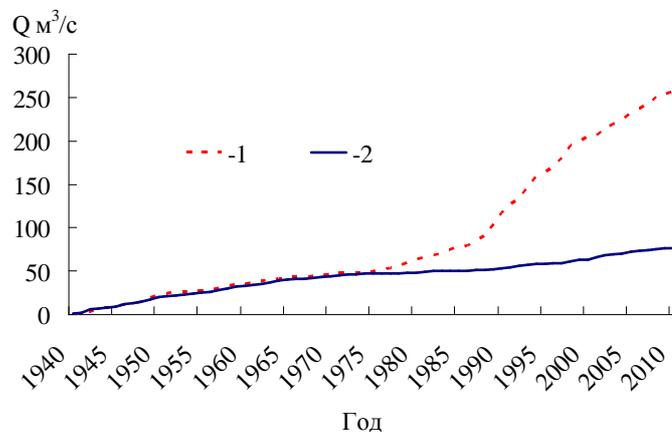
Река – пункт	$t$	$t_\alpha$	Вывод	$F$	$F_\alpha$	Вывод
Летний сток						
Елек – г. Актобе	6,03	3,10	-	31,7	1,83	-
Елек – с. Шелек	4,52	3,10	-	4,33	2,73	-
Каргала – с. Каргалинское	6,22	3,10	-	33,4	2,73	-
Зимний сток						
Елек – г. Актобе	4,40	3,10	-	39,8	2,40	-
Елек – с. Шелек	3,38	3,10	-	23,8	2,73	-
Каргала – с. Каргалинское	4,24	3,10	-	21,8	1,83	-

Как видно из данных табл. 1, во всех случаях гипотеза однородности средних и дисперсии летнего и зимнего минимального месячного стока отвергается. Это подтверждается также видом интегральной кривой минимального месячного стока р. Елек и р. Каргала (рис. 1).

Ряды минимального стока основных рек бассейна р. Елек приведены к многолетнему периоду 1940...2010 гг., по методу аналогии, с составлением уравнения регрессии.

Характеристики минимального стока р. Елек и Каргала рассчитаны в 4-х вариантах: за период естественного режима (1940...1974 гг.), за период нарушенного режима (1975...2010 гг.), за период наблюдений и за расчетный период с учетом восстановления естественного стока (1940...2010 гг.) (табл. 2).

а



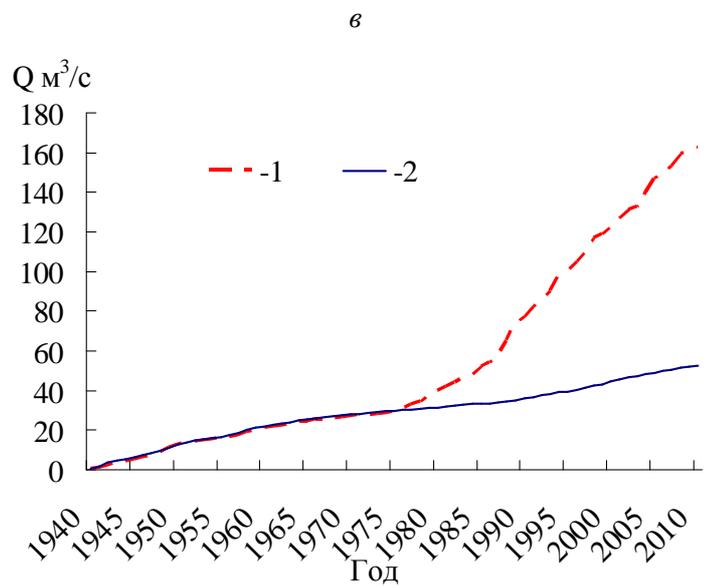
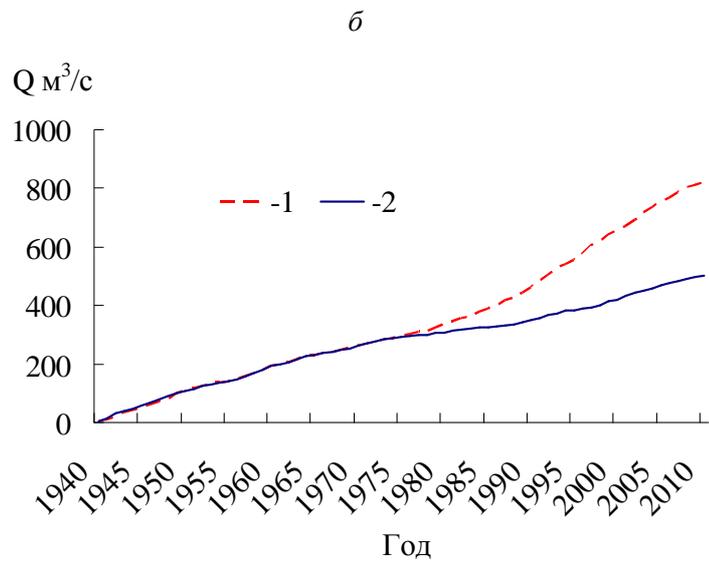


Рис. 1. Интегральные кривые минимального бытового и естественного стока. а – р. Елек – г. Актобе, б – р. Елек – с. Шелек, в – р. Каргала – с. Каргалинское. 1 – бытовой сток; 2 – условно-естественный сток.

Минимальный сток летнего и зимнего периодов за счет регулирующего влияния водохранилищ после 1975 г. увеличился в 2...3 раза относительно стока до 1975 г. Существенно увеличилось значение дисперсии минимального стока, увеличение коэффициента вариации незначительное.

Таблица 2

## Характеристики минимального стока зарегулированных рек

Месячный сток	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	1940...1974 гг.					1975...2010 гг.							
				75 %	80 %	90 %	95 %	97 %	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	75 %	80 %	90 %	95 %	97 %
<b>р. Елек – г. Актобе</b>																
Летний	1,30	0,54	0,98	0,82	0,74	0,55	0,43	0,35	$\frac{5,91}{5,91}$	$\frac{0,67}{0,69}$	$\frac{0,88}{1,10}$	3,01	2,61	1,71	1,21	$\frac{0,93}{0,83}$
Зимний	0,56	0,84	1,51	0,25	0,22	0,12	0,076	0,054	$\frac{3,04}{2,93}$	$\frac{0,95}{1,02}$	$\frac{1,44}{1,43}$	$\frac{0,97}{0,88}$	$\frac{0,77}{0,70}$	$\frac{0,39}{0,33}$	$\frac{0,20}{0,16}$	$\frac{0,12}{0,097}$
<b>р. Елек – с. Шелек</b>																
Летний	7,61	0,44	0,3	5,33	4,93	3,97	3,33	2,91	$\frac{14,3}{13,5}$	$\frac{0,45}{0,48}$	$\frac{0,32}{0,39}$	9,6	8,79	6,92	5,65	$\frac{4,86}{3,75}$
Зимний	2,09	0,71	0,07	1,06	0,21	0	0	0	$\frac{6,87}{6,95}$	$\frac{1,06}{1,02}$	$\frac{0,76}{0,71}$	$\frac{0,22}{2,50}$	$\frac{0,01}{1,55}$	$\frac{0}{0,73}$	$\frac{0}{0,35}$	$\frac{0}{0,21}$
<b>р. Каргала – с. Каргалинское</b>																
Летний	0,66	0,54	0,71	0,41	0,37	0,28	0,21	0,18	3,70	0,55	0,71	2,17	1,95	1,43	1,07	0,87
Зимний	0,46	0,46	0,67	0,31	0,28	0,22	0,18	0,15	$\frac{1,53}{1,47}$	$\frac{0,71}{0,67}$	$\frac{0,95}{0,40}$	$\frac{0,69}{0,45}$	$\frac{0,59}{0,40}$	$\frac{0,38}{0,36}$	$\frac{0,25}{0,18}$	$\frac{0,19}{0,17}$

Примечание: В числителе приведены наблюдаемые данные, в знаменателе – восстановленные данные.

Коэффициент вариации минимального летнего месячного стока изменяется в широких пределах – от 0,30 (р. Терисаккан) до 1,23 (р. Косистек), зимнего стока – от 0,30 (р. Терисбутах) до 1,50 (р. Терисаккан). Коэффициент асимметрии летнего и зимнего месячного стока также изменяется в широких пределах. Точность расчета этого параметра невысокая, поэтому значение  $C_s$  определено методом подбора по степени соответствия эмпирических данных теоретической кривой. Наиболее подходящим значением  $C_s$  в большинство случаев оказалось  $C_s = 2C_v$  (рис. 2, 3)

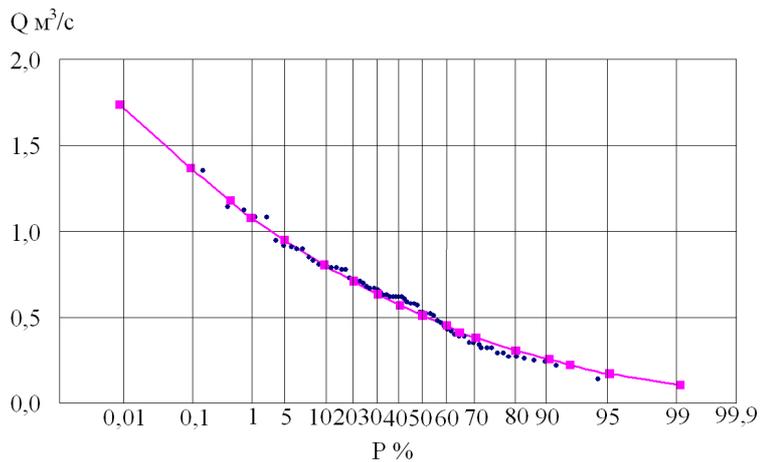


Рис. 2. Кривая обеспеченность минимального летнего месячного стока (р. Карахобда – пос. Альпайсай, 1940...2010 гг.).

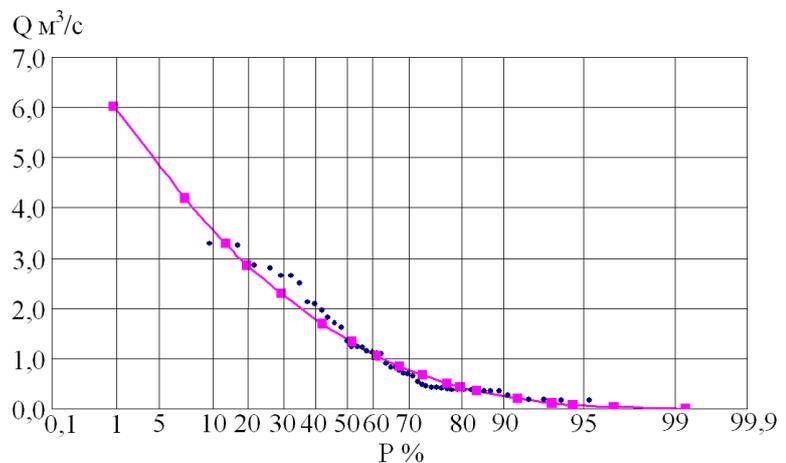


Рис. 3. Кривая обеспеченность минимального зимнего месячного стока (р. Каргала – с. Каргалинское, 1940...2010 гг.).

При наличии в составе наблюдаемых и восстановленных данных нулевых расходов (рр. Карахобда, Сарыхобда, Терисаккан и др.), т.е. неоднородности рядов, расходы воды, различной обеспеченности вычисляются по формуле, приведенной в [4]

$$P = \frac{n_1 P_1}{n_1 + n_2}, \quad (1)$$

где  $n_1$  – число лет наблюдений с расходами воды больше нуля;  $n_2$  – число лет наблюдений с нулевыми значениями расходов воды;  $P_1$  – обеспеченности расхода воды по кривой, построенной по данным со стокам больше нуля.

Статистические характеристики зарегулированных рек, рассчитанные по данным наблюдений до 1974 г. и период 1975...2010 гг., приведены в табл. 2. Характеристики минимального месячного стока за период наблюдений и за расчетный период представлены в табл. 3 и 4. В этих же таблицах даны обеспеченности расходы воды 75, 80, 90, 95, и 97 %.

Случайные средние квадратические ошибки выборочных средних определены по формулам:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \sum \frac{\sigma \sum Q}{\sqrt{n}} \sqrt{(1+r)(1-r)}. \quad (2)$$

Для основных рек бассейна р. Елек, имеющих период наблюдения  $n > 30$  лет, установлено среднее районное значение коэффициента автокорреляции месячного стока, равное  $r = 0,30$ .

Анализ согласия эмпирических и аналитических функций распределения показал, что распределение минимального стока почти всех рек района соответствует кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля при  $C_s = 2C_v$ , поэтому средние квадратические ошибки коэффициентов вариации определены по зависимости:

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \left( 1 + \frac{3C_v \cdot r^2}{1 + r} \right). \quad (3)$$

Погрешность расчёта нормы стока р. Сарыхобда – пос. Бессарабский и р. Терисбутак – с. Белогорский с продолжительностью ряда наблюдений соответственно  $n = 38$ ,  $n = 41$  равны 15,7 %, 13,9 %.

Оценка точности параметров распределения ряда, приведенного к многолетнему периоду, выполнена с учетом объема информации, эквивалентной наблюдаемым данным.

Таблица 3  
 Характеристики минимального летнего месячного стока бассейна р. Елек (Илек) за 1940...2010 гг.

Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдения	Наименьший за период, м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	Сток (м <sup>3</sup> /с)				
							Различной обеспеченности, %				
							75	80	90	95	97
Елек – ж.д. рзд. №47	1090	1958...1980	0,0	0,024	0,76	1,01	0,010	0,009	0,003	0	0
Елек – г. Актобе, ГМБ (в 200 м ниже устья р. Карагалы)	11000	1940...2000 2005...2010	0,37	3,64 1,15	0,99 0,77	1,75 1,97	2,97 0,51	2,55 0,42	1,66 0,26	1,13 0,16	0,84 0,12
Елек – пос. Целинный	14575	2003...2010	3,52	7,50	0,58	0,70	4,28	3,82	2,78	2,02	1,65
Елек – с. Чилик	37300	1950...1997, 1999, 2001, 2003...2005, 2009...2010	3,42	11,2 7,04	0,50 0,49	0,88 0,57	7,10 4,22	6,42 3,80	4,84 2,74	3,83 2,11	3,22 2,11
Каргала – с. Каргалинское	5000	1957...2010	0,25	2,34 0,73	0,92 0,56	1,42 0,73	0,77 0,46	0,61 0,41	0,33 0,30	0,17 0,22	0,10 0,19
Карабутак – с. Карабутак	177	1980...1995	0,026	0,045	0,95	1,72	0,017	0,009	0,007	0,001	0
Косистек – с. Косистек	281	1957...1997, 1999...2010	0	0,040	1,23	1,97	0,004	0,001	0	0	0
Актасты – пос. Белогорский	45,0	1947...1998, 2009...2010	0,006	0,018	0,51	1,40	0,011	0,010	0,008	0,006	0,005

Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдения	Наименьший за период, м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Сток (м <sup>3</sup> /с)				
							Различной обеспеченности, %				
							75	80	90	95	97
руч. Терисбутаг – пос. Белогорский	19,8	1948...1989	0,005	0,027	1,06	1,66	0,018	0,017	0,014	0,012	0,011
Хобда (Бол. Хобда) – с. Новоалексеевка	8110	1961...2010	0,33	1,04	0,42	0,65	0,72	0,66	0,53	0,45	0,38
Бол. Хобда – с. Кугала	14200	1983...1991, 2004...2010	1,32	2,92	0,43	0,40	2,01	1,84	1,46	1,23	1,05
Карахобда – пос. Альпайсай	2240	1963...2010	0,0	0,59	0,45	0,33	0,41	0,38	0,30	0,25	0,22
Сарыхобда – пос. Бессарабский	675	1957...1987	0,028	0,098	0,36	0,38	0,073	0,067	0,055	0,049	0,026
Терсакан – пос. Астраханский	446	1958...1996	0,056	0,114	0,30	0,029	0,089	0,084	0,073	0,064	0,059

*Примечание:* В числителе приведены наблюдаемые данные, в знаменателе – восстановленные данные.

Таблица 4  
 Характеристики минимального зимнего месячного стока бассейна р. Елек (Илек) за 1940...2010 гг.

Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Наименьший за период, м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Сток (м <sup>3</sup> /с)				Различной обеспеченности, %
							75	80	90	95	
Елек – ж.д. рзд №47	1090	1958...1980	0,0	0,060	0,57	0,69	0,036	0,034	0,024	0,012	0
Елек – г. Актобе, ГМБ (в 200 м ниже устья р. Карагалы)	11000	1940...2000 2005...2010	0,12	1,72 0,79	1,31 0,84	2,48 1,28	0,22 0,31	0,14 0,25	0,030 0,15	0,010 0,079	0,003 0,055
Елек – пос. Целинный	14575	2003...2010	1,41	3,37	0,51	0,72	2,12	1,92	1,45	1,11	0,91
Елек – с. Чилик	37300	1950...1997, 1999, 2001, 2003...2005, 2009...2010	0,0	5,04 3,62	1,17 0,80	1,50 1,15	1,02 1,50	0,50 1,25	0,0 1,0	0,0 0,20	0,0 0,0
Каргала – с. Каргалинское	5000	1957...2010	0,17	1,02	0,92	1,38	0,34	0,26	0,14	0,074	0,042
Карабутак – с. Карабутак	177	1980...1995	0,0	0,67	0,70	1,39	0,32	0,28	0,18	0,12	0,090
Косистек – с. Косистек	281	1957...1997, 1999...2010	0,0	0,034	0,98	1,59	0,009	0,007	0,002	0	0
Актасты – пос. Белогорский	45,0	1947...1998, 2009...2010	0,0	0,024	0,37	0,51	0,018	0,017	0,014	0,012	0,011

Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Наименьший за период, м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Сток (м <sup>3</sup> /с)				
							Различной обеспеченности, %				
							75	80	90	95	97
руч. Терисбутақ – пос. Белогорский	19,8	1948...1989	0,012	0,022	0,23	1,07	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014
Хобда (Бол. Хобда) – с. Нововалексеевка	8110	1961...2010	0,0	0,58	0,96	1,26	0,17	0,13	0,030	0	0
Бол. Хобда – с. Кугала	14200	1983...1991, 2004...2010	0,76	2,53	0,35	0,16	1,90	1,77	1,49	1,29	1,14
Карахобда – пос. Альпайсай	2240	1963...2010	0,0	0,23	0,99	1,29	0,020	0	0	0	0
Сарыхобда – пос. Бессарабский	675	1957...1987	0,0	0,12	0,96	1,28	0,036	0,028	0,013	0,003	0
Терсаккан – пос. Астраханский	446	1958...1996	0,0	0,073	1,50	5,11	0	0	0	0	0

*Примечание:* В числителе приведены наблюдаемые данные, в знаменателе – восстановленные данные.

Объём информации, эквивалентной наблюдаемым данным, определяют соответственно для нормы  $N_{\varepsilon\sigma}$  и среднего квадратического отклонения по формулам:

$$N_{\varepsilon\bar{Q}} = \frac{N}{\left[1 + \frac{N-n}{n+2}(1-R^2)\right]}, \quad (4)$$

$$N_{\varepsilon\sigma} = \frac{Nn}{n + (N-n)(1-R^4)}. \quad (5)$$

где  $n$  – число совместных лет наблюдений в приводимом ряду и рядах аналогов;  $(N-n)$  – число восстановленных членов ряда по уравнению регрессии;  $R$  – коэффициент парной или множественной корреляции.

Эквивалентные периоды, определённые с помощью формул (4) и (5), позволяют рассчитывать средние квадратические отклонения этих параметров непосредственно по формулам (2) и (3), если вместо  $n$  подставляется соответствующий  $N_{\varepsilon}$  с учётом числа фактических лет наблюдений [5]. Например, число лет наблюдений на р. Терисаккан у п. Астраханский равно 38, вычисленное значение  $N_{\varepsilon} = 10,9$ , тогда значение  $n$ , подставляемое в формулу (2), будет 49 лет. Результаты расчета по основным рекам бассейна р. Елек приведены в табл. 5.

После приведения рядов наблюдений к многолетнему периоду в 8 пунктах, из рассмотренных 14, погрешность расчёта нормы стока составила меньше 10 %, в 3 пунктах – меньше 15 %, в 2 пунктах меньше 20 %.

Погрешность коэффициента вариации минимального стока после приведения рядов наблюдений к многолетнему периоду также уменьшилось. Число пунктов с погрешностью  $\sigma_{C_v} < 10\%$  увеличилось до 7, с погрешностью  $\sigma_{C_v} < 20\%$  – до 10.

Таким образом, по основным пунктам наблюдений бассейна р. Елек определены статистические характеристики минимального месячного стока, летне-осеннего и зимнего периодов. Характеристики стока вычислены для наблюдаемого ряда и ряда приведенного к многолетнему периоду. Произведена оценка точности параметров кривой распределения месячного стока

Таблица 5

Параметры минимального месячного стока бассейна р. Елек

Река – пункт	F, км <sup>2</sup>	Число лет	За период наблюдений			Многолетний период 1940...2010 гг.				
			Q, м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	σ <sub>Q</sub>	Q, м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	σ <sub>Q</sub>	σ <sub>C<sub>v</sub></sub>	σ <sub>σ<sub>Q</sub></sub>
Елек – Актобе	11000	69	3,60	0,33	0,66	3,62	0,99	0,55	0,04	0,04
Елек – Чилик	37300	56	11,3	0,54	1,15	11,6	0,50	0,95	0,08	0,07
Каргала – Каргалинское	5000	49	2,64	0,84	0,29	2,34	0,90	0,24	0,09	0,06
Карахобда – Альпайсай	2240	48	0,50	0,46	0,05	0,58	0,38	0,03	0,10	0,06
Актасты – Белогорский	45	53	0,01	0,53	0,004	0,02	0,57	0,001	0,11	0,09
Сарыхобда – Бессарабский	675	28	0,08	0,51	0,01	0,14	0,37	0,01	0,11	0,06
Терисбутак – Белогорский	19,8	41	0,02	0,34	0,002	0,03	0,46	0,002	0,08	0,07
Терсаккан – Астраханский	446	38	0,11	0,33	0,01	0,13	0,27	0,005	0,07	0,03

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 3. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 514 с.
2. Давлетгалиев С.К., Садвакасова С.Р., Оспанова М.С. Минимальный сток реки Жайык // Вопросы географии и геоэкологии. – 2013. – №2. – С. 16-22.
3. Давлетгалиев С.К. Оценка точности параметров кривых распределения годового стока рек Урало-Эмбинского района // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №3. – С.85-93.
4. СП 33-101. Определение основных расчетных характеристик. – М.: Стройиздат, 2003. – 72 с.
5. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 276 с.

Поступила 22.01.2015

Геогр. ғылымд. докторы С.К. Давлетгалиев  
М.С. Оспанова

#### **ЕЛЕК АЛАБЫНЫҢ БАСТЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ АЙЛЫҚ МИНИМАЛ АҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ**

*Елек алабының басты өзендерінің жаз-күздік және қыстық кезеңдерінің минимал ағындыларының статистикалық параметрлері келтірілген. Айлық минимал ағындылар үлестірімдері параметрлерінің дәлдігі бағаланған.*

УДК 556. 114

Доктор геогр. наук С.М. Романова \*

**ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ  
ВОДОХРАНИЛИЩ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕСНЫХ И  
СОЛЯНЫХ ВЫСЫХАЮЩИХ ОЗЁР, ЛИМАНОВ***ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ, ВОДОХРАНИЛИЩЕ-  
ОХЛАДИТЕЛЬ, АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ*

*Приведены материалы исследований по изучению процессов формирования химического состава водохранилищ-охладителей, созданных на основе пресных и соляных высыхающих озёр и лиманов, находящихся в разных климатических зонах, в том числе Казахстане.*

Помимо крупных водохранилищ, созданных при зарегулировании рек, в маловодных районах существуют и строятся мелкие водохранилища в балках или искусственных ложах с целью сохранения вод весеннего и летнего стоков. Поскольку в ряде районов СНГ и РК все наиболее удобные места для создания водохранилищ уже освоены, в последние годы начали создавать водохранилища на основе пресных или соляных озёр.

Водоохранилищ, созданных на основе соляных озёр пока немного, но потребность в их создании возникает на обширных просторах Казахстана, степного Крыма, в Азербайджане, а также других засушливых районах.

К настоящему времени уже созданы Джейран-Батанское водохранилище в Азербайджане на основе соляных шоров и в Казахстане: водохранилища-охладители Экибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 на основе соляных озёр Жанкельды и Шандаксор. Следует отметить, что при создании вышеуказанных и других водохранилищ, создаваемых на основе соляных высыхающих озёр, возникает необходимость решения вопроса о рассолении озёра и определении коэффициента диффузии солей из донных отложений и бортов озёрной котловины. Решение этого вопроса расчетным или экспериментальным путём является очень сложной и трудоёмкой задачей [7, 9, 10, 13].

Сотрудниками кафедры общей и неорганической химии КазНУ им. аль-Фараби с 1978 г. проводились комплексные физико-химические

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

исследования воды оз. Жанкельды, оз. Шандаксор, оз. Карасор, канала Ертис-Караганда и созданных на их основе водохранилищ-охладителей Экибастузских ГРЭС-1, 2. Представляет интерес сопоставить особенности химического состава воды водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 и водохранилища Джейран-Батан.

*Джейран-Батанское водохранилище (шор Джейран-Батан – р. Самур).* Джейран-Батанское водохранилище находится в Азербайджане на территории шоров Джейран-Батан и Дага-Ятага, где раньше были труднопроходимые болота с вязким соленым илом [2]. Водохранилище предназначено для ирригационных целей и водоснабжения городов Сумгаита и Баку.

Джейран-Батанское водохранилище имеет площадь 75,2 км<sup>2</sup>, длина его 9,5 км, средняя ширина – 1,34 км, максимальная глубина достигает 10,3 м.

Основным источником питания Джейран-Батанского водохранилища является горная река Самур, вода которой подается по Самур-Дивичинскому каналу протяженностью 190 км. Общее содержание солей в воде р. Самур колеблется в пределах от 200 до 500 мг/дм<sup>3</sup>. Вода р. Самур относится ко второму типу гидрокарбонатного класса, группе кальция с незначительным содержанием ионов Cl<sup>-</sup> (до 20 мг/дм<sup>3</sup>) и Na<sup>+</sup> (15...20 мг/дм<sup>3</sup>) [14].

Формирование ионно-солевого состава воды водохранилища протекало под воздействием целого ряда факторов. Основным фактором, влияющим на качество воды этого водохранилища, была высокая засоленность его ложа. В первое время происходило вымывание солей (NaCl) из почв и грунтов залитого ложа. Высокая минерализация застойных вод и грунтов Джейран-Батана явилась следствием вековой аккумуляции солей, вносимых дождевыми потоками. Это обстоятельство ставило под сомнение вопрос о возможности использования водохранилища не только для целей водоснабжения, но и для сельскохозяйственного орошения. Промывка ложа водохранилища осуществлялась с августа 1955 г. по сентябрь 1956 г.

Впервые годы существования Джейран-Батанского водохранилища в его воде преобладали Cl<sup>-</sup>-ионы над SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и особенно над HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ионами.

С августа 1963 г. и по настоящее время преобладающими остаются сульфаты. Характерно то, что изменение их происходит более плавно, чем хлоридных ионов. Из катионов в воде водохранилища преобладающими являются ионы Na<sup>+</sup>. Накопление ионов натрия происходит за счет вымывания его из засоленных почвогрунтов залитого ложа водохранилища.

Согласно данным исследований, проведенных Бакинским филиалом ВНИИ «Водгео» [14, 15], в процессе эксплуатации с 1958 по 1965 гг. концентрация солей в Джейран-Батане снизилась от 1870 до 407 мг/дм<sup>3</sup>. Важную роль в формировании его химического состава играет испарение, а второстепенную – атмосферные осадки [15, 16]. Большая часть осадков выпадает в холодную половину года (октябрь – март). В среднем за 1959...1964 гг. за холодный период выпало 117 мм, за тёплый период (апрель – сентябрь) – 85 мм воды.

Удачное расположение водохранилища, большая ось которого совпадает с направлением господствующих ветров (ССЗ – ЮЮВ), обеспечивает энергичное циркуляционное перемешивание воды, что вызывает практическую однородность солевого состава во всем объеме водохранилища. Поэтому первоначальное опасение возможности возникновения в водоёме солевой стратификации с образованием придонных слоев с повышенной концентрацией солей оказалось необоснованным.

Для водохранилища был проведён прогноз минерализации воды по методу водносолевого баланса [16]. Полученные позднее экспериментальные данные подтвердили правильность ранее составленного прогноза о динамике минерализации воды в Джейран-Батанском водохранилище.

Фигуративные точки состава воды Джейран-Батанского водохранилища, рассчитанные и нанесённые нами на химическую диаграмму (рис.), располагаются в поле тенардита (1963 г.) и поле астраханита (1965 г.). Это говорит о том, что в процессе эксплуатации водохранилища в ионном составе воды происходит увеличение доли магниевых солей. Таким образом, опыт строительства и эксплуатации Джейран-Батанского водохранилища, а также данные о гидрохимическом режиме этого водохранилища могут быть использованы при проектировании других водохранилищ, находящихся в сходных физико-географических условиях.

*Водохранилище-охладитель Экибастузской ГРЭС-1 (оз. Жанкельды – канал Ертіс – Караганда).* Водохранилище-охладитель Экибастузской ГРЭС-1 относится к водохранилищам оборотного режима с пополнением потерь воды за счет источника подпитки. К воде водохранилищ предъявляются определённые требования при использовании её для промышленного и бытового водоснабжения, а также в оборотной системе ТЭС. При оборотной системе использования охлаждающей воды её технические свойства ухудшаются, создаются условия для накипеобразования [5].

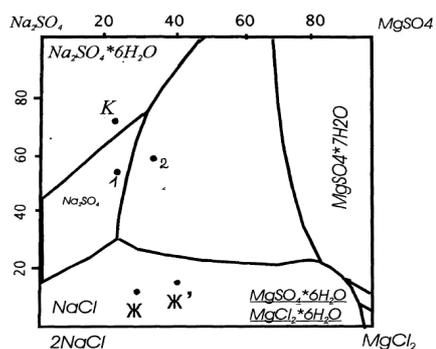


Рис. Положение фигуративных точек состава воды Джейран-Батанского водохранилища (1, 2), оз. Жанкельды (до и после промывки (Ж)), и канала Ертыс – Караганда (К).

Большое значение при формировании химического состава воды Экибастузского и ему подобных водохранилищ имеют местные факторы (геологические, гидрогеологические, почвенные условия, а также внутри водоемные процессы). Действие их проявляется на площади водосбора водохранилища и в самом водохранилище.

Для Экибастузского, как и Джейран-Батанского водохранилища, важным фактором формирования химического состава является возможность накопления солей в воде из-за сильной засоленности грунтов ложа. При заполнении водохранилища исходной водой канала Ертыс-Караганда в воду начинают поступать водорастворимые соли из ложа и бортов водохранилища. В этой связи возникла необходимость изучения диффузии солей из донных отложений и почвогрунтов в бортах водохранилища, а также проведения промывки котловины оз. Жанкельды от содержащихся солей водой канала. Поэтому на формирование химического состава воды водохранилища ЭГРЭС-1 в первые годы его эксплуатации существенное влияние оказывали и химический состав воды канала, и минерализация оставшейся после промывки воды оз. Жанкельды.

В связи с этим представляет интерес дать краткую характеристику изученности химического состава воды канала Ертыс – Караганда и оз. Жанкельды за предшествующие годы.

Изучение химического состава воды канала Ертыс – Караганда с момента ввода его в эксплуатацию проводилось гидрохимической лабораторией при КазНИИРХ [1], экспедицией НОТЭП [8, 17], а с 1978 г. и кафедрой общей и неорганической химии КазНУ им. аль-Фараби [3, 4].

В техническом проекте и отчете Экибастузской ГРЭС-1, составленном НОТЭП (от 15.04.1972 г.) представлена характеристика химического состава воды канала Ертис – Караганда в период его первоначальной эксплуатации [2]. Ряд показателей в отчете автору представляются сомнительными. Так, маловероятными являются относительно низкие значения рН воды и узкий предел её варьирования (6,9...7,1) при колебаниях общей минерализации от 250 до 1400 мг/дм<sup>3</sup>. Вызывает сомнение аномально высокая концентрация СО<sub>2</sub> (105 мг/дм<sup>3</sup>). В аналогичных условиях, в январе 1970 г., в воде р. Ертис при рН = 6,83 нами обнаружено лишь 40 мг/дм<sup>3</sup> свободной СО<sub>2</sub>. Маловероятны столь резкие отличия в содержании растворенного в воде кислорода в двух анализах (от 30.11.1979 г., когда обнаружено 1,0 мг/дм<sup>3</sup> О<sub>2</sub> и от 20.12. уже 20 мг/дм<sup>3</sup>). Неверен вывод о том, что вода канала обладает сульфатной агрессивностью, поскольку последняя наблюдается лишь при содержании SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 1500 мг/дм<sup>3</sup>, а в воде канала общая минерализация колеблется в пределах 250...1400 мг/дм<sup>3</sup>.

Представленная НОТЭПом уточненная химическая характеристика воды канала Ертис – Караганда в техническом отчете «О полевых гидрохимических исследованиях на канале Ертис – Караганда и Экибастузском резервном водохранилище», выполненном в 1968...1974 гг. [2] сомнений не вызывает.

Химический состав воды канала протяженностью 170 км формируется за счет основного водоисточника – р. Ертис, частично за счет минерализации грунтовых вод, питающих канал, а также солей, поступающих по трассе канала из почв. Вода канала отличается сравнительно малой минерализацией (170...340 мг/дм<sup>3</sup>) и гидрокарбонатно-кальциевым составом 1-го или 2-го типа по классификации О.А. Алекина.

В литературе данных по химии оз. Жанкельды в его естественном состоянии очень мало. Так, в работе Л.Е. Тажибаева [11] представлена общая и краткая характеристика всей группы Экибастузских озёр. В ней указывается, что большинство из них характеризуются незначительными размерами и постоянным водным режимом. В период весеннего половодья они наполняются, а в летний период вследствие интенсивного испарения постепенно уменьшаются. Большинство этих озер солоноватые, соленые и даже переходят в стадию самосадочных озер.

В указанном выше техническом проекте НОТЭП «Экибастузской ГРЭС-1» от 1972 г. приведены результаты определения химического со-

става воды оз. Жанкельды после заполнения в 1969 г. его сухого ложа водой канала Ертис – Караганда. В представленной краткой характеристике химического состава воды озера отмечен очень большой размах варьирования минерализации от 2...4 г/дм<sup>3</sup> до 80 г/дм<sup>3</sup>. рН воды при этом имеет очень низкие значения (6,0...7,7), что фактически маловероятно. В характеристике нет никакого обоснования к утверждению, что «вода оз. Жанкельды по отношению к бетону обладает всеми видами агрессивности» [11]. Далее авторы отмечают, что уровень озера и солевой состав воды были подвержены резким колебаниям, обусловленными весенними паводками и летним испарением. По химическому составу вода озера относилась к хлоридно-натриевому типу. Минерализация колебалась от 3 до 100 г/дм<sup>3</sup> и выше. В 1977 г. была осуществлена промывка солей из озерной котловины. В отчетах НОТЭП за 1977, 1978 гг. представлены результаты работ в период промывок ложа оз. Жанкельды [12].

В ходе исследований были рассчитаны коэффициенты диффузии солей, солевой баланс озера, дана краткая характеристика химического состава воды. В этих исследованиях принимали участие с 1978 г. и сотрудники лаборатории химии природных вод КазНУ им. аль-Фараби. Летом 1978 г. вода оз. Жанкельды была солоноватой, содержание солей постепенно возрастало от 3,8 до 5,0 г/дм<sup>3</sup> в связи с откачкой воды из озера [3, 4]. Преобладающими в ионном составе были  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$ -ионы. Содержание хлорид-ионов в озере в 162 раза, а  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$ -ионов в 40...50 раз больше, чем в воде канала. В солевом составе оз. Жанкельды на долю хлоридов в этот период приходилось 75 % от всей суммы солей, на долю сульфатов 23 %, а доля карбонатных солей составляла лишь 0,8...3,0 %. На озере имела место неоднородность химического состава воды по акватории и с глубиной. Более высокие значения минерализации наблюдались в южной части озера, более низкие – в северной, поскольку сброс воды осуществлялся в северной части, у ГРЭС-1. Значения рН воды озера по мере возрастания минерализации увеличивались от 8,55 до 9,65.

На рис. показано положение фигуративных точек состава воды оз. Жанкельды до и после промывки его ложа. Как видно, фигуративные точки располагаются в поле галита, в то время как для воды канала Ертис – Караганда они находятся в поле мирабилита сульфатного квадрата.

*Водоохранилище-охладитель Молдавской ГРЭС* сооружено на базе Кучурганского лимана, в верховье которого впадает р. Кучурган [6]. По

своему химическому составу вода водохранилища неоднородна: наибольшая его минерализация в верховье, наименьшая – у плотины, средняя – в месте забора воды на технические нужды электростанции. Такая неравномерная засоленность воды объясняется притоком в верховье высокоминерализованных вод р. Кучурган и большой протяженностью водоема (14 км), что препятствует интенсивному перемешиванию воды. Кроме того, на минерализацию воды водохранилища влияет р. Турунчук, которая является источником пополнения потерь воды в водохранилище.

В водохранилище-охладителе Молдавской ГРЭС минерализация воды достигает  $830 \text{ мг/дм}^3$ . Общая жесткость воды после сооружения плотины возросла от 4,1 до 7,6 моль/л экв., содержание хлоридов – от 59 до  $160 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатов – от 79 до  $275 \text{ мг/дм}^3$ .

Сравнивая данные предельной карбонатной жесткости с фактическими ее величинами, отмечено, что с увеличением мощности ГРЭС можно ожидать образования твердых карбонатных отложений в трубках конденсаторов.

Расчетом определено, что наибольшего снижения накипеобразования можно достичь путем водообмена или при расширении в 3 раза насосной станции подпитки и двухразовом сбросе воды из водоема в летний период.

Анализируя особенности гидрохимии водохранилищ, созданных на основе соляных озер, можно отметить следующие общие закономерности формирования их химического состава:

- а) на химический состав воды озерного водохранилища большое влияние оказывают климатические условия (испарение и другие процессы);
- б) одним из решающих факторов, влияющим на качество воды водохранилища, является засоленность донных отложений его ложа;
- в) в ходе формирования химического состава воды в водохранилище происходят процессы диффузии солей из грунтов;
- г) в связи с взаимодействием воды водохранилища с веществом окружающей среды в озерном водоеме могут происходить процессы как прямой, так и обратной метаморфизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш – Караганда – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 199 с.
2. Атлас М.И. Физико-химический режим Джейран-Батанского водохранилища (Азерб. ССР) в условиях климатических и почвенных особен-

- ностей места его расположения // Труды Всесоюзного Гидробиологического общества. – 1963. – Т. 14. – С. 170-175.
3. Ибрагимова М.А., Таранина Г.В., Романова С.М., Беремжанов Б.А. Формирование гидрохимического режима водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 // Гидрохимические материалы, т. ХСVI – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 142-154.
  4. Исследование гидрохимического режима водохранилища-охладителя Экибастуз. ГРЭС-1: Отчет о НИР/ КазГУ им. С.М. Кирова. – № ГР 80026718; Инв. № 02820080431 – Алма-Ата, 1982. – 142 с. – Научн. рук. Б.А. Беремжанов.
  5. Наталюк Н.П., Лазаренко Ю.И., Шиманский Б.А. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды ТЭС и предотвращение накипеобразования в конденсаторах турбин. / В кн. «Борьба с загрязнениями конденсаторов турбин и других трактов технического водоснабжения». – М.: Энергия, 1977. – С. 10-26.
  6. Наталюк Н.Т., Лазаренко Ю. И. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды гидроэлектростанций и мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин. / В кн.: «Гидротермические и химико-гидробиологические исследования охладителей циркуляционной воды тепловых электростанций». – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 250-261.
  7. Овчинников Г.Д. Об опреснении солёных и горьких озёр Ишимской степи // Известия ВГО. – 1950. – Т. 81. – С. 11-19.
  8. Отчет о полевых гидрохимических исследованиях на канале Иртыш – Караганда и Экибастузском водохранилище, выполненных в 1968...1974 гг. Технический отчет НОТЭП, Новосибирск, 1975.
  9. Плешков Я.Ф., Мухопад В.И. Вопросы инженерной гидрохимии и охраны вод. – Л.: Изд. АН СССР, 1979 – глава 5. – С. 33-54.
  10. Посохов Е.В. Об опреснении солёных озёр Северного Казахстана // Вестник АН Каз. ССР. – 1974. – №3. – С. 7-15.
  11. Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана – Алма-Ата: Кайнар, 1969. – 301 с.
  12. Технический отчет о гидрологических и гидрохимических работах на оз. Женгельды в период промывки за 1977 г., 1978 г. НОТЭП. Новосибирск, 1978, 1979.

13. Толстихин Н.И., Егоров С.В. О роли бессточных котловин Северного Казахстана в дренировании водоносных горизонтов // Гидрогеология и инженерная геология. – 1958. – Т. 34, вып. 2. – С. 56-63.
14. Туровская В.И. Исследования ионно-солевого состава воды Джейран-Батанского водохранилища // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1970. – Вып. 2. – С. 45-51.
15. Туровская В.И. Солевой режим Джейран-Батанского водохранилища // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1970. – Вып. 2. – С. 64-75.
16. Туровская В.И., Тененгольц С.М. Прогноз минерализации воды водохранилища Джейран-Батан // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1972. – Вып. 2. – С. 76-89.
17. Экибастузская ГРЭС-1 (Технический отчет НОТЭП о гидрометеорологических работах, выполненных в 1972, 1973, 1974 гг.) НОТЭП, Новосибирск, 1973, 1974, 1975.

Поступила 22.12.2014

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

**ТҰЩЫ ЖӘНЕ ТҰЗДЫ ҚҰРҒАП БАРА ЖАТҚАН КӨЛДЕР,  
ҚОЙНАУЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН СУ  
ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ  
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

*Тұщы және тұзды құрғап бара жатқан көлдер мен қойнаулар негізінде жасалынған салқындатқыш-су қоймаларының химиялық құрамының қалыптасу үрдістерін анықтау у бойынша жүргізілген зерттеулердің материалдары келтірілген.*

УДК 556.11:639.3

Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева \*  
Н.Н. Садырбаева \*  
О.А. Шарипова \*  
А.С. Мукашева \*

**НАКОПЛЕНИЕ ТОКСИКАНТОВ В ПЛАНКТОННЫХ  
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ  
ОЗЕРА БАЛХАШ**

*ЭКОСИСТЕМА, ЗООПЛАНКТОН, ТРАНСФОРМАЦИЯ, АК-  
КУМУЛЯЦИЯ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, БИОМАССА, ВАЛОВАЯ  
ПРОДУКЦИЯ*

*В результате обобщения данных за многолетний период, определены некоторые закономерности аккумуляции зоопланктоном микроэлементов и пути их трансформации в экосистеме водоема. Из общего количества аккумулируемых зоопланктоном токси- кантов (10921,0 т), утилизируется с пищей молодью рыб 2528,7 т, потребляется хищными формами планктона и бентоса 2297,1 т, поступает в ионно-растворимой форме в водную среду 1705,2 т, осаждается с органикой в виде нерастворимых соединений на дон- ный субстрат 4390,0 т.*

Озеро Балхаш расположено в районе крупнейших месторождений полиметаллических руд, что определяет повышенный естественный фон содержания микроэлементов в различных звеньях экосистемы. Выбросы и стоки промышленных предприятий создают жесткий антропогенный пресс, изменяя естественный баланс водного объекта, что может привести к нарушению биологического равновесия биоты. Поступая в биосферу, микроэлементы активно включаются в миграционные циклы, аккумули- руются в различных составляющих трофической цепи водоема, в том чис- ле и в гидробионтах. В связи с этим вопросы изучения накопления и ми- грации токси- кантов в водных организмах озера являются актуальными в современных условиях.

---

\* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

В статье, на основе многолетней базы данных, представлена комплексная оценка количественного развития зоопланктонных сообществ, биомассы и валовой продукции, а также биокумуляция микроэлементов и их дальнейшая трансформация в биоте оз. Балхаш. Для сравнения полученных результатов в статье использованы опубликованные литературные сведения ряда авторов по данной тематике [1, 2, 6, 7].

Цель настоящей работы заключается в анализе динамики биокумуляции планктонными беспозвоночными микроэлементами и распределение их в экосистеме озера. Особое внимание уделено изучению механизма и характера биохимических циклов минерального обмена в биогеохимической пищевой цепи – водная среда – первичная продукция – зоопланктон – зообентос – рыбы – донные отложения.

Зоопланктон оз. Балхаш является важной частью кормовой базы, составляя основу пищевого рациона молоди рыб и частично отдельных форм бентосных организмов.

Зоопланктон водоема представлен тремя основными группами – коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. Видовое разнообразие не остается постоянным и меняется в пределах 40...218 таксонов.

Многолетние исследования свидетельствуют, что количественные показатели и видовой состав водных сообществ оз. Балхаш подвержены значительным межгодовым и сезонным флуктуациям в зависимости от изменения комплекса природных и антропогенных факторов [3, 4, 5].

За период 2011...2014 гг. в зоопланктоне озера было выявлено 88 таксонов, из них 58 коловраток, 12 ветвистоусых и 16 веслоногих. Основной комплекс зоопланктона Западного Балхаша состоял из 72 таксонов, Восточного – из 56 видов. Основу численности и биомассы оз. Балхаш создавали ракообразные – по численности доминировали веслоногие (70,8 %), а по биомассе – ветвистоусые (52,4 %)

В исследуемый период численность зоопланктона и показатели биомассы варьировали в пределах 41,6...125,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1,06...3,82 г/м<sup>3</sup>. Биопродуктивность водоема, как в целом, так и по западной и восточной частям изменялась от  $\alpha$ -мезотрофного типа умеренного класса до  $\beta$ -мезотрофного среднего класса.

Средние показатели биомассы зоопланктона по озеру в 2014 г. (2,382 г/м<sup>3</sup>) соответствуют мезотрофному типу водоема со средним классом кормности.

В процессе жизненного цикла планктонные организмы способны аккумулировать широкий спектр микроэлементов. Благодаря своей биомиграционной активности, микроэлементы играют важную физиологическую роль в жизнедеятельности водных организмов, оказывая существенное влияние на процессы фотосинтеза, дыхания, выступают в качестве катализаторов окислительно-восстановительных процессов и стимуляторов роста. Однако при токсикологическом загрязнении среды обитания, в гидробионтах регистрируется значительное накопление поллютантов, вызывающее нарушение важных жизненных функций, приводящих к сокращению видового состава и снижению продуцируемой массы.

Анализ многолетних исследований показал, что накопление токсиантов в зоопланктоне западной и восточной акватории озера происходит практически идентично (табл. 1).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в зоопланктоне оз. Балхаш, мг/кг сырой массы (среднемноголетние значения)

Микроэлемент	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Среднее значение
Медь	8,30	8,22	8,26
Цинк	10,12	9,48	9,80
Свинец	8,53	8,60	8,56
Марганец	10,96	9,94	10,45
Хром	1,01	0,98	1,00
Никель	0,60	0,59	0,60
Кадмий	0,31	0,30	0,30
Мышьяк	0,26	0,26	0,26
Суммарное содержание	40,09	38,37	39,23

Из экологического спектра микроэлементов к приоритетным накопителям относятся: марганец – 8,71...14,0 мг/кг, цинк – 8,10...12,73 мг/кг, свинец и медь – 5,29...12,9 мг/кг. Концентрация хрома, никеля, кадмия и мышьяка колеблется в пределах 0,15...1,62 мг/кг, что на порядок ниже аналогичных показателей для ранее рассмотренных элементов. Межгодовая вариабельность их незначительна. Ряд накопительной способности микроэлементов планктонными сообществами выглядит следующим образом:  $Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Cd > As$ .

Для определения степени биокумуляции микроэлементов зоопланктоном и дальнейшей миграции поллютантов в экосистеме озера, на основе биомассы, выполнены расчеты валовой продукции. По многолет-

ним показателям в Западном Балхаше продукция варьировала в интервале 194,6...659,9 тыс. т, в Восточном Балхаше – 123,5...844,7 тыс. т, при средних значениях 384,5 и 364,1 тыс. т соответственно (табл. 2).

При отсутствии в оз. Балхаш рыб-планктофагов, часть созданной зоопланктоном валовой продукции потребляется в пищу молодью рыб, в количестве 18,8 % в Западном Балхаше и 27,4 % в Восточном, также выедается хищными формами планктонных и бентосных организмов в пределах 20,7 % и 21,4 % соответственно.

Таблица 2

Показатели биомассы, валовой продукции зоопланктона и ее распределение в экосистеме (среднегодулетние значения)

Показатель	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Суммарное содержание
Биомасса, г/м <sup>3</sup>	2,431	2,313	-
Валовая продукция, тыс. т	384,5	364,1	748,6
Продукция, потребляемая молодью рыб, тыс. т	72,29	99,76	172,05
Продукция, потребляемая хищными формами планктона и бентоса, тыс.т	79,59	77,77	157,36
Остаточная продукция, тыс. т	232,62	186,57	419,19

Опытным путем установлено, что остаточная величина продуцируемой массы планктона 419,2 тыс. т при отмирании разлагается на растворимые органические вещества в количестве 107,3 тыс. т, поступающие в водную среду, и нерастворимые соединения в сумме 311,9 тыс. т, оседающие на донный субстрат. Оседающие компоненты частично используются в процессе жизнедеятельности бентосными организмами, оставшаяся масса, в результате деструкции, образует сложные комплексы химических соединений.

Исследования показали, что в процессе жизненного цикла зоопланктонные организмы, при биомассе 2,43 г/м<sup>3</sup> в Западном Балхаше и 2,31 г/м<sup>3</sup> в Восточном, создают валовую продукцию, в которой аккумулируется 5391,9 т и 5529,1 т микроэлементов соответственно.

В состав доминантного комплекса токсикантов в биомассе зоопланктона входят марганец, цинк, свинец и медь, на долю которых приходится от 21 до 27 % общего содержания исследуемых микроэлементов, что в количественном выражении характеризуется значениями 2304,6...2915,6 т. Остальные элементы представлены величинами: хром – 279,0 т, никель – 167,4 т; кадмий – 83,7 т, мышьяк – 72,5 т, которые сум-

марно составляют 5,6 % аккумулируемой массы. Процентное соотношение отдельных количественных показателей компонентов отражает рисунок.

Нормальное функционирование планктонных сообществ предполагает определенный баланс процессов поглощения и выделения, заключающийся в ассимиляции и миграции поллютантов (табл. 3).

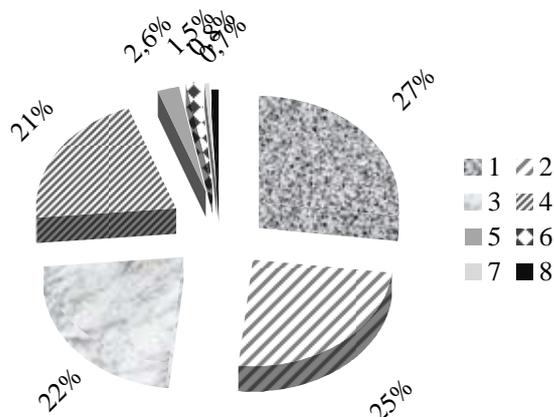


Рис. Процентное соотношение микроэлементов в зоопланктоне оз. Балхаш. 1 – марганец, 2 – цинк, 3 – свинец, 4 – медь, 5 – хром, 6 – никель, 7 – кадмий, 8 – мышьяк.

Из общей массы накопленных токсикантов в количестве 10921,0 т расходуется с кормом для молоди рыб 23,2 %, с пищей для хищных потребителей зоо- и бентофауны – 21,0 % . В ионно-растворимой форме в водную среду переходит 15,6 % и 40,2 % в виде нерастворимых соединений трансформируется в донный субстрат.

Таблица 3

Трансформация суммарного количества микроэлементов, аккумулируемого зоопланктоном, в экосистеме оз. Балхаш

Показатель	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Всего по озеру
Суммарное содержание в зоопланктоне, т	5391,9	5529,1	10921,0
Количество, потребляемое молодью рыб с пищей, т	1013,7	1515,0	2528,7
Количество, потребляемое хищными формами планктона и бентоса, т	1116,1	1181,0	2297,1
Количество, поступающее в воду в ионно-растворимой форме, т	835,1	870,1	1705,2
Количество, осаждаемое на донный субстрат в нерастворимой форме, т	2427,0	1963,0	4390,0

В табл. 4 представлены количественные показатели миграционного распределения отдельных компонентов, накопленных биомассой зоопланктона.

Таблица 4  
Распределение отдельных микроэлементов, накопленных зоопланктоном в экосистеме оз. Балхаш

Токсикант	Количество, потребляемое, т		Поступление в водную среду, т	Осаждение на донный субстрат, т
	молодь рыб	гидробионтами-хищниками		
Марганец	673,5	612,3	454,8	1172,1
Цинк	631,6	574,2	426,6	1099,2
Свинец	552,0	501,5	372,6	960,1
Медь	532,0	484,0	359,5	926,4
Хром	64,4	58,6	43,5	112,2
Никель	38,7	35,1	26,1	67,3
Кадмий	19,3	17,6	13,1	33,6
Мышьяк	16,7	15,2	11,3	29,1

Резюмируя вышеизложенное, правомерно констатировать, что из общего количества аккумулируемых зоопланктоном токсикантов (10921,0 т), утилизируется с пищей молодь рыб 2528,7 т, потребляется хищными формами планктона и бентоса 2297,1 т, поступает в ионно-растворимой форме в водную среду 1705,2 т, осаждается с органикой в виде нерастворимых соединений на донный субстрат 4390,0 т. В пересчете на объем водной массы озера, при среднегодовом показателе 117,625 км<sup>3</sup>, дополнительно, в результате жизнедеятельности зоопланктона, в водную среду поступает 0,014 г/м<sup>3</sup> поллютантов. С учетом площади озера (19,6 тыс. км<sup>2</sup>) в донные отложения на каждый квадратный метр осаждается 0,224 г загрязняющих веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асылбекова С.Ж., Лопарева Т.Я., Воробьева Н.Б., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н. Влияние техногенного загрязнения на эколого-биологическое состояние озера Балхаш // Науч. труды ЮКГУ (Южно-Казахстанский Государственный университет) им. М. Ауэзова. – 2010. – №3(21) – С. 20-26.
2. Крупа Е.Г., Струге Т.С., Лопарева Т.Я., Шаухарбаева Д.С. Распределение планктонных ракообразных озера Балхаш в зависимости от факторов среды // Биология внутренних вод. – 2008. – №2. – С. 49-56.



УДК 556. 114

Доктор геогр. наук С.М. Романова \*  
Канд. хим. наук О.И. Пономаренко \*

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ВОДОЁМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ**

*ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ, ВОДОХРАНИЛИЩЕ-  
ОХЛАДИТЕЛЬ, АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ*

*Приведены материалы исследований процессов формирования химического состава водоемов-охладителей, находящихся в разных климатических зонах.*

На современном этапе развития общества область вмешательства человека в естественный ход природных процессов расширяется. Одной из форм такого воздействия на природные процессы является гидротехническое строительство, в ходе которого создаются искусственные водоёмы – водохранилища, в частности, водохранилища-охладители. Водоохранилищем, в широком смысле слова, принято считать любой водоём замедленного водообмена с искусственно регулируемой ёмкостью или зеркалом [9].

Водоохранилища-охладители представляют собой водоёмы особого типа. Они предназначены в основном для охлаждения конденсаторов турбин ГРЭС. Поэтому их отличительной чертой является необычный термический режим, который откладывает отпечаток на жизнь водоёма в целом, а на формирование химического состава его воды, т.е. его гидрохимию, в частности. Сбрасываемая в водоём циркуляционная вода даёт дополнительное тепло, количество которого зависит от мощности электростанции и выражается десятками и сотнями миллионов килокалорий в год. В зависимости от месторасположения водоёма, от ландшафтных и климатических условий степень влияния дополнительного тепла, поступающего в водоем со сбросными водами, на формирование химического состава воды водохранилищ-охладителей различна. Водоемы-охладители обычно зимой замерзают частично или совсем не замерзают. Сброс нагретых циркуляционных вод в реки, озера и водохранилища, нарушая тепловой баланс водоемов, вызывает реаль-

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

ную опасность так называемого «теплового загрязнения» водоемов, при котором искажается нормальное течение круговорота веществ.

Так, например, в водоёмах-охладителях, расположенных в степной, аридной зоне с недостаточным увлажнением, испарение оказывает существенное влияние на гидрохимический режим водоёмов и способствует накоплению в водоёмах легко растворимых сульфатов и хлоридов [14]. Возьмем, к примеру, Донецкий бассейн. Его физико-географические условия определяют значительное накопление солей, содержащих  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$ -ионы в грунтовых и поверхностных водах. В результате повышенного содержания солей и интенсивного развития гидробионтов в водоёмах на многих ГРЭС наблюдается снижение вакуума в трубках конденсаторов и пережог топлива на сотни тысяч рублей в год [4].

В зоне избыточного увлажнения в Западной Лесостепи (Бурштынское водохранилище) и в Малом Полесье (Добротворское водохранилище) в водохранилищах-охладителях, как и в питающих их реках, формируются воды умеренной минерализации гидрокарбонатно-кальциевого состава. Вызываемое сбросом нагретых вод относительно небольшое испарение не оказывает существенного влияния на увеличение концентрации главных ионов [14].

На формирование химического состава воды водохранилищ-охладителей существенное влияние оказывают и атмосферные осадки, их количество и состав. Атмосферные осадки являются основным источником пополнения запасов вод суши. Ещё находясь в атмосфере, мельчайшие капли воды увлекают из воздуха различные вещества, источником которых служат промышленные загрязнения воздуха, особенно от сжигания угля, жидкого топлива, а также продукты вулканических извержений, оксиды азота, появляющиеся при грозовых разрядах. Таким образом, в состав дождевой воды входят  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . В среднем минерализация атмосферных осадков составляет  $16,2 \text{ мг/дм}^3$ , но может достигать и  $200 \text{ мг/дм}^3$ . Кроме того, дождевые воды содержат микроорганизмы и пыль, в виде механических примесей [15].

Донные отложения также влияют на формирование химического состава вод водохранилищ. Можно выделить три основных аспекта их влияния на качество воды:

- а) влияние на тепловой режим водоёма;
- б) влияние на газовый режим;
- в) влияние на ионный состав воды и его изменение в течение года.

Так, Г.Н. Данилова [3] установила, что величина минерализации при воздействии дистиллированной воды на гранит за два года достигает 75 мг/дм<sup>3</sup>.

Из осадочных пород, составляющих дно водохранилища, наибольшее значение на химический состав воды имеют глины и пески. Глины способствуют созданию условий для поглощения и обмена ионами. Пески обогащают воду хорошо растворимыми солями. Промытые пески влияния на химический состав воды практически не оказывают [12].

Влияние донных отложений на формирование химического состава воды можно рассмотреть на примере водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС [6]. Основную часть его донных грунтов составляют кремний и алюминий. Это указывает на то, что в породах, составляющих грунты, преобладают алюмосиликатные минералы. Количество кальция в озёрной части водохранилища не превышает 49 % сухого грунта. Тенденция к прямолинейной связи между изменением количества кальция и неорганического углерода показывает, что основная часть кальция в донных грунтах водохранилища содержится в виде CaCO<sub>3</sub>. При взаимодействии грунта с водой в водную вытяжку переходят ионы Ca<sup>2+</sup> – 5,2; Mg<sup>2+</sup> – 4,1; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 28,6 % общей массы элемента в грунте. Судя по тесной взаимосвязи между количествами ионов Ca<sup>2+</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – в донных грунтах и их вытяжках, авторы пришли к заключению, что основная часть кальция переходит в воду из грунтов в виде CaSO<sub>4</sub>.

Однако, из сильно вымытых донных отложений в раствор переходит минимальное количество солей. В таких случаях влияние донных отложений не может быть решающим фактором проявления вертикальной стратификации, в частности, и формирования химического состава воды, в целом.

Прямое отношение к формированию химического состава вод имеет деятельность живых организмов и продукты их жизнедеятельности. Ярким примером этого служит водохранилище-охладитель Добротворской ГРЭС-1 [11]. Оно пополняется водой реки Западный Буг, загрязненной промышленными отходами. Загрязнённая вода смешивается с водой водохранилища и из неё выпадают крупные, средние и лёгкие фракции взвешенных веществ, т.е. вода подвергается интенсивному биологическому самоочищению. Повышение температуры воды в водохранилище на 3...5 °С улучшает его гидрохимический режим в результате интенсификации процессов самоочищения.

Из водоёмов Донецкого бассейна наименее засолены наливные водохранилища, питающиеся пресными водами р. Северный Донец – Ворошиловградское и Змиевское (890...1150 мг/дм<sup>3</sup>) и водохранилище-охладитель Криворожской ГРЭС (376,8...509,7 мг/дм<sup>3</sup>), питающиеся водами Днепра [10].

Довольно существенное влияние на формирование химического состава воды водохранилищ-охладителей оказывает такой фактор, как сезон и водность года. Весной обычно наблюдается снижение значений общей минерализации и содержания главных ионов в воде за счет таяния снега и льда, а также за счет паводков. Летом за счет интенсивного испарения идёт увеличение минерализации и содержания главных ионов. В зимний период изменение минерализации воды связано с образованием ледяного покрова.

Изучению химизма льда и подлёдной воды посвящено ряд работ. Так, П.П. Воронков [2] показал, что величина отношения минерализации льда к исходной воде составляет порядка 20 %. Г.А. Максимович и Р.В. Яценко [8] на основании сопоставления минерализации подледной воды и льда приходят к выводу, что минерализация льда изменяется в широких пределах: от 2,6 до 82,3 %. И.А. Печеркин и Э.А. Бурматова [13], изучая химический состав льда Воткинского и Камского водохранилищ послойно во многих пунктах по акватории, выявили значительное различие химического состава льда в разных пунктах водоёма, а также минерализации льда поверхностных и нижних слоев. М.Н. Тарасов и И.М. Кореновская [5] для разных классов искусственных и природных вод установили, что концентрация ионов во льду зависит от их концентрации в исходных водах. Ими выявлена связь концентрации ионов во льду с глубиной водоёма. Отмечено, что в процессе лёдообразования возрастает минерализация подлёдной воды. В момент лёдообразования в воде идут более сложные процессы, чем механический захват кристаллами льда. Вследствие этого, в частности, исходная гидрокарбонатно-кальцевая вода становится сульфатно-натриевой. Балансовые расчеты по главным шести ионам для воды Старо-Крымского водохранилища показали, что ежегодно зимой в период лёдообразования и лёдостава часть солей (ионов) выпадает из водной массы в виде солей [1].

Влияние деятельности человека на химический состав природных вод сказывается, главным образом, через изменение водного режима водоёмов. Ярким примером служит сооружение водохранилища-охладителя Литовской

ГРЭС [7]. Оно создано на основе р. Стрева, минерализация воды которой была в среднем  $329 \text{ мг/дм}^3$ . Создание водохранилища обусловило уменьшение общей минерализации за счет паводковых вод ( $293 \text{ мг/дм}^3$ ) и вызвало несоответствие между изменением минерализации и гидрологической фазой р. Стрева, т.е. запоздалое уменьшение показателей минерализации вследствие имеющегося в чаше водохранилища запаса воды, объём которого больше годового стока р. Стрева. С уменьшением соотношения годового притока р. Стрева к ёмкости водохранилища по сравнению с таким соотношением до зарегулирования реки минерализация и содержание главных ионов (за исключением  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов) уменьшились. А среднее содержание ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ , вследствие загрязнения атмосферы сернистым газом, а также в результате влияния других факторов, после сооружения Литовской ГРЭС увеличилось. По классификации О.А. Алекина вода относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция, второго типа.

Итак, формирование химического состава вод водохранилищ-охладителей – это сложный процесс, на который влияет целый ряд факторов. Факторы эти можно подразделить на две основные группы.

Первая группа – факторы, непосредственно влияющие на формирование химического состава вод водохранилищ-охладителей, т.е. те, которые могут непосредственно обогащать воду молекулами, ионами или выделять их из воды. К ним относятся, во-первых, почвы, с которыми соприкасается вода, породы и грунты, подстилающие почву. Во-вторых, живые организмы и, в-третьих, деятельность человека (сброс промышленных вод и др.).

Ко второй группе относятся факторы, косвенно влияющие на формирование химического состава вод водохранилищ-охладителей. Это климатические условия, сезон, водность года, дополнительное тепло, получаемое со сбросными водами и деятельность человека (регулирование водного режима и др.).

В настоящее время в качестве источников водоснабжения для блочных типов электростанций в большинстве случаев используются:

- 1) искусственно созданные водохранилища на больших реках, перегороженных плотинами;
- 2) наливные искусственные водоемы, образованные обвалованием местности;
- 3) озера;
- 4) большие речные водотоки в естественном состоянии, а также прибрежные акватории морей и океанов.

Тепловые электростанции или ГРЭС могут оказывать существенное влияние на изменение гидрохимического режима воды лишь при использовании первых трех типов водохранилищ.

В связи с выше изложенным, вопрос изучения гидрохимического режима водоемов-охладителей приобретает большое практическое и теоретическое значение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимова И.П. Некоторые особенности формирования химического состава озерного надледного льда в Центральной Якутии. В сб.: Наледи Сибири. – М.: Наука, 1969. – С. 42-48.
2. Воронков П.П. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Северо-Казахстанской области. В сб.: Ресурсы залежных земель. –Л.: Гидрометеиздат, 1960. – С. 7-9.
3. Данилова Г.Н. Взаимодействие воды с изверженными горными породами: Автореф. дис. ... канд. хим. наук – Л., 1967. – 16 с.
4. Коненко А.Д., Абремская С.И., Кутюренко В.М. Характеристика гидрохимического режима водоемов-охладителей ГРЭС Украины. В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов охладителей тепловых электростанций СССР. – Киев: Наукова думка, 1981. – С. 57-73.
5. Кореновская И.М., Тарасов М.Н. К вопросу о формировании ионного состава и минерализации льда пресных вод при различных условиях // Гидрохимические материалы. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Т. XL IV. – С. 19-28.
6. Лаумянская Г.А. Гидротермический режим водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС // Теплоэнергетика и окружающая среда. – Вильнюс: Мокслас, 1991. – №1. – С. 126-137.
7. Лаумянская Г.А., Снукишкис Ю.Ю. Режим ионного состава и общей минерализации воды водохранилища-охладителя Литовской ГРЭС. В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 95-101.
8. Максимович Г.А., Яценко Р.В. Химический состав льда озер и прудов. В сб.: Химическая география и гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Вып. 3(3). – С. 25-30.
9. Мартынова М.В., Виноградова Н.Н. Роль донных отложений в формировании качества воды озеровидного водоема. В кн.: Гидрохимические исследования поверхностных и подземных вод района Можайского водохранилища – М.: МГУ, 1987. – С. 61-64.

10. Наталюк Н.Т., Лазаренко Ю. И. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды гидроэлектростанций и мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин. В кн.: Гидротермические и химико-гидробиологические исследования охладителей циркуляционной воды тепловых электростанций. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 250-261.
11. Наталюк Н.Т., Шиманский Б.А. Гидрохимический режим водохранилища-охладителя Добротворской ГРЭС и реки Западный Буг. В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов охладителей тепловых электростанций СССР. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 85-95.
12. Никаноров А.М. Гидрохимия. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
13. Печеркин И.А., Бурматова Э.А. О гидрохимии льда Камских водохранилищ. В сб. Химическая география и гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – Вып. 3(4). – С. 12-23.
14. Топачевский А.В., Пидгайко М.А. Цели и задачи гидробиологического исследования водоемов-охладителей тепловых электростанций. В кн.: Гидрохимия и гидробиология водоемов охладителей тепловых электростанций СССР. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 6-9.
15. Шишкина Л.А. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – С. 38-41.

Поступила 18.11.2014

Геогр. ғылымд. докторы    С.М. Романова  
Канд. хим. наук            О.И. Пономаренко

**АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРДІҢ ШАРТТАРЫ БОЙЫНША  
САЛҚЫНДАТҚЫШ-СУ АЙДАНДАРЫНДАҒЫ СУДЫҢ  
ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ НЕГІЗГІ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ**

*Әр түрлі климаттық зоналардағы, сонымен қатар  
Қазақстандағы салқындатқыш-су айдандарындағы судың химиялық  
құрамы үрдіс бойынша зерттелген материалдар ұсынылып отыр.*

УДК 504.4:913 (282.255.582)

Доктор геогр. наук

К.М. Джаналеева \*

Ж.Т. Мукаев \*

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО  
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ***ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ*

*Исследован гидрохимический состав аквальных комплексов оз. Алаколь используемых в целях рекреации. Определен макрокомпонентный состав, концентрация тяжелых металлов (ТМ), а также содержание биогенных и органических веществ. Рассмотрено влияние маломерного моторного флота с подвесными лодочными моторами и автотранспорта на аквальные комплексы озера Алаколь. В аквальных комплексах используемых в целях рекреации обнаружено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по меди и цинку. Определено содержание ТМ в донных отложениях аквальных комплексов используемых в рекреационных целях.*

**Введение.** В активно развивающемся процессе туристско-рекреационной деятельности важным природным ресурсом рекреационных ландшафтов являются водоемы. Водоемы значительно повышают аттрактивность и живописность ландшафта и позволяют существенно разнообразить структуру рекреационных занятий. Побережье и акватория оз. Алаколь используется для самых разнообразных видов рекреационной деятельности. В основном это купание, пляжный отдых, катание на лодках, катамаранах, скутерах, катерах и т.д. Маломерный моторный флот при интенсивном использовании является источником загрязнения озера нефтепродуктами. Так же, на участках неорганизованной рекреации в местах скопления автотранспорта вдоль береговой зоны озера возможен вынос загрязняющих веществ в водоем.

Рекреационное «поступление» в водоем отдельных загрязняющих веществ и их суммарное количество не должно приводить к превышению

---

\* Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

утвержденных предельно допустимых концентраций или санитарно-гигиенических нормативов по этим элементам. Учету подлежат не только сами «поступления» от рекреационной деятельности, но и уже существующие концентрации этих элементов в водоеме. Нормирование нагрузок может производиться как расчетным, так и экспериментальным путями или их сочетанием [15].

Исследование химического состава оз. Алаколь является актуальной проблемой в связи с интенсивным рекреационным использованием озера. В данной работе рассматривается химический состав воды оз. Алаколь содержание биогенных и органических веществ, а также уровень концентрации тяжелых металлов. Для тяжелых металлов характерны высокая токсичность, мутагенный и канцерогенный эффекты. В связи с этим актуальными являются исследования на содержание и концентрацию ТМ в поверхностных водах, используемых для рекреации.

Первые сведения о химическом составе воды Алакольских озер относятся к 1914 г., когда А.Ф. Свирчевским был произведен химический анализ воды оз. Алаколь. Регулярный отбор проб на химический анализ на оз. Алаколь (пос. Коктума) производился Гидрометслужбой КазССР с 1956 г.

Первые детальные гидрохимические исследования Алакольских озер выполнены кафедрой неорганической химии химического факультета КазГУ под руководством Б.А. Беремжанова [11].

В 1961...1964 гг. широкие гидрохимические исследования всех четырех крупных озер Алакольской группы с круглогодичным циклом отбора проб были выполнены Алакольской гидрологической экспедицией Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории (Курдин, Шильниковская, 1965). Начиная с 1967 г., в течение многих лет Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (КазНИИРХ) проводил на Алакольских озерах широкие по масштабу гидрохимические и токсикологические исследования. С 1987 по 1993 гг. наряду с гидрохимическими выполнены токсикологические исследования, которые были продолжены в 2002 г.

Работы по определению содержания токсикантов в водотоках и водоемах бассейна оз. Алаколь проводились в рамках проекта ГЭФ/ПРООН/Правительства РК «Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер)» [5]. Так же гидрохимические и токсикологические исследования Алакольского водоема проводили Ж.Д. Достай [6], Н.А. Амиргалиев и др. [4].

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования послужили пробы воды, отобранные в акватории оз. Алаколь, вблизи села Кабанбай ВКО в 2013...2014 гг. Озеро Алаколь расположено перед Джунгарскими воротами и занимает наиболее пониженную часть Балхаш-Алакольской котловины, между Жетысуским (Джунгарским) Алатау и Тарбагатайским хребтом. Пробы отбирались в июле, когда наблюдается пик рекреационного водопользования. Все анализы проб воды, как в полевых, так и лабораторных условиях проводились по общепринятым гидрохимическим методикам. Анализ на содержание основных загрязнителей выполнен в лаборатории Центра гидрометеорологического мониторинга РГП «Казгидромет» (протоколы анализа воды №18-5-08/474, №18-5-10/665).

Весь полученный экспериментальный материал обработан методами вариационной статистики по руководству Н.А. Плохинского [13] с использованием программы MS EXCEL.

**Результаты работы.** По данным летних полевых исследований авторами получены результаты химического состава поверхностных вод оз. Алаколь и содержание в них химических элементов представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели химического состава и содержания химических элементов в аквальных комплексах оз. Алаколь

Параметр	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	<i>lim</i>	$\sigma$	$C_v, \%$
pH	8,9±0,02	8,85...8,92	0,03	0,19
Общая жёсткость	27,125±0,51	25,6...27,7	1,02	1,88
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1108,75±18,31	1054...1131	36,62	1,65
Cl <sup>-</sup>	1373,25±29,32	1286...1412	58,64	2,13
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2849,5±68,36	2647...2947	136,72	2,40
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,5875±0,05	2,45...2,7	0,11	2,09
Ca <sup>2+</sup>	14,5±0,50	14...16	1,00	3,45
Mg <sup>2+</sup>	320,75±6,60	301...328	13,20	2,06
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	2142,75±49,05	1998...2215	98,10	2,29
Pb	0,0009±0,0004	0,0002...0,0019	0,0007	77,14
Cd*	0,0152±0,014	0,0132...0,0193	0,0028	18,34
Cr	0,0049±0,0016	0,017...0,0092	0,0031	64,04
Cu	0,0032±0,0003	0,0025...0,0040	0,0007	21,19
Zn	0,0125±0,0079	0,0040...0,0360	0,0157	126,15

*Примечание:*  $\bar{X} \pm S\bar{x}$  – среднее ± ошибка среднего,  $\sigma$  – стандартное отклонение, *lim* – размах лимитов,  $C_v$  – коэффициент вариации. Cd\* – мкг/дм<sup>3</sup>.

Величина рН является важным показателем эколого-геохимического состояния вод, от которого, в частности, зависит развитие и жизнедеятельность водных организмов, устойчивость форм миграции химических элементов и соединений, и степень неравновесности вод относительно подстилающих пород и речных наносов. Проведённый химический анализ позволил установить, что прибрежные воды оз. Алаколь, используемые в рекреационных целях, по величине рН относятся к щелочным, при коэффициенте вариации 0,19 %. Среднее значение рН составило 8,9. Вода солоноватая или горько-соленая, очень жесткая (25,6...27,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>).

По классификации О.А. Алекина [3], вода в озере по преобладающему аниону относится к классу хлоридно-сульфатных, а по преобладающему катиону – к группе натриевых вод.

Для наглядного выражения данных химического состава исследуемой питьевой воды (акватория оз. Алаколь) составлена формула Курлова [10], в числителе которой слева направо записаны анионы в порядке убывания, а в знаменателе – катионы:

$$M \ 8,04 \frac{15HCO_3 \ 33Cl \ 15SO_4}{78Na \ 22Mg} \ pH \ 8,9 .$$

Полученные данные по макрокомпонентному составу воды показали превышение ПДК по содержанию сульфатов 28,50 ПДК, сумма ионов натрия и калия 12,60 ПДК, магния 8,02 ПДК, хлоридов 4,58 ПДК.

Последствия воздействия хозяйственной деятельности человека на озерную систему чаще всего характеризуются изменением химического состава озерной воды за определенные периоды. Так, в 70-80-е годы отмечалось увеличение содержания соединений тяжелых металлов и пестицидов в водной среде, зообентосе и рыбе – как результат интенсивного применения азотных удобрений и пестицидов с конца 60-х гг. до 1995 г. на прилегающих к озеру сельскохозяйственных угодьях [7].

Концентрация кадмия в водах рек, впадающих в оз. Алаколь в районе пос. Рыбачье, устойчиво превышает 2 ПДК, в р. Урджар – 40 ПДК, р. Катынсу – 4 ПДК. Кадмий обнаружен в водах и других рек (Емель, Тентек) региона. Основной приток этого элемента в водоемы идет вместе со стоком животноводческих ферм, особенно с водой, используемой для купания животных (для дезинфекции используются химикаты, в состав которых входит кадмий, например, гексахлоран) [2].

В акватории озера используемой в рекреационных целях требует особого внимания вопрос о влиянии маломерного моторного флота на санитарное состояние водоёма. При эксплуатации подвесных лодочных моторов в

окружающую среду поступает в среднем 10...20 % расходуемого в течении года топлива. За один час работы мотора в воду выделяется в среднем 142 мл горюче-смазочных материалов [1]. Поэтому актуальным является изучение концентрации продуктов сгорания топлива и нефтепродуктов в аквальных комплексах озера Алаколь, используемых в рекреационных целях.

Как показали исследования авторов (табл. 1), концентрация свинца в поверхностных водах оз. Алаколь варьирует от 0,0002...0,0019 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем составляя 0,0009 мкг/дм<sup>3</sup>; коэффициент вариации – 77,14 %. Содержание кадмия в водах озера варьирует от 0,0132 до 1,193 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем составляя 0,0152 мкг/дм<sup>3</sup>, коэффициент вариации – 18,34 %. Средняя концентрация хрома составила 0,00049±0,0031 мкг/дм<sup>3</sup>, коэффициент вариации – 64,04 %, размах варьирования – 0,0017...0,092. Среднее содержание меди в водах озера составило 0,0032±0,0003 мкг/дм<sup>3</sup> при коэффициенте вариации 21,19 %, размах варьирования – 0,0025...0,0040. Средняя концентрация цинка составила 0,0125±0,0079 мкг/дм<sup>3</sup>, коэффициент вариации – 126,15 %, размах варьирования – 0,0040...0,0360. Анализ полученных данных по концентрации ТМ в акватории оз. Алаколь показал что, по свинцу, кадмию и хрому превышение ПДК не выявлено. Превышение ПДК обнаружено по меди – 3,2 ПДК, цинку – 1,25 ПДК.

Анализ содержания, распределения и превышения ТМ представляет определенный интерес. На основе такого анализа можно попытаться выявить особенности формирования уровней загрязнения в бассейне оз. Алаколь, а также сопоставить уровни загрязнения и классифицировать диапазон концентрации исследуемого элемента. Проанализированы данные по содержанию меди в водотоках северного побережья оз. Алаколь.

Согласно данным токсикологического анализа проведенного в Алаколь-Сасыккольской озерной системе в рамках проекта [5], в притоках р. Урджар не обнаружено превышения ПДК по меди, тогда как в дельте реки превышение составило 7,3 ПДК. Соответственно в р. Катынсу в точке отбора выше с. Маканчи отсутствует превышение по меди, во второй точке отбора в дельте р. Катынсу обнаружено превышение – 2,9 ПДК. В р. Емель, проба отобрана в районе гидрпоста р. Емель, из тяжелых металлов превышение ПДК выявлено по меди – 4,6 ПДК. Так же превышение ПДК выявлено по меди – до 10 ПДК в пробе, отобранной в акватории оз. Алаколь [5].

В сводном анализе состояния водной среды трех проектных территорий согласно результатам химико-аналитических исследований проб воды отобранных в 2008 г. среди проанализированных металлов по меди в 100 % проб выявлено превышение ПДК [14].

В информационном бюллетене о состоянии окружающей среды бассейна оз. Балкаш за 1 полугодие 2013 года приводятся данные по состоянию качества поверхностных вод бассейна оз. Балкаш и оз. Алаколь [9] (табл. 2). В Алаколь-Сасыккольском бассейне пробы отбирались в десяти точках, начиная с р. Тентек до р. Егинсу, а также в акваториях озер Алаколь, Сасыкколь, Жаланашколь. На оз. Алаколь пробы отбирались в акватории озера, близ пос. Акчи. Превышение обнаружено по меди 37,2 ПДК. В р. Катынсу пробы отбирались в районе автодорожного моста. Отмечается превышение по содержанию меди (1,9 ПДК). Пробы, отобранные у с. Урджар в одноименной реке показали превышение меди – 1,4 ПДК. В р. Егинсу пробы отбирались ниже водохранилища. Отмечено загрязнение воды медью (2,0 ПДК).

В информационном бюллетене о состоянии окружающей среды бассейна оз. Балкаш за 1 полугодие 2014 г. так же во всех отобранных пробах отмечаются превышения по содержанию меди. В р. Емель превышение меди – 4,9 ПДК, р. Катынсу – 3,3 ПДК, р. Урджар – 1,7 ПДК, в р. Егинсу – 1,6 ПДК [8].

Как видно из приведенных данных (табл. 2), во всех отобранных пробах водотоков северного побережья оз. Алаколь отмечается превышение содержания меди. В притоках основных впадающих рек и в пробах отобранных выше населенных пунктов концентрация меди во многих случаях не превышает ПДК. Поэтому превышения концентрации меди, по-видимому, не связано с взаимодействием воды с медьсодержащими горными породами в водораздельной части. Превышение ПДК по меди вероятно связано с миграционным потоком с водосборного бассейна оз. Алаколь. Причиной, возможно, является подверженность территорий водосбора антропогенному воздействию. В Урджарском районе, где протекают выше перечисленные реки, территория используется под посевные площади сельскохозяйственных культур. Как известно, медные удобрения используют на разных почвах под зерновые, кормовые и овощные культуры, сахарную свеклу, картофель, подсолнечник, однолетние и многолетние травы и т.д. Вероятно миграционный поток с сельскохозяйственных полей орошения обуславливает миграцию меди в конечную водохозяйственную систему, т.е. оз. Алаколь.

Анализ литературных источников на содержание и распределение цинка показал что, в пробах, отобранных на водосборной территории бассейна оз. Алаколь и самом озере превышения ПДК не обнаружено.

Состояние качества поверхностных вод Балкаш-Алакольского бассейна по экспедиционным данным [9] Таблица 2

Гидрохимический створ	Индекс загрязненности воды (ИЗВ) – характеристика качества воды			Содержание загрязняющих веществ превышающих ПДК		
	1 полугодие 2011 года	1 полугодие 2012 года	1 полугодие 2013 года	ингредиент	средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	кратность превышения ПДК
<i>озеро Алаколь</i>						
река Емель						
гидропост Емель	2,73 (4 кл.) загрязненная	1,61 (3 кл.) умеренно загрязненная	1,07 (3 кл.) умеренно загрязненная	медь	0,00243	2,4
река Катунь						
автоторожный мост	1,8 (3 кл.) умеренно загрязненная	1,35 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,85 (2 кл.) чистая	медь	0,00191	1,9
река Урджар						
ниже города Урджар	0,73 (2 кл.) чистая	1,33 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,84 (2 кл.) чистая	медь	0,00145	1,4
река Егинсу						
ниже водохранилища	0,87 (2 кл.) чистая	1,2 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,84 (2 кл.) чистая	медь	0,00198	2,0

Нашими исследованиями установлено превышение цинка – 1,25 ПДК. Вероятно, это связано с воздействием маломерного моторного флота с подвесными лодочными моторами и выхлопами двигателей автотранспорта, который в большом количестве сосредотачивается во время рекреационного сезона вдоль прибрежной полосы озера.

Автотранспорт и теплоэнергетика по объему поллютантов занимают одно из первых мест. Основными поллютантами являются оксиды углерода и азота, сернистый ангидрид, пыль, нефтепродукты, токсичные микроэлементы. У автотранспорта это Pb, Cd, Hg, Zn и др. [12].

Для получения более достоверных данных по концентрации цинка и других ТМ в водах рекреационных зон должны проводиться дополнительные мониторинговые исследования. В связи с этим необходим постоянный мониторинг качества воды, в локальных территориально рекреационных системах Кабанбай, Коктума, Акши.

Так же в прибрежных водах оз. Алаколь используемых в целях рекреации, были проведены исследования по определению концентрации биогенных и органических веществ. Из биогенных элементов превышение выявлено по фторидам – 1,64 ПДК, остальные биогенные элементы в пределах нормы. По органическим веществам в пробах, отобранных за 2013 г., нефтепродукты и фенолы не обнаружены. Во время летних экспедиционных исследованиях 2014 г. нами установлено, что концентрация фенолов в аквальных комплексах соответствует предельно допустимым значениям вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов – 0,001. Среднее содержание нефтепродуктов составляет 0,001 при ПДК нефтепродуктов – 0,005. По сравнению с данными полученными нами в 2013 г. наблюдается тенденция увеличения концентрации фторидов, в 2014 г. показатель составил 1,8 ПДК, а также обнаружением в составе воды фенолов и нефтепродуктов. Соответственно необходимы дополнительные мониторинговые наблюдения по содержанию биогенных элементов и органических веществ, также бактериологические исследования аквальных комплексов локальных рекреационных систем озера Алаколь.

Тяжелые металлы, поступающие в донные отложения в результате процессов сорбции и седиментации, не выводятся из биогеохимического цикла миграции: при изменении физико-химических условий, прежде всего окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных, а также вследствие жизнедеятельности бентоса тяжелые металлы могут возвращаться в водную массу.

Отбор проб донных отложений проводился с учетом расположения потенциальных источников загрязнения на водосборе и рельефа местности в акватории рекреационной зоны. Исследованиями установлено что, концен-

трация свинца в донных отложениях оз. Алаколь варьирует от 8,32 до 10,99 мг/кг в среднем составляя 9,30 мг/кг, коэффициент вариации – 15,81 %. Концентрация кадмия в донных отложениях озера варьирует от 0,05 до 0,07 мг/кг, в среднем составляя 0,06 мг/кг, коэффициент вариации – 13,75 %. Полученные данные по среднему содержанию ТМ в донных отложениях показали что, по свинцу и кадмию превышение ПДК не выявлено.

#### **Выводы:**

1. Дана экологическая оценка аквальных комплексов оз. Алаколь используемых в целях рекреации, обнаружено превышение по тяжелым металлам и биогенным элементам.
2. В аквальных комплексах используемых в целях рекреации из числа ТМ обнаружено превышение ПДК по меди и цинку.
3. Из биогенных элементов, превышение ПДК выявлено по фторидам – 1,64 ПДК. Для органических веществ содержание фенолов соответствует ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов.
4. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях аквальных комплексов в пределах нормы.
5. Необходим мониторинг качества озерной воды в летний период в локальных территориально рекреационных системах Кабанбай, Коктума, Акши.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авилова В.А., Кукушкин В.А., Ролле Н.Н. Учет влияния рекреации на водную систему / Комплексные проблемы охраны окружающей среды регионов. – Л.: 1984. – С. 162-164.
2. Актымбаева А.С. Гидроэкология Алакольской группы озер // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №2. – С. 161-167.
3. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
4. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Гоголь Л.А., Канагатова Ш.К. Гидрохимический режим озер Алакольской впадины // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №4. – С. 102-114
5. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер) / Под ред. д.т.н. Бурлибаева М.Ж. – Астана: «Типография Комплекс», 2007. – 254 с.
6. Достай Ж.Д., Толганбаева С.А. Оценка гидроэкологического состояния водоемов Алакольской впадины // Биологическое и ландшафтное разнообразие Республики Казахстан. – Алматы, 1997. – С. 118-119.



УДК 628.176:631.587.003.13

Доктор техн. наук

Доктор техн. наук

Доктор техн. наук

Канд. экон. наук

Ж.С. Мустафаев \*

А.Т. Козыкеева \*

А.Д. Рябцев \*

К.Ж. Мустафаев \*

Н.А. Турсынбаев \*

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛУГИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ РЕЧНЫХ  
БАССЕЙНОВ: ЦЕНА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ***ЭКОЛОГИЯ, СИСТЕМА, ПОЧВА, ЦЕНА, ЗЕМЛЯ, ФАКТОР,  
ОЦЕНКА, МОДЕЛЬ, УРАВНЕНИЕ, ДОХОД, АНАЛИЗ, СТОИ-  
МОСТЬ, ПРОДУКТИВНОСТЬ, ПОТЕНЦИЯ**Предлагается к рассмотрению методология определения тари-  
фов на земельные ресурсы, основанная на экономических принципах эко-  
системных услуг, где земля рассматривается как природный ресурс.*

**Введение.** Наряду с трудом и капиталом важнейшим фактором производства является земля, т.е. термин «земля» охватывает все полезности, которые даны природой в определенном объеме и над предложением которых, человек не властен, будь то сама земля, водные ресурсы или полезные ископаемые. Для фермера участок земли служит средством для выращивания определенных сельскохозяйственных культур, для горожанина – территориальной площадкой для размещения жилых и производственных зданий.

Земля как место расположения любого предприятия предстает всеобщим условием производства. Но земельный участок для сельского хозяйства уже является основным ресурсным фактором производства. Почвенные, климатические, геологические, характеристики земельных участков, их географическое местоположение вся совокупность природных разностей в этих условиях приобретает первостепенное экономическое значение.

Различия эффективности производства обуславливают получение предпринимателями разных доходов, что, в свою очередь, накладывает печать на отношения между собственниками ресурсов и их пользователями, определяющим образом воздействует на рыночные цены ресурсов.

В условиях длительной антропогенной деятельности человечества почвенный покров орошаемых земель Центральной Азии, в том числе Казах-

---

\* Таразский ГУ им. М.Х. Дулати, г. Тараз

стана претерпел большие гидрогеохимические изменения. Кроме того, в связи с переходом экономики страны к рыночным отношениям в сфере производства появился земельный рынок, требующий решения сложных методологических задач, связанных с определением ценообразования. Все это обуславливает необходимость пересмотра методологических основ кадастровой оценки земельных ресурсов, в первую очередь орошаемых земель с целью дифференцированной денежной оценки земли, являющихся одной из важнейших средств производства в сфере агропромышленного комплекса.

Целью этой работы является изучение земельных ресурсов как экономической категории и на основе их разработать методологическое обеспечение для оценки цены земли с учетом состояния почвенных покровов сельскохозяйственных земель.

**Цель и методика исследований.** Земля как фактор производства имеет товарный характер, она продается и покупается, и цена на рынке зависит от спроса на нее. Но до появления на рынке средств производства она имеет исходную «стартовую» экономическую оценку в виде земельного кадастра. Земельный кадастр – это свод данных о земле.

В мировой практике к оценке земель существует три методических подхода [3]:

- затратный, основанный на принципе оценки овеществленных общественно необходимых затрат, вложенных в землю с учетом амортизации (износа):  $C = C_o \cdot K_o + C_g \cdot K_n \cdot K_g$ , где  $C$  – цена земельного участка;  $C_o$  – затраты на освоение земель (воспроизводство);  $C_g$  – базисные затраты на развитие инфраструктуры;  $K_g$  – комплексный коэффициент влияния различных факторов на стоимость создания инфраструктуры;  $K_o$ ,  $K_g$  – соответствующие коэффициенты износа;

- доходный (капитализация дохода) – при всем многообразии и сложности всевозможных конструктивных построений, идея этого метода проста – тот, кто покупает землю, надеется и вправе получить с нее доход не меньший, чем если бы положил деньги в банк, т.е. цена земли определяется, исходя из ее доходности:  $C = 100 \cdot RD / BP$ , где  $RD$  – чистый доход (земельная рента);  $BP$  – банковский процент;

- прямой анализ продаж (сравнительных продаж, рыночного подхода, рыночной информации) – формально технология оценки конкретного участка может быть реализована путем интерполяции, или экстраполяции оценочных значений прошлых продаж в пространстве и во времени:

$C = (C_o + d_c \cdot d_s / S_o) \cdot K_w$ , где  $C_o$  – исходное наименьшее значение стоимости;  $d_c$  – приращение стоимости (разность исходных значений);  $S_o$  – расстояние между исходными объектами анализа;  $d_s$  – расстояние от исходного объекта до оцениваемого;  $K_w$  – коэффициент, отражающий тенденцию (тренд) изменения во времени цен на земельные участки в этом районе.

В последние годы в сфере земельного рынка появился комплексный метод кадастровой оценки земель на основе геоэкологического подхода [3], где стоимость земельных участков ( $C_k$ ) определяется путем капитализации рентного дохода – абсолютной ренты ( $R_a$ ) дифференциальной ренты  $I$ , обусловленной географически ( $DR_I$ ) и дифференцированной рентой  $II$ , обусловленной базисными затратами, отражающими степень освоения и обустроенности земель ( $DR_{II}$ ):  $C_k = (R_a + DR_I + DR_{II}) / R_k$ , где  $R_k$  – коэффициент капитализации.

**Результаты исследований.** Земля – уникальное средство производства: она количественно ограничена, ее невозможно искусственно воспроизвести; земельные участки различаются по плодородию, т.е. имеют различную естественную, производительную силу.

Использование земли издавна регулируется различными системами экономических отношений. Как экономический ресурс земля не имеет трудового происхождения и, следовательно, издержек производства и это дар природы. Количество земли фиксировано, поэтому, где бы практически ни использовалась земля, ее предложение абсолютно неэластично. Это означает, что на рынке земли активен лишь спрос. При отсутствии эффекта изменения спроса на землю решающее влияние при использовании оказывает цена, которую устанавливает собственник этого ресурса.

Сегодня еще остается актуальным вопрос о построении единой классификации земель, или единой бонитировки орошаемых земель. При этом необходима одновременная классификация земель, как по природным условиям, так и по показателям качества систем, реализующих определенные виды мелиорации; выделение четырех классов (категорий) мелиорированных земель в соответствии с существующими в России градациями качества продукции: высшая, первая, вторая, третья [6]. При этом Л.М. Рекс [6] в основу классификации предлагает показатель Д.И. Шашко [9]:

$$БКП = K_p (\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C}) / 1000,$$

где  $BKП$  – относительный биолого-климатический потенциал;  $K_p$  – коэффициент биологической продуктивности (расчетный);  $\sum t > 10^\circ C$  – сумма температур выше  $10^\circ C$ ; 1000 – сумма температур выше  $10^\circ C$  близ северной границы земледелия.

Д.И. Шашко [9] принята единая шкала продуктивности в балах для условий оптимальной влажности почвы, исходя, из расчета на 10 т соответствует 5 баллам. Для удобства расчета для оценки продуктивности сельскохозяйственных культур, нами вместо абсолютной их продуктивности предлагается относительная продуктивность –  $\bar{Y} = Y_i / Y_{max}$ , где  $Y_i$  – фактическая урожайность сельскохозяйственных культур;  $Y_{max}$  – максимальная урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1

Шкала оценки продуктивности сельскохозяйственных культур

Индекс	Оценка, балл	$BKП$	$\bar{Y} = Y_i / Y_{max}$
Очень низкая	$\leq 100$	1,2...1,6	0,28
Низкая	101...130	1,6...2,0	0,28...0,37
Пониженная	131...170	2,0...2,5	0,37...0,48
Средняя	171...210	2,5...2,8	0,48...0,60
Выше средней	211...250	2,8...3,2	0,60...0,71
Повышенная	251...300	3,2...3,6	0,71...0,85
Высокая	301...350	3,6...4,0	0,85...1,00
Очень высокая	$\geq 351$	4,0	1,00

Для оценки биологической продуктивности Л.М. Рекс [6] предложил модель бонитета мелиорированных почв ( $БМП$ ):  $БМП = K_{ур.мах} \cdot T_{pp} \cdot K_{вл} \cdot K_{зас}$ , где  $T_{pp} = \sum t > 10^\circ C / 1000$  – термический ресурс региона;  $K_{ур.мах}$  – коэффициент урожайности термического ресурса –  $Y_{мах} / T_{ppмах}$ ;  $K_{зас}$  – коэффициент, характеризующий засоление почвы;  $K_{вл}$  – коэффициент, характеризующий режим увлажнения почвы.

Одним из наиболее подходящих для современной практики критериев для оценки качества и классификации природной системы является гидротермический коэффициент ( $\bar{R}$  – «радиационный индекс сухости») М.И. Будыко [1]:  $\bar{R} = R / LO_c$ , где  $R$  – радиационный баланс;  $O_c$  – сумма атмосферных осадков;  $L$  – скрытая теплота парообразования. Преимуще-

ства показателя  $\bar{R}$  перед другими: во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности географических зон; во-вторых, определяет значительную степень условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий и, в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивность природного процесса, т.е. в тесной связи со значениями  $\bar{R}$  находятся основные свойства зональных почв (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость между гидротермическим режимом и почвенным покровом

Зона увлажнения	$R$	$\sum t > 10^\circ\text{C}$	$O_c$ , мм	$\bar{R} = R / LO_c$	Тип почвы
Лесостепь	118,0	1700	276	0,80	Черноземы
Степь	132,6	2200	375	1,00	Тем.-каштановые
Полупустыня	146,9	2800	250	1,80	Каштановые
Пустыня северная	195,8	3600	189	2,80	Св.-каштановые
Пустыня южная	227,3	4200	250	3,00	Бурые
Предгорная полупустыня	182,2	3400	387	2,00	Сероземы
Предгорная степь	168,0	2800	467	1,50	Каштановые
Степь	151,7	2600	472	1,30	Тем.-каштановые
Горные степи и леса	140,0	2400	480	1,20	Горные типы

Для количественной оценки продуктивности земель можно использовать систему интегральных показателей и критериев [10]:

- биологическая продуктивность растительности:

$$\bar{S}(\bar{R}) = Y_i / Y_{\max} = \exp\left[-(1/2\nu)(\bar{R} - \bar{R}_{opt})^2\right];$$

- биологическая продуктивность почвы:

$$\bar{P}(\bar{R}) = B_o / P \cdot \nu = \alpha \cdot \bar{R} \cdot \exp(-\alpha_i \cdot \bar{R}),$$

где  $P$  – потенциально возможная продуктивность растительности;  $B_o$  – биологическая продуктивность почв, соответствующая определенным гидротермическим условиям;  $\nu$  – эффективный коэффициент саморегулирования;  $\bar{R}_{opt}$  – оптимальное значение «индекса сухости», который соответствует черноземному почвообразовательному процессу;  $\alpha$  и  $\alpha_i$  – коэффициенты, характеризующие биологическую продуктивность почв (табл. 3).

На основе биологической продуктивности растительности и почвы можно оценить продуктивность земли:  $\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \bar{P}(\bar{R})$ .

На основе оценки биологической продуктивности земель, цену земли в расчете на 1 га можно определить по формуле:

$$C_3 = \overline{ПОЗ}(\overline{R}) \cdot C_3 \cdot K \text{ или } C_3 = \frac{\overline{ПОЗ}(\overline{R})_i}{\overline{ПОЗ}(\overline{R})_3} C_3 \cdot K,$$

где  $C_3$  – цена эталонных почв в расчете на 1 га;  $K$  – коэффициент, учитывающий индексацию цен в период перехода агропромышленного комплекса к рыночным отношениям;  $\overline{ПОЗ}(\overline{R})_3$  – биологическая продуктивность эталонных земель (черноземных почв);  $\overline{ПОЗ}(\overline{R})_i$  – биологическая продуктивность  $i$ -й разновидности земель (почв).

Таблица 3

Параметры  $\alpha$  и  $\alpha_i$  для различных природных зон Казахстана в зависимости от  $\overline{R}$

Природная зона	Параметр						
	$\overline{R}$	$\alpha$	$\alpha_i$ при $\overline{R}$				
			0,8	1,0	1,5	3,0	4,0
Лесостепь	0,80	1,46	0,20	0,48	0,84	1,00	1,00
Степь	1,00	1,44	0,18	0,48	0,96	1,00	1,00
Полупустыня	1,80	1,42	0,16	0,48	0,90	1,00	1,00
Пустыня северная	2,80	1,35	0,10	0,48	0,96	1,00	1,00
Пустыня южная	3,00	1,29	0,01	0,48	1,02	1,00	1,00
Предгорная полупустыня	2,00	1,38	0,12	0,48	1,10	1,00	1,20
Предгорная степь	1,50	1,40	0,14	0,48	0,98	1,00	1,00
Степь	1,30	1,42	0,15	0,48	0,98	1,00	1,00
Горные степи и леса	1,20	1,45	0,18	0,48	0,86	1,00	1,00

При оценке цены земель, степень засоленности почв учитывается с помощью мелиоративного или эколого-мелиоративного потенциала ландшафта [4]:

$\overline{M} = \overline{A}_n / \overline{C}^*$ , где  $\overline{M}$  – эколого-мелиоративный потенциал или мелиоративный показатель ландшафта;  $\overline{A}_n$  – работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод в почвенном слое;  $\overline{C}^*$  – средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» [4]:

$$\overline{A}_n = (1-t) \frac{R}{L} (1-\overline{\Delta}) / O_c, \quad \overline{C}^* = \left[ C_o + (1-t) \frac{R}{L} (1-\overline{\Delta}) \cdot C_2 / O_c \right] / C_{дон},$$

где  $C_o$  – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое;

$C_{дон}$  – допустимая концентрация солей в почвенном растворе, которая соот-

ветствует параметру незасоленных почв;  $C_2$  – концентрация солей в грунтовых водах;  $(1-t)$  – время действия инфильтрации ( $t = T/365$ ),  $T$  – продолжительность вегетационного периода;  $\Delta$  – глубина уровня грунтовых вод.

Влияние уровня залегания грунтовых вод и их минерализации, а также минерализация речных вод, используемых для орошения оцениваются через интегральный показатель ( $\bar{O}_p$ ), характеризующий геологический круговорот воды и химических веществ [7]:

$$\bar{O}_p = \frac{1}{1-\bar{C}_n} \left( \frac{\bar{C}_2 - 1}{\bar{\Delta}} + 1 \right),$$

где  $\bar{C}_2 = C_2/C_{дон}$ ;  $\bar{C}_n = C_n/C_{дон}$ ;  $\bar{\Delta} = \Delta/\lambda \cdot m$ ;  $C_n$  – минерализация речных вод;  $\lambda$  – параметр гидродисперсии;  $m$  – пористость почвы.

Экологическое состояние территории, при оценке земли, должно учитываться с помощью параметра ухудшения экологической ситуации региона  $\bar{\mathcal{E}}_k$  [7, 8]:

$$\bar{\mathcal{E}}_k = 1 - \exp\left[-\left(\alpha_o \cdot \bar{g} + \rho \cdot \bar{\Delta}\right)\right],$$

где  $\alpha_o$  – коэффициент, характеризующий вид загрязнения (ядохимикаты, нитраты и пестициды);  $\bar{g}$  – изменение водообмена между почвенными и грунтовыми водами;  $\rho$  – параметр, определяющий комплекс природных условий (мощность отложений и фильтрационные свойства);  $\bar{\Delta} = \Delta/5$  – уровень грунтовых вод.

Уровень техногенных нарушений природных систем при оценке земли можно учитывать через обобщенный показатель  $K_m$ , который определяется по формуле [2]:

$$K_m = \sqrt{\prod_{i=1}^n K_i^i},$$

где  $K_i^i = \exp(-K_i)$  – относительные значения уровня техногенных нарушений природного объекта;  $K_m$  – показатель, характеризующий уровень техногенных нарушений природного объекта.

В результате выше изложенного, можно записать выражение для определения цены земли в следующем виде:

$$Ц_3 = \overline{ПОЗ(\bar{R})} \cdot Ц_3 \cdot K \frac{K_m \cdot \bar{\Xi}_k \cdot \bar{M}}{\bar{O}_p}$$

или

$$Ц_3 = \frac{\overline{ПОЗ(\bar{R})}_i \cdot K_m \cdot \bar{\Xi}_k \cdot \bar{M}}{\overline{ПОЗ(\bar{R})}_3 \cdot \bar{O}_p} Ц_3 \cdot K.$$

При значениях  $K_m \rightarrow 0$ ,  $(1 - \bar{\Xi}_k) \rightarrow 0$ ,  $\bar{M} \rightarrow 0$  и  $\bar{O}_p \rightarrow < 1,0$  получаем, что  $Ц_3 \rightarrow 0$ , т.е., земля полностью теряет качественный потенциал.

Такие земли необходимо передать товаропроизводителям агропромышленного комплекса бесплатно.

Важнейшим элементом исследований является определение удельного веса каждого факторного признака и в целом структурных групп факторов на значение совокупного комплексного показателя (табл. 4).

Таблица 4

Весовые коэффициенты показателей и факторов комплексной оценки цены земли (КОЦЗ)

Фактор ( $K_\phi$ )	Показатель ( $K_n$ )	Коэффициент	Коэффициент веса	
			$K_\phi$	$K_n$
Географическая	$R$	$\bar{R}$	0,60	0,85
	$O_c$			0,15
Биологическая	$\Pi$	$\bar{S}(\bar{R})$	0,10	0,45
	$Y_i$	$\bar{\Pi}(\bar{R})$		0,55
Гидрогеохимическая	$\Delta$	$\bar{\Delta}$	0,40	0,50
	$C_2$	$\bar{C}_2$		0,70
	$C_n$	$\bar{C}_n$		0,30
	$g$	$\bar{g}$		0,50
		$\bar{M}$		0,75
		$\bar{O}_p$		0,75
Экологическая	$\bar{\Xi}_k$	$(1 - \bar{\Xi}_k)$	0,40	0,65
Техническая	$K_i$	$K_i^i$	0,60	0,65

Аналитически ставки налога (продажи) можно определить на основе принципа дифференциации по результатам стоимостной оценки земли, предложенной В.А. Максимовым [3]:

$$C_i = C_{\min} + \frac{(C_{\max} - C_{\min})}{(Ц_{\max} - Ц_{\min})} (Ц_i - Ц_{\min}),$$

где  $C_i$  – ставки налогов (продажи) в  $i$ -ом районе;  $C_{\min}$ ,  $C_{\max}$  – нормативно регламентированные минимальные и максимальные ставки налогов в данном районе;  $Ц_{\min}$ ,  $Ц_{\max}$  – минимальные и максимальные расчетные значения стоимости земель;  $(Ц_i - Ц_{\min})$  – приращение значения стоимости в данном районе по отношению к максимальному.

За счет налогов на землю необходимо создать государственный «Земельный фонд», который должен обеспечить безвозмездное кредитование товаропроизводителей агропромышленного комплекса, для восстановления техногенных нарушенных земель, для воспроизводства плодородия почв, при жестком контроле экологических служб.

**Рекомендаций и выводы.** Таким образом, предлагаемый подход по КОЦЗ позволяет не только оценить стоимость земли, но и классифицировать почвы на основе их биологической продуктивности и определить прирост КОЦЗ в зависимости от набора мероприятий и их действенности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометиздат, 1956. – 255 с.
2. Джени К. Средние величины. – М.: Статистика, 1990. – 341 с.
3. Максимов В.А. Научные основы геоэкологической оценки земель населенных пунктов // Автореферат дисс. д.т.н. - Алматы: 2002.- 50 с.
4. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз: 2004. – 307 с.
5. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 60 с.
6. Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: 1995. – 192 с.
7. Хачатурьян В.Х. Обоснование сельскохозяйственной мелиорации с экологической позиции // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. – №5. – С. 43-48.
8. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – №12. – С. 5-12; 1991. – №1. – С. 2-9.
9. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – М.: Колос, 1967. – 248 с.

10. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A.T., Mustafayev K. Zh. Methodological Basis of Assessment The Maximum Permissible Use of Natural Resources in Transboundary River Basins // World Applied Sciences Journal. – 2013. – 26(9): 1160-1167.

Поступила 8.12.2014

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкеева
Техн. ғылымд. докторы	А.Д. Рябцев
Экон. ғылымд. канд.	Қ.Ж. Мұстафаев
	Н.А. Турсынбаев

**ӨЗЕН АЛАБЫН ҮЙЛЕСТІРУ КЕЗІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ  
ҚЫЗМЕТ: ЖЕР ҚОРЫНЫҢ БАҒАСЫ**

*Экологиялық қызметің экономикалық негізінде, жер қорын табиғи қор ретінде қарастыра отырып, жер қорының бағасын анықтаудың қарастырылған әдістемелік нұсқасы ұсынылған.*

УДК 551.501.1

Канд. геогр. наук Алексей В. Чередниченко \*

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КВОТ  
– БЕНЧМАРКИНГА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ***БЕНЧМАРКИНГ, ЭМИССИИ ПГ, ПОТЕНЦИАЛ СОКРАЩЕНИЯ,  
ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ*

*Проанализировано состояние ведущих отраслей промышленности Казахстана на предмет их готовности к переходу в распределении квот по системе бенчмаркингов. Показано, что, несмотря на некоторое отставание в техническом оснащении, ряд предприятий готов перейти на бенчмаркинги европейского уровня.*

**Бенчмаркинг** (англ. *Benchmarking*) — это процесс определения, понимания и адаптации имеющихся примеров эффективного функционирования компании с целью улучшения собственной работы. Он в равной степени включает в себя два процесса: *оценивание* и *сопоставление*. Обычно за образец принимают «лучшую» продукцию или процесс, используемые прямыми конкурентами и фирмами, работающими в других подобных областях, для выявления фирмой возможных способов совершенствования её собственных продуктов и методов работы.

Предполагается, что переход на бенчмаркинг позволит не только создать более благоприятные условия для ведения бизнеса и развития экономики, но и позволит упростить систему расчета и начисления квот [4...7].

Применение нового подхода в промышленности было поддержано большинством предприятий страны, однако также требуется обоснование и стимулирующие экономические оценки для развития системы. Кроме того, промышленность, в отличие от энергетики или производства цемента включает достаточно большое количество технологических циклов, для каждого из которых необходимо разработать свой удельный коэффициент. Потому основной упор был сделан на получение исходной информации о производственных процессах и количестве потребляемого топлива или выбросов CO<sub>2</sub> от производственных процессов. Рассмотрим несколько видов промышленного производства, остановившись более подробно на

---

\* Казахстанская программа ЮСАИД по сдерживанию изменения климата КССМР, г. Астана

производстве цемента, т.к. в этой отрасли исходная информация была представлена на 95 % и соответственно имела небольшую неопределенность и вся дискуссия свелась только к предлагаемому коэффициенту.

Для первоначального анализа был сделан обзор всех секторов промышленности и показаны возможные сценарии и коэффициенты, которые можно было бы применить на начальном этапе. Общий подход для разработки коэффициентов заключался в следующем:

- сбор исходных данных промышленных предприятий Республики Казахстан (РК);
- анализ текущих параметров отчетности по парниковым газам (расход топлива, коэффициенты эмиссии парниковых газов, низшая теплота сгорания, коэффициент окисления);
- анализ показателей производства продукции;
- определение удельных выбросов парниковых газов на единицу продукции.

В результате были получены следующие параметры, определяющие возможные подходы в промышленности.

На долю промышленных предприятий РК, согласно национальному плану распределения квот (НПР) пришлось около 24 % (рис. 1) [2].

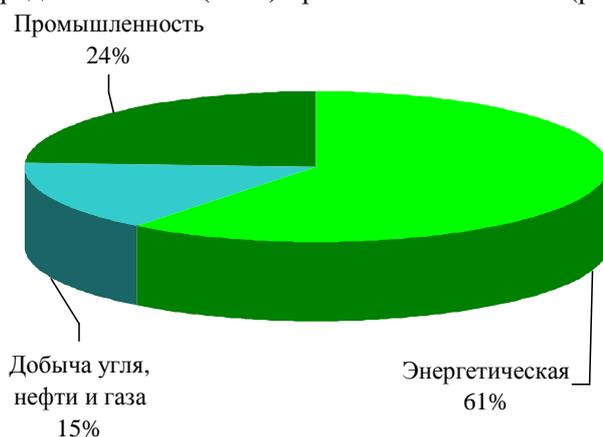


Рис. 1. Распределение квот по отраслям экономики на 2014 год согласно НПР 2.

В состав основных эмиттеров, входит более 50 крупных и средних предприятий Казахстана, осуществляющих свою деятельность в различных секторах промышленности. Все они были разделены на подкатегории и по ним выводились возможные удельные коэффициенты, которые потом сравнивались, как с показателями Европейского Союза (ЕС), так и с внут-

178

рисекторальными, возможными коэффициентами. Надо отметить, что в принципе картина возможных финансовых потерь была оценена, исходя из подхода 50 на 50, т.е. было предложено, что 50 % мощностей будут находиться в выигрышном положении и квоты могли бы получать бесплатно, а 50 % получают квоты с дефицитной составляющей. Соответственно, и рассчитывался коэффициент бенчмаркинга (БМ), с той только оговоркой, что некоторые виды промышленного производства в РК представлены единственным в отрасли предприятием. Для таких предприятий предлагался подход от исторического удельного коэффициента к коэффициенту стран-членов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Данный подход имел право на существование и применение, т.к. главой государства были обозначены краткосрочные и долгосрочные цели в виде достижения удельных показателей энергоемкости и углеродоемкости к 2030 г. до уровня стран-членов ОЭСР 2012...2015 гг. [1].

В табл. представлены коэффициенты БМ, которые возможно рекомендовать к применению в секторах промышленности РК при различных подходах.

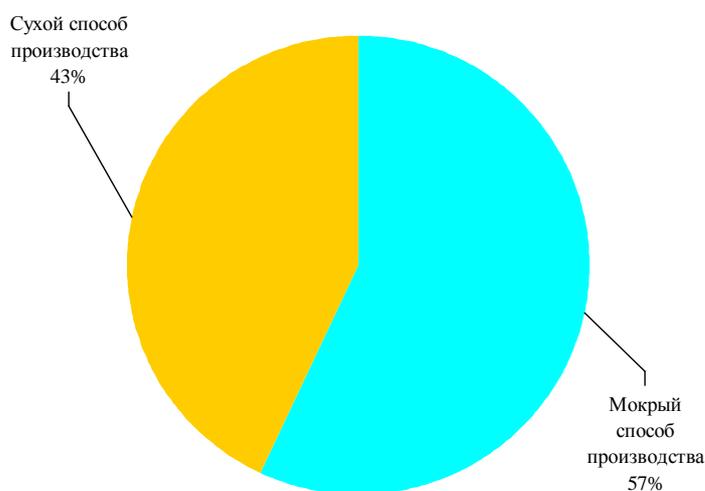
Таблица

Возможные коэффициенты БМ, рекомендуемые к применению в секторах промышленности

Производство	Минимальный	Средний	Максимальный	Казахстан 50 % – 50 % (на основе выбросов CO <sub>2</sub> )	Казахстан 80 % лучших	Казахстан 10 % лучших	Показатель ЕС
Алюминий	1,50	1,75	2,01	нет	нет		1,514
Ферросплавы	1,51	2,03	2,54	1,92	1,95	1,60	1,360
Агломерат	0,28	0,36	0,44	0,36	0,40	0,30	0,283
Чугун	1,29	1,44	1,59				1,280
Сталь	0,15	0,22	0,27		0,27	0,15	0,270
Прокат	0,33	0,47	0,61				0,325
Глинозем	1,50	1,94	2,38				
Известь	0,86	1,19	1,52				0,954
Цемент	0,83	1,09	1,36	0,96	1,17	0,83	0,766
Аммиак							1,619
Фосфор	3,40	3,75	4,09				
Карбида кальция	1,70	2,10	2,60			1,86	1,850
Медь анодная	0,27	0,42	0,57	0,40	0,42	0,40	
Рафинированный свинец	3,76	3,98	4,20				
Цинковый купорос	1,77	2,02	2,28				

Как видно из данных табл., анализ базировался на максимальных и минимальных удельных коэффициентах в различных отраслях, или на средних многолетних по отрасли и потом сравнивался с европейскими показателями или, исходя из 50 % и 80 % подхода распределения бесплатных квот.

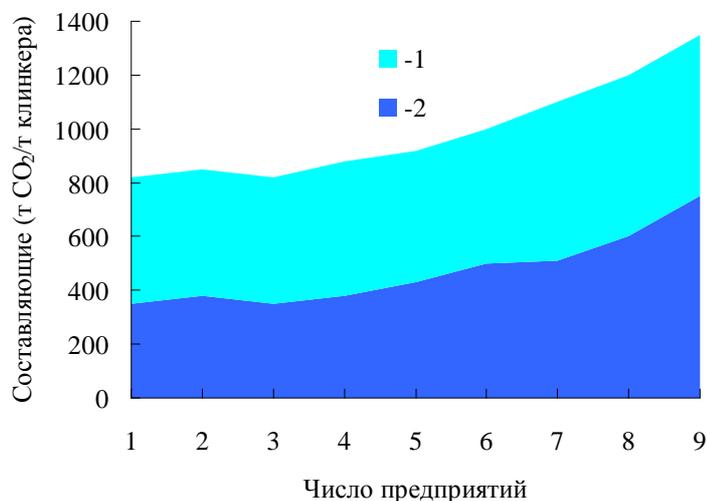
Рассмотрим более подробно возможное распределение квот по принципу бенчмаркинга в цементной промышленности РК. Для выполнения этой задачи автором был проведен сбор и анализ данных по 9 цементным заводам РК, которые включены в Национальный план. Данными предприятиями были представлены данные по количеству потребляемого топлива, его тип (уголь, газ, мазут или иное), данные по используемой технологии и данные по химическому составу используемого сырья, при производстве клинкера и выбросы  $\text{CO}_2$  от химической реакции. Общая ситуация по предприятиям цементной промышленности представлена на рис. 2.



*Рис. 2. Распределение выбросов парниковых газов в цементной отрасли РК в зависимости от используемой технологии.*

Как видно, основным способом производства цемента в Казахстане является мокрый способ, несмотря на то, что он более энергозатратный и на его долю приходится до 57 % всех выбросов парниковых газов (ПГ) в данной отрасли. Базируясь на данных предприятий, были рассчитаны удельные показатели выбросов  $\text{CO}_2$  на единицу продукции (клинкера, цемента) по отдельным технологическим процессам (сухой и мокрый способ) (рис. 3). Кроме этого, определены составные части удельного коэффициента (выбросы ПГ на единицу продукции при сжигании топлива и производства клинкера) [5].

В результате анализа полученных данных и выполненных расчетов установлено, что при сухом способе производства цемента удельный показатель выбросов  $\text{CO}_2$  на единицу продукции меньше, чем при мокром и варьирует в пределах 0,830...1,001 т  $\text{CO}_2$ /т клинкера. При мокром способе производства удельный показатель составляет 1,09...1,4 т  $\text{CO}_2$ /т клинкера. Для сравнения единый БМ для ЕС составляет – 0,766 т  $\text{CO}_2$ /т клинкера [3].



*Рис. 3. Распределение выбросов ПГ по предприятиям цементной промышленности с учетом используемого топлива и промышленных выбросов. 1 – производственная составляющая, 2 – энергетическая составляющая.*

При дифференциации удельного коэффициента выбросов  $\text{CO}_2$  на энергетическую и производственную составляющую установлено, что при сухом методе производства энергетическая составляющая меньше, чем при мокром и составляет 0,31...0,48 т  $\text{CO}_2$ /т клинкера и 0,57...0,86 т  $\text{CO}_2$ /т клинкера соответственно.

Здесь интересно отметить тот факт, что если посмотреть на полученные результаты, то можно увидеть, что среди предприятий, использующих мокрый способ, есть такие, которые имеют такие же удельные показатели, как и более эффективные, работающие по сухому способу. Здесь, конечно, важную роль играет используемое топливо. Если перейти с угля на газ, то произойдет значительное снижение выбросов в энергетической составляющей, даже для мокрого способа производства.

Выбросы ПГ непосредственно от химического процесса для сухого и мокрого способов находятся примерно в одинаковом диапазоне

0,520...0,536 т CO<sub>2</sub>/т клинкера. Таким образом, есть несколько способов достичь существенного снижения выбросов и уложиться в рекомендованный коэффициент – это процесс перехода с одной технологии на другую или переход с твердого топлива на газ или биотопливо, и здесь каждое предприятие должно руководствоваться своими экономическими целями и возможностями.

При использовании рекомендованного удельного коэффициента равного 1,057 т CO<sub>2</sub>/т клинкера, общий баланс дефицита и излишка квот составит 839 тыс. т CO<sub>2</sub>. (±446,5 тыс. т CO<sub>2</sub>). С учетом снижения в 2015 г. по отношению к выделяемой в 2013 г. квоты для данного сектора экономики на 4,5 % рекомендованный коэффициент может составить 1,006 т CO<sub>2</sub>/т клинкера, создав пропорцию дефицита и профицита в пределах ±426 тыс. т CO<sub>2</sub>.

Если исходить из подхода 50 на 50 %, то дефицит квот составит 1718513,464 т CO<sub>2</sub>, что при цене в 300 тенге за тонну составит 515554039,3 тенге общих затрат. Если пересчитать это на увеличение стоимости клинкера, то она увеличится на 176 тенге за одну тонну, что при сегодняшней цене одной тонны в пределах 20000 тенге изменит ее всего на 1 %, что сильно не отразится на бюджете конечного потребителя. При формировании цены на рынке должен быть применен взвешенный и разумный подход, так как те, кто будут с излишками квот, могут снизить конечную цену тонны цемента (увеличить производство за счет спроса) и возместить ее продажей своих излишков квот.

Исходя из предложенных подходов, часть предприятий, использующих мокрый способ, заявили, что они готовы перейти на более эффективную, менее энергозатратную технологию, а именно, на сухой способ производства цемента уже в 2015...2016 гг. Немаловажную роль в этом переходе могли бы сыграть углеродные квоты, как дополнительный источник стимула или финансовой помощи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана, 14. 12. 2012
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2013 года № 1536
3. Руководство для проведения национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК 1996 года. Том 4. Промышленные процессы. 82 с.

4. Чердниченко Алексей В. О некоторых экономических и законодательных основах успешного развития зеленой экономики // Поиск. – 2013. – №4 (1). – С. 137-144.
5. Чердниченко Алексей В. О перспективах успешного внедрения эффективных технологий в теплоэнергетику и снижение выбросов ПГ // Поиск. – 2013. – №4 (1). – С. 122-137.
6. Чердниченко Алексей В. Результаты моделирования развития энергетики и ожидаемая динамика выбросов парниковых газов в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 1 (72). – С. 116-132.
7. Чердниченко Алексей В. Трубопроводный транспорт Казахстана: перспективы развития и снижения выбросов парниковых газов // Вестник КазНУ, Серия экологическая. – 2013. – № 2/2 (38). С. 64-77.

Поступила 14.01.2015

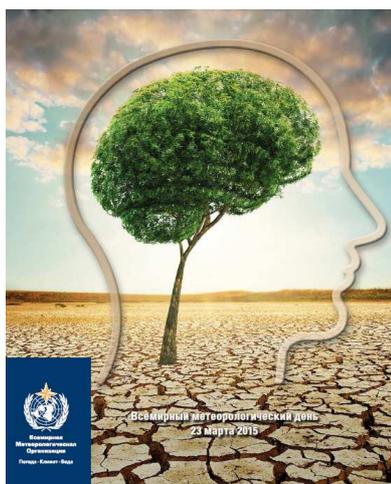
Геогр. ғылымд. канд. Алексей В. Чердниченко

#### **ТАРАЛУ ҮЛЕСІНІҢ ДАМУ БАҒЫТЫНДАҒЫ ӘДІСТЕМЕСІН ЕНГІЗУ БОЛАШАҒЫ - ӨНЕРКӘСІПТЕГІ БЕНЧМАРКИНГ**

*Қазақстан өнеркәсібінің жетекші салаларының жағдайы таралу үлесіне дайындығы бойынша бенчмаркинг жүйесіне өтуі талданған. Кейбір техникалық жабдықталуының ескіргеніне қарамастан бірқатар кәсіпорындар еуропалық деңгейдегі бенчмаркингке өтуге дайын.*

## ЗНАНИЯ О КЛИМАТЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ ПО КЛИМАТУ

В 1960 г. Исполнительный Совет ВМО учредил Всемирный день метеорологии в ознаменование вступления в силу Конвенции ВМО 23 марта 1950 г. Каждый год определяется тема, на которой ВМО и страны-члены Организации хотели бы заострить внимание каждого человека. И все чаще в тематике звучит проблема изменений климата. В 2015 г. тема Всемирного метеорологического дня звучит как «Знания о климате как основа для действий по климату».



Прогнозы погоды стали частью повседневной жизни человека с середины 20 века. Прежде чем отправиться на работу или в школу, люди проверяют прогноз погоды, чтобы узнать, как им одеваться или как избежать опасности. Прогнозы погоды помогают фермерам, работникам аварийно-спасательных служб и другим лицам, принимающим решения в метеочувствительных секторах, в расстановке рабочих приоритетов на день или на неделю.

Прогнозы становятся все более надежными (сегодня прогнозы погоды на пять дней имеют такую же достоверность, что и прогнозы погоды на два дня 25 лет назад) благодаря научным достижениям в области метеорологии и климатологии и развитию компьютерных технологий.

Исследователи используют усовершенствованные наблюдения и расширенные компьютерные возможности для изучения и предсказания природных циклов и более широких закономерностей в климатической системе. В результате они могут подготавливать все более полезные сезонные предсказания климата. Например, они могут оценить вероятность того, что следующий сезон будет более жарким или более влажным, чем обычно. В течение ближайших лет будет повышаться надежность и полезность предсказаний погоды и климата на предстоящий месяц.

В дополнение к расширению знаний о естественной изменчивости климата ученые добились значительного прогресса в понимании того, как

выбросы парниковых газов в результате деятельности человека влияют на изменение климата. Опираясь на научные данные о климате и сценарии концентраций парниковых газов, ученые могут спроектировать, как будет изменяться климат, а также оценить уязвимость и возможные последствия в конкретных регионах. Такие знания имеют неопределимое значение для долгосрочного планирования.

По мере развития научного прогресса каждый год накапливаются значительные знания о том, как помочь лицам, принимающим решения, в понимании и применении климатической информации. Это позволяет компаниям предоставляющим данные о погоде и климате разрабатывать и предлагать специализированную информацию для широкого круга пользователей. Они налаживают партнерские отношения с лицами, принимающими решения, и с сообществами в целях разработки и предоставления сводок, а также графической и другой информационной продукции, которую пользователи могли бы понимать и применять в качестве основы для действий. Различные пользователи имеют различные потребности в конкретных видах информации о климате, а также различные требования в отношении языка, периодичности и формата для предоставления такой информации.

Например, фермеры используют информацию и предсказания в отношении температурных трендов и начала дождей для принятия заблаговременных решений о том, какие культуры сажать или когда осуществлять поливные работы или сбор урожая. Для лиц, принимающих решения в сельскохозяйственном секторе, прогнозы муссонов в сочетании с информацией о прошлых решениях, касающихся выращивания сельскохозяйственных культур, и о рыночных трендах могут быть полезными для принятия решений в области продовольственной безопасности. Между тем руководители в водохозяйственном секторе анализируют информацию о климате для оценки имеющихся запасов воды и потребностей в новой инфраструктуре.

Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО) создает обширную базу знаний о климате для действий по климату на уровне стран и сообществ. Возглавляемая Всемирной Метеорологической Организацией, ГРОКО представляет собой международное партнерство, направленное на укрепление предоставления надежного, научно обоснованного климатического обслуживания в поддержку устойчивого развития и обеспечения устойчивости к изменению климата.

Вызовы, связанные с экстремальными погодными явлениями и изменением климата, выходят за рамки национальных границ. ГРОКО спо-

способствует международному сотрудничеству, объединению ресурсов и обмену передовым опытом в целях наращивания потенциала, особенно в 70-ти развивающихся странах, испытывающих нехватку ресурсов и опыта, необходимых для обеспечения возможности извлечения пользы от климатического обслуживания гражданами этих стран.

ГРОКО предоставляет платформу для диалога между национальными метеорологическими службами и другими поставщиками знаний, с одной стороны, и политиками и другими пользователями знаний о погоде и климате – с другой. Это обеспечивает актуальность и доступность климатического обслуживания, особенно для пользователей в приоритетных чувствительных к климату секторах, таких как сельское хозяйство, управление водохозяйственной деятельностью, общественное здравоохранение, энергетика и уменьшение опасности бедствий.

Традиционные метеорологические сводки содержат ценную тактическую информацию, но знания о климате могут использоваться для разработки стратегий и долгосрочных планов обеспечения устойчивости к изменению климата, уменьшения опасности бедствий и осуществления управления сельскохозяйственными, транспортными, энергетическими, водными и другими жизненно важными системами, от которых мы все зависим. Революция в знаниях о климате только начинается. Через пять – десять лет использование климатических прогнозов для людей будет таким же привычным делом, что и использование прогнозов погоды.

Представьте себе, что наступил 2025 г.. Вы занимаетесь городским планированием и несете ответственность за обеспечение того, чтобы ваш город был устойчивым в условиях изменения климатических условий. Вам необходимо разработать планы строительных норм, управления водными ресурсами, канализации, уличного движения и готовности к чрезвычайным ситуациям на десятилетия вперед. К счастью, теперь Вы имеете доступ к качественным надежным научным прогнозам и информации о том, как сезонные и даже многолетние изменения в климате могут повлиять на средние и экстремальные значения температур, осадков и ветра с должным учетом местных особенностей вашего региона. Вы можете совместить эту климатическую информацию с картами и данными по демографии, экономике, изменениям в землепользовании, топографии, медицинской инфраструктуре, гидрологии и другими данными, чтобы обосновать конкретные действия, которые Вам необходимо предпринять.

Вы можете также изучить сценарии изменения климата в целях оценки потенциальных рисков и уязвимости в последующие десятилетия. Благодаря интеграции долгосрочных климатических прогнозов непосредственно в оценки воздействия, Вы можете оценить риск того, что будущие штормы могут вызвать перебои в подаче электроэнергии, или Вы сможете оценить, как долгосрочный тренд увеличения числа засух или паводков будет влиять на энергоресурсы и требования к инфраструктуре. Вы также можете использовать эти знания для принятия мер по сокращению выбросов парниковых газов, например, путем рационализации энергопотребления за счет выбора оптимальных сроков использования возобновляемых источников энергии и более точного распределения ресурсов для нужд сельского хозяйства, строительства и транспорта.

Обладая знаниями о погоде и климате, лица, принимающие решения, будут иметь бóльшую уверенность в своей способности принимать эффективные меры, связанные с климатом. Они будут продолжать деятельность по уменьшению опасности бедствий, обусловленных изменчивостью климата, посредством проведения комплексных оценок уязвимости, потенциальных воздействий и систем заблаговременных предупреждений. Они будут прогнозировать колебания климата, влияющие на продовольственную безопасность, общественное здравоохранение, водные ресурсы и другие, чувствительные к климату сектора, а также более эффективно реагировать на такие колебания. Они также будут использовать сценарии изменения климата на основе применения более надежных моделей с высоким разрешением для обеспечения устойчивости к изменению климата, решения проблем, связанных с конкретными аспектами уязвимости женщин и детей, а также для принятия решений, касающихся землепользования, управления береговой зоной, дорог и другой инфраструктуры. Преимущества, основанные на информации реагирования на изменчивость и изменение климата велики – спасение жизней, защита источников средств к существованию, сохранность имущества, сведение негативных последствий к минимуму и максимальное использование возможностей.

В Казахстане первые метеорологические наблюдения начали проводиться с середины 19 века на метеорологических станциях, расположенных в Казалинске (1848 г.), Семипалатинске (1854 г.), Иргизе и Кзыл-Орде (1856 г.), Алма-Ате и Уральске (1859 г.). К началу 20 века работали уже 28 метеостанций. Однако наблюдения велись только за температурой воздуха, осадками и ветром. Инструментальные наблюдения за погодой на регулярной основе в Казахстане стали проводить с 1922 года, когда было

создано Казахстанское метеорологическое бюро (Казметбюро) в г. Оренбург, которое позднее переехало в г. Кызыл-Орда, а затем в г. Алма-Ата. Этот год считается годом начала функционирования национальной гидрометеорологической службы Казахстана.

В настоящее время накоплен огромный объем метеорологических и гидрологических данных наблюдений, что позволяет оценивать изменчивость и изменение климата Казахстана за более, чем столетний период. РГП «Казгидромет» постоянно публикует результаты исследований современного климата и проекции климата на будущее. Сегодня мы обладаем бóльшим объемом знаний о погоде и климате, чем когда-либо прежде. Неосведомленность более не является оправданием для непринятия мер по минимизации климатических рисков. Эффективные действия по климату могут обеспечить благополучие человека на сегодняшний день, а также на оставшуюся часть 21 века.

Подготовлено по материалам ВМО  
канд. геогр. наук С.А. Долгих

**ОТЛИЧНИК ГИДРОМЕТСЛУЖБЫ КАЗАХСТАНА  
«ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ САЛАСЫНЫҢ ҮЗДІГІ»**

Уважаемые читатели! Мы открываем новую рубрику, в которой будем рассказывать об отличниках Гидрометслужбы Казахстана. В 2014 г. двадцать лучших сотрудников нашей службы впервые были награждены почетным знаком «Гидрометеорология саласының үздігі», среди которых были **ЖЕЗДИБАЕВА БАКЫТ ТОЛЕУБЕКОВНА, ВАСЕНИНА ЕЛЕНА ИВАНОВНА И КРИВОРУЧКО ТАТЬЯНА ИВАНОВНА**



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

убликанский гидрометеорологический фонд.

Далее работала инженером в отделе агрометеорологии. В 1998...2003 гг. проходила военную службу в должности инженера-синоптика военной части 65229. Начиная с 2009 года работает в РГП Казгидромет ведущим инженером в управлении метеорологии, а затем начальником управления климатологии Департамента метеорологии. Она активно участвовала в разработке методических писем для сетевых подразделений по методам наблюдений и их обработке, анализу результатов, также в разработке методик и выпуске разделов климатического справочника «Снежный покров», «Влажность воздуха», «Облачность».



***Васенина Елена Ивановна***

начала трудовую деятельность в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте после окончания в 1985 году КазНУ им. С.М. Кирова. Ею пройден славный путь от инженера до старшего научного сотрудника. В настоящее время занимает должность ведущего инженера управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря. Елена Ивановна отвечает за выполнение оперативной работы управления.

Ею выполняется моделирование ветровых характеристик и уровенной поверхности Каспийского моря, совместно с другими специалистами она выпускает прогнозы уровня моря и еженедельный бюллетень по Каспийскому морю, прогнозы волнения и обзоры ледовой обстановки на Каспийском море. Участвует в подготовке режимных обзоров и информационных справок, материалов гидрометеорологических наблюдений для их дальнейшей публикации в Государственном Водном Кадастре.

Она принимала активно участие в выполнении научно-исследовательских работ в области гидрометеорологического режима Каспийского моря, в подготовке разделов нормативных документов по гидрометеорологическим работам на морях и озёрах, разделов заключительных отчётов НИР по разработке методов прогноза сгонно-нагонных явлений Каспийского моря и оценке его ледового режима.

Елена Ивановна постоянно повышает свою квалификацию, изучая новые методы морского прогнозирования. Она является соавтором статей и докладов, представленных на Международных конференциях: «Проблемы гидрометеорологии и экологии»; «Водные проблемы в начале тысячелетия: гидрологические, метеорологические, географические и экологические аспекты», «Использование современных методов анализа для решения геофизических задач».



***Криворучко Татьяна Ивановна*** начала трудовую деятельность в гидрометеорологической службе Казахстана в 1978 г. С должности техника-гидролога в отделе гидрологических прогнозов. В 1986 г. закончила Ташкентский гидрометеорологический техникум, а в 1986...1992 гг. продолжила обучение в Казахском государственном национальном университете им. аль-Фараби. За время работы в системе Казгидромета, благодаря целеустремленности, неравнодушному отношению к порученной работе и ответственности, ею прой-

ден трудовой путь от техника до ведущего инженера управления гидрологических прогнозов. В настоящее время Татьяна Ивановна отвечает за выполнение оперативной работы управления и является одним из лучших прогнозистов нашей республики. Она составляет все виды прогнозов по водным объектам Алматинской и Восточно-казахстанской областей, участвует в выпуске прогнозов специализированных попусков из Шульбинского водохранилища с целью затопления поймы р. Иртыш, составляет каталог по стихийным гидрологическим явлениям. Несмотря на свои профессиональные достижения, Татьяна Ивановна не останавливается на достигнутом и постоянно повышает свою квалификацию, изучая новые методы гидрологического прогнозирования.

**2-ОЙ СЪЕЗД ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА КАЗАХСТАНА**

28-29 ноября 2014 г. в Астане в Назарбаев Университете проходила работа 2-го Казахстанского Национального Географического общества (КНГО). Были заслушаны отчеты по результатам работы тематических советов КНГО за 2014 г. С приветственным словом выступил председатель управления совета РОО «Казахстанского национального географического общества» Байгарин К.А.

С обстоятельным докладом выступил директор Института географии МОН РК Медеу А.Р. по тематике «География, климат». В Институте географии МОН РК проводится большая научно-исследовательская работа по многим темам, направленным на рациональное использование земельных и водных ресурсов Казахстана и другим важным проблемам экономики, в частности по борьбе с опустыниванием семиаридных и аридных территорий.

По тематическому совету «Окружающая среда, природные ресурсы» выступил декан факультета географии и природопользования КазНУ им. аль-Фараби Сальников В.Г. Он рассказал о проводимых в университете работах по устойчивому развитию, «зеленой» экономике и «зеленому» офису и полученных предварительных результатах.

Заместитель директора Казахской Ассоциации сохранения биоразнообразия (АСБК) Скляренко С.Л. свой отчет посвятил теме «Биоразнообразии». Речь шла о программе по возвращению лошади Пржевальского в дикую природу Казахстана. 150 лет назад она исчезла из наших степей. Другая программа предусматривает восстановление, реинтродукцию туранского тигра в Казахстане (в Южном Прибалхашье). Ведутся подготовительные работы. Был заслушан краткий доклад Абуова Н.К. по тематике «Туризм, путешествия, краеведение».

Мазбаев О.Б. профессор кафедры физической и экономической географии ЕНУ им. Л.Н Гумилева, руководитель научно-познавательной экспедиции в Кашгарию «По Караванному пути Ш. Валиханова» рассказал о проведенной двухнедельной экспедиции, о встречах с жителями Кашгарии, об уникальных природных и исторических объектах этого уголка Азии.

О работе тематического совета «Историко-культурное наследие, этнография» рассказал Таймагамбетов Ж.К. заместитель директора по научной работе Национального Музея РК.

Заключительный доклад на пленарном заседании сделал Саке-нов С.Р., руководитель комплексной экспедиции в Улытау, заместитель директора КФ «Казахстанское национальное географическое общество». Была составлена карта-схема Улытау, с указанием горного массива и обзорная схема туристских объектов. На карте указаны данные по транспортному сообщению Караганда – Жезказган (и обратно), Алматы – Жезказган (и обратно), Астана – Жезказган (и обратно) на автобусе, на поезде и самолете. Помимо развития туризма по природно-историческим местам, большое внимание уделяется сохранению исторических и природных памятников культуры, священных мест – эпицентра кочевой цивилизации. Именно здесь, в Улытау много веков назад разворачивались события, ставшие поворотными в истории казахского народа. Здесь на белой кошме, согласно традиции, поднимали вверх провозглашенных ханов и здесь располагались сами ханские ставки – Хан ордасы.

После прослушивания отчетов руководителей тематических советов, были обсуждены планы работ на 2015 г.

Автор участвовал в тематическом совете, возглавляемом Сальниковым В.Г. В работе данного совета участвовали профессор Сальников В.Г., профессор Скаков А.А., профессор Бельгибаев М.Е., Вудворд Д.Б., Тажибаева Т.Л., Полякова С.Е. Участники совета единогласно утвердили направление работы по теме «Зеленый» офис.

Мировое экологическое движение с каждым днем набирает свои обороты. Количество компаний, стремящихся к единению с природой, переходу на экостандарты не только в производстве продукции, но и своей повседневной деятельности, постоянно растет. Развитие общества в направлении совершенствования сознания – путь к устойчивому развитию. «Зеленый» офис является одним из механизмов перехода к зеленой экономике, которая в свою очередь должна обеспечить устойчивое развитие Казахстана и всего мирового сообщества. «Зеленый» офис (или экологический, эко-офис) – комплексная программа, состоящая из технических и мотивационно-образовательных мероприятий, призванных помочь учебным заведениям разработать внутреннюю экологическую политику и научиться бережно относиться к ресурсам учебного заведения и окружающей природной среде.

Истоки и основы «зеленого» офиса были представлены в «Докладе Международной комиссии» по окружающей среде и развитию (МКОСР), в книге «Наше общее будущее» М.: Прогресс, 1989. (В Нью-Йорке книга была издана в 1987 г.) МКОСР часто называют «Комиссией Брунтланд». В названной книге дано определение «зеленого» офиса. «Зеленый» офис – это философия управления организацией, позволяющая уменьшить негативное влия-

ние деятельности компаний путем максимального сохранения ресурсов и энергии и оптимизации количества отходов в окружающую среду». Все преимущества рационального экологического управления уже успели оценить многие крупные организации мира. Все большее число компаний Казахстана присоединяются к экологической концепции «зеленого» офиса.

В рамках проекта был разработан Меморандум о сотрудничестве по созданию информационной сети «зеленых» офисов в учебных заведениях, научно-исследовательских институтах и компаниях Республики Казахстан. Меморандум подписали 15 вузов и НИИ (Тажибаева Т.Л., Полякова С.Е. «Зеленый» офис учебного заведения: методические рекомендации. – Алматы: Қазақ университеті, 2014. 28 с.).

В Представительстве Республиканского общественного объединения КНГО по Восточно-Казахстанской области запланированы следующие виды работ (руководитель д.г.н., профессор Бельгибаев М.Е). «Изучение изданий Семипалатинского отдела Императорского Русского Географического общества» с изданием книги по линии КНГО. Планируется подготовить учебное пособие «Физическая география Восточно-Казахстанской области».

В работе второго дня КНГО принял участие премьер-министр Казахстана Масимов К.К.. Он выступил с приветственной речью. Одобрил работу КНГО, сказав, что Географическое общество Казахстана состоялось, и пожелал географам дальнейших успехов в охране и рациональному использованию природных ресурсов, а также выявлению и пропагандированию историко-культурных объектов на обширной территории Казахстана. Руководители тематических советов сделали краткие отчеты, затем показали кинофильм «По караванному пути Ш. Валиханова».

Бельгибаев М.Е., д.г.н., профессор  
Государственного университета  
им. Шакарима, г. Семей

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной текст статьи, не превышающий 12...14 страниц, включая таблицы, рисунки и список литературы, аннотация на русском языке. Эта же аннотация, название статьи и Ф.И.О. авторов дается на казахском и английском языках. **Аннотация должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной (для английского варианта не быть калькой русскоязычной аннотации с дословным переводом, написана качественным английским языком); содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье);- компактной (укладываться в объем от 100 до 250 слов). Сведения о месте работы и занимаемой должности автора, его ученая степень и ученое звание.

Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), а так же ключевые слова, в количестве 10...12 штук. Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется электронный. Для иногородних достаточно электронного варианта.

### **Оформление рукописи:**

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне листа плотной бумаги, формата А4, белого цвета. Интервал – множитель – 1,2. **Параметры поля страницы:** верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 70 мм, правое 15 мм. Абзац начинается с отступа – 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль обычный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, без переноса, шрифт полужирный. Аннотация помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

### **См. примеры**

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 3 2011

УДК 628.394(547.42+547.25)

Доктор геогр. наук  
Канд. физ.-мат. наук

А.Ж. Жуматаев  
А.Т. Иванов

### **ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК**

*ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ВЕТРОВОЙ ПЕРЕНОС, МАССА ПЕСКА, РАСХОД, РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЙ ВЕКТОР, МОДЕЛЬ, ДОЛИНА СЕНЕК*

*Исследован дисперсный состав подвижных песков Туйесу и в долине Сенек. Выполнены расчеты ветрового переноса масс песка по модели КазНИГМИ. Получена роза векторов средних многолетних годовых расходов песка в долине и определен результирующий вектор, имеющий азимут 287° и модуль 773 т/(км·год).*

Интенсивное освоение нефтяных и других полезных ископаемых на полуострове Мангышлак привело к значительному росту воздействия людей...

**Рисунки** готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Paintbrush) и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Подпись рисун-

ка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов – не меньше 1,5 мм.

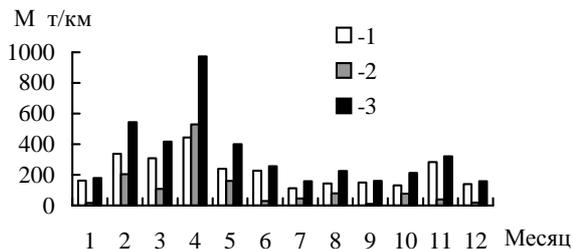


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка. 1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

**Таблицы** оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только «шапка» и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название – над таблицей, примечание – под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Таблица 3

Основные статистические характеристики объемов переноса песка на М Сенек

Атмосферные явления	$\bar{M}$ , т/(км-год)	$\sigma$ , т/(км-год)	$C_v$
Бури	1321	605	0,46
Поземки	2687	786	0,29
Оба явления	4007	1118	0,28

*Примечание:* Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо параллельно дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней официальной редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

**Математические, химические обозначения и формулы** набирать в режиме редактора формул (Microsoft Equation). В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров в строчку (см. пример).

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер песчинок;  $x_0$  – их средний геометрический размер;  $\sigma_{lg x}$  – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

**Список литературы** оформляются в соответствии с ГОСТ 7.5-98. В качестве примера приводятся наиболее распространенных описания – статьи, книги, материалы конференций, патенты и электронные ресурсы удаленного доступа.

**Статья из периодического издания:**

Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Метод количественного определения леукомизина // Вестн. КазНУ. Сер. хим – 2003. – Т. 1. № 8. – С. 40-41

**Книга:**

Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – С. 35-37

**Публикация из материалов конференций (семинара, симпозиума), сборников трудов:**

Абимкульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

**Электронный ресурс:**

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

**При оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).**

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках – [ ].

Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, адреса электронной почты, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени автора.

Статьи, выполненные коллективом авторов, должны быть подписаны всеми авторами.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

С импакт-фактором журнала можно ознакомиться на сайте [auka.kz](http://auka.kz) – Национальные ресурсы НТИ – Казахстанская база цитирования (АО НЦ НТИ).

**РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ, К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.**

## «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ» ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫНА ӨТКІЗІЛЕТІН ҚОЛЖАЗБАЛАРҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Автормен жіберілген қолжазба жинағына кіреді: кестелер, суреттер және әдебиет тізімін қоса есептегенде 12...14 беттен аспайтын мақаланың негізгі мәтіні, 10 қатардан аспайтын мақаланың нәтижесі мен мазмұны жөнінде толық түсініктеме. Осы түсініктеме, мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. қазақ тілінде де беріледі. Мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. ағылшын тілінде де беріледі.

(ГОСТ-қа 7.1-84 сәйкес) әдебиет тізімі алфавит тәртібімен авторлар алдымен орыс, ізінше шетел тілінде беріледі. Әдебиетке сілтеу квадрат жақшада көрсетіледі – [ ]. Суреттер бір мақалада үштен аспау керек. Мақаланың атының алдында Толық ондық жіктеу (ТОЖ) бойынша кеңейтілген индексін келтіру керек. Мақаланың машинкаға басылған нұсқасынан басқа оның дискетада, CD немесе флэшкада жазылған көшірмесі өткізіледі.

### **Қолжазбаны көркемдеу:**

Қолжазбаның бар мәтіні, таблицалармен қоса ПК-де ақ түсті қалың қағаздың бір бетінде, А4 форматта басылады. Аралық – көбейткіш – 1,2. Беттер алаңының параметрлері: жоғарғы 20 мм, төменгі 75 мм, сол 70 мм, оң 15 мм. Азат жол 12,5 мм басталады, теру шарты Microsoft Word, Times New Roman шрифті (қалыпты стилі), шрифт өлшемі 11. Мақала атауы бас әріптермен, бөлусіз, жартылай майлы шрифтпен жазылады. Түсініктеме мақаланың негізгі мәтінінен бұрын аталудан, авторлар тізімінен (бағанада ғылыми дәрежесімен көрсетіледі) кейін орналасады, курсивпен басылады, сол және оң жағынан 5 мм шегінеді.

### **Мысалды қараңыз**

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 1 2010

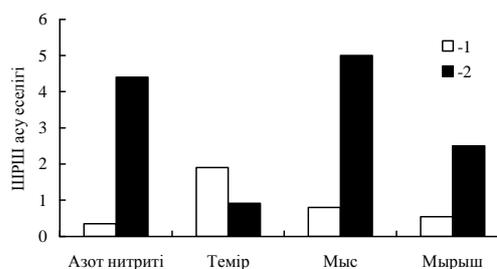
ӨОЖ 577.4:66.046.44.59

## **КЕН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН САҚТАУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУЫН БАҒАЛАУ**

Техн. ғылымд. канд. А.Ж. Жуматаев

*Бұл мақалада Шығыс Қазақстан облысы «Казцинк» АҚ Зыряновск тау-кен байыту кешенінің қоршаған ортаға әсерін бағалау мақсатында қалдық сақтау қоймасы орналасқан ауданның экологиялық карта-схемасын жасау үшін қолданылған есептеу мәліметтері мен әдістері келтірілген....*

**Суреттер** Paint (Painbrush) режимінде ГОСТ-қа сәйкес дайындалып, мәтінге сурет ретінде қойылады. Графиктер, диаграммалар, гистограммалар – Microsoft Excel режимінде және мәтінге Microsoft Excel объектісі ретінде қойылады. Суреттің жазбасы оның астына қойылып, курсивпен басылады (мысалды қараңыз). Толық сандар бөлшек бөлімнен нүктемен емес қайырмамен бөлінеді. Белгілеулерге түсініктеме аталудан кейін сол қатарға жазылады. Сурет алаңына индекстер мен белгілеу сандарынан басқа жазулар рұқсат етілмейді. Суреттегі сандар мен әріптердің өлшемі мәтіндегімен бірдей, ал индекстер 1,5 мм кем болмау болу керек.



Сур. 2. Іле өзенінің ақаба сулардың төгіндісінен 500 м төмен тұсындағы ластану көрсеткіштері: 1 – 2004 жыл, 2 – 2006 жыл.

**Кестелер** қосымша бағаналарсыз безендіріледі, тек кестенің «басы» мен шеткі бағаналары ғана сызылады. Кестенің нөмірі және мағыналы атауы – кестенің үстіне, қосымшалары оның астына (ГОСТ-қа сәйкес) жазылады (мысалды қараңыз).

Кесте 1

Зыряновск қаласы атмосферасында ластаушы заттардың сейілуін анықтайтын коэффициенттер мен метеорологиялық сипаттамалары

Сипаттама аталуы	Көлемі
Атмосфера стратификациясына тәуелді коэффициент, А	200
Қаладағы жер бедері коэффициенті	1...3
Жылдың (шілде) орташа максимал температурасы, °С	26,9
Жылдың (ақпан) орташа максимал температурасы, °С	-28,9

Физикалық көрсеткіштердің өлшем бірліктері Халықаралық жүйеде СИ (ГОСТ 8.417-81) келтіріледі, немесе СИ жүйесіне келтірілген аудармасы қатар көрсетіледі.

Ұйымның, мекеменің, географиялық және т.б. аталуы соңғы ресми редакцияда беріледі. Тарихи аталуларына қоса жақшада кәзіргі аталуы көрсетіледі.

**Математикалық, химиялық белгілеулер мен формулалар** (Microsoft Equation) редактор режимінде басылуы керек. Формулаларда символдар ретінде ГОСТ-пен белгіленген белгілеулерді қолданады. Формулалардың нөмірі беттің оң шетінен домалақ жақшамен көрсетіледі. Мәтінде формуланың кезекті нөміріне сілтеу де жомалақ жақшада көрсетіледі. Мәтінде қатарға міндетті түрде барлық параметрлерді түсініктемесі беріледі (мысалды қараңыз).

$$K = D / 8V_1, \quad (2)$$

қайда  $D$  – байыту қалдықтарын сақтайтын қойма бетінің диаметрі ( $D = 500$  м);  $V_1$  – қалдық сақталынған қойма көлемі.

Барлық қысқартулар ГОСТ-қа және қысқарту сөздігіне сәйкес жасалынады.

Бөлек парақта редакцияға автор туралы мәліметтер: аты-жөні, әкесінің аты (толығымен), үйі мен мекеменің мекен-жайы және телефондары, жұмыс орындалған мекеменің тура аталуы, автордың ғылыми дәрежесі жіберіледі.

Авторлар ұжымымен жазылған мақалар барлық авторлардың қолы қоюлы болу керек.

Редакция қолжазбаларды қабылдамауға немесе редакциялық жөндеулер және қабылданған қолжазбаларға қосулар мен қысқартулар жасауға құқықты. Мақала

авторға толықтыру жасау үшін қайтарылуы мүмкін. Кей жағдайларда редакция сұрауымен мақалаға рецензия талап етіледі.

**ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРҒА СӘЙКЕС БЕЗЕНДІРІЛМЕГЕН  
ҚОЛЖАЗБАЛАР БАСЫЛЫМҒА ЖІБЕРІЛМЕЙДІ ЖӘНЕ АВТОРҒА  
ҚАЙТАРЫЛМАЙДЫ.**

**Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить  
таблицу, приведенную ниже**

**Сведения о статье**

(заполняется на каждую статью журнала)

№	Сведения (статья)	
1	УДК	
2	Основной автор	
3	Соавторы	
4	Место работы автора	
5	Название статьи	
6	Название журнала	Гидрометеорология и экология
7	Год издания	
8	Номер издания	
9	Страницы	
10	Ключевые слова	
11	Резюме на русском языке	
12	Резюме на казахском языке	
13	Резюме на английском языке	
14	Список литературы	