

*Қазақстан Республикасының
қоршаған ортаны қорғау
Министрлігі*

*Министерство охраны
окружающей среды
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 3

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
2013

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

П.Ж. Кожахметов, 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

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3 (70)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

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

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 «Престиж Центр».

Г. Астана, ул. Байтурсынова, 72. Тел.: (7172) 566-226; 566-541

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Г.К. Турулина, В.Г. Сальников, С.Е. Полякова, Н.Р. Муратова Современные тенденции продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане	7
Р.М. Илякова, С.А. Долгих, Е.Е. Петрова К вопросу о системе мониторинга режима осадков на территории Казахстана	16
Э.П. Кожухметова, А.Р. Загидулина, Т.Б. Аппазова Точность воспроизведения температуры воздуха и осадков на территории Казахстана климатическим архивом CRU TS 2.1	30
Ж.К. Ахмадиева, С.А. Долгих К модернизации реперной климатической сети наблюдений РГП «Казгидромет»	42
Л.А. Ерисковская Скорость ветра и её влияние на температуру воздуха на леднике Туйыксу	49
Н.Э. Бекмухамедов, Н.Р. Муратова, С.М. Северская Перспективы изучения состояния естественных кормовых угодий на подспутниковых полигонах Казахстана	55
А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов, А.Н. Искаков Распределение метана на территории Казахстана на основе спутниковых данных	61
Б.С. Степанов Явление скачкообразного изменения плотности селевой массы. Теоретическая и практическая значимость его открытия	67
О.А. Климентьева, Л.Ю. Чигрениц Максимальные расходы воды и селевые потоки горных рек Жетысуского Алатау	91
..	
Д.В. Уваров, Л.П. Мазур Исследование ледникового стока р. Киши Алматы (Малая Алматинка)	112

А.В. Чердниченко, Алексей В. Чердниченко, А.Ю. Смирнова, А. Мунайпасова	
Оценка внутреннего потребления гидрофторуглеродов в Республике Казахстан	131
М.Ж. Бурлибаев, Н.А. Амиргалиев, И.В. Шенбергер, А.С. Перевалов, Д.М. Бурлибаева	
Современный режим гидрохимических и токсикологических па- раметров трансграничного стока реки Сырдарья и характер их трансформации в пределах территории Казахстана	141
Ж.С. Мустофаев, А.Т. Казыкеева, А.Д. Рябцев, К.Ж. Мустофаев	
Обоснование предельно-допустимых норм водопотребности сель- скохозяйственных угодий с учетом социально-экономических и экологических факторов	161
А.С. Мукашева, Т.Я. Лопарева	
Оценка уровня бионакопления токсикантов в гидробионтах озера Балхаш. Сообщение 3. Водная растительность и ее роль в седимен- тации и транзите тяжелых металлов из воды в донные отложения	174
О.В. Савинкова	
Особенности формирования химического состава вод озера Зайсан	180
М.Е. Бельгибаев, С.Е. Камышева	
Вопросы создания и развития трансграничной биосферной территории «Алтай»	188
ХРОНИКА	
Т.Г. Горкунова (к 70-летию со дня рождения)	200
Р.К. Яфязова (к 50-летию со дня рождения)	203

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

G.K. Turulina, V.G. Salnikov, S.E. Polyakova, N.R. Muratova	
Modern trends of a stable snow coverage duration at the Northern Kazakhstan	7
R.M. Ilyakova, S.A. Dolgikh, E.E. Petrova	
To a question of the monitoring precipitation system in the Kazakhstan	16
JA.P. Kozhakhmetova, A.R. Zagiddulina, T.B. Appazova	
Reproduction fidelity of air temperature and precipitation in the territory of Kazakhstan by the climatic archive CRU TS 2.1	30
ZH.K. Akhmadieyva, S.A. Dolgikh	
To modernization of a bench-mark climatic network observation of the RSE «Kazhydromet»	42
L.A. Eriskovskaya	
Wind speed and its influence to the air temperature on Tuyyksu's glacier	49
N.E. Bekmukhamedov, N.R. Muratova, S.M. Severskaya	
Prospects of studying of a natural fodder-producing areas condition on the subsatellite ranges of the Kazakhstan	55
A.KH. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov, A.N. Iskakov	
Methane distribution at the Kazakhstan's territory on the satellite data basis	61
B.S. Stepanov	
Phenomenon of spasmodic change of debris-flow mass density. Theoretical and practical significance of its discovery	67
O.A. Kliment'eyva, L.YU. CHigrinets	
Maximum water discharge and mudflow streams of the Zhetysusky Ala Tau Mountain Rivers	91
D.V. Uvarov, L.P. Mazur	
Research of a glacial flow of the Keshee River (Small Almatinka).	112
A.V. Cherednichenko, Aleksey V. Cherednichenko, A.YU. Smirnova, A. Munaytpasova	
Assessment of a internal hydrofluorocarbons consumption in the Republic of Kazakhstan.	131

<p>M.ZH. Burlibayev, N.A. Amirgaliyev, I.V. Shenberger, A.S. Perevalov, D.M. Burlibayeva Modern regime of hydrochemical and toxicological parameters of the Syr-Darya River transboundary flow and nature of their transformation within the Kazakhstan's territory</p>	141
<p>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kazykeyeva, A.D. Ryabtsev, K.ZH. Mustafayev Justification of maximum permissible normals of a water requirement for agricultural lands taking into account social and economic and ecological factors</p>	161
<p>A.S. Mukasheva, T.YA. Lopareva Estimation of the toxicant bioaccumulation level into hydrobionts of Balkhash Lake. Message 3. Water vegetation and its role for sedimentation and transit of heavy metals from water to bed sediment</p>	174
<p>O.V. Savinkova Features of a chemical compound formation of the Zaisan Lake waters</p>	180
<p>M.E. Bel'gibayev, S.E. Kamysheva Questions of creation and development of the transboundary biospheric territory «Altay».....</p>	188
CHRONICLE	
<p>T.G. Gorkunova (to 75-anniversary)</p>	200
<p>R.K. YAfyzova (to 50-anniversary)</p>	203

УДК 551.518

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

Г.К. Турулина^{*}
В.Г. Сальников^{*}
С.Е. Полякова^{*}
Н.Р. Муратова^{**}

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАЛЕГАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СНЕЖНОГО ПОКРОВА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

*УСТОЙЧИВЫЙ СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ, ДАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И
РАЗРУШЕНИЯ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЛЕГАНИЯ, ТЕМПЕ-
РАТУРА ВОЗДУХА, ОСАДКИ, ТЕНДЕНЦИЯ, АНОМАЛИЯ, КРИТЕ-
РИЙ АНОМАЛЬНОСТИ Н.А. БАГРОВА, ВРЕМЕННОЙ ХОД*

*Исследована изменчивость сроков установления и схода
устойчивого снежного покрова, продолжительность его залегания
в Северном Казахстане за период 1971...2008 гг. Показана отчет-
ливая тенденция уменьшения числа дней с устойчивым снежным
покровом, происходящая на фоне повышения температуры воздуха
холодного периода. Продолжительность залегания устойчивого
снежного покрова уменьшается за счет более позднего образования
и более раннего его разрушения.*

Изучение снежного покрова занимает важное место в современных исследованиях климата Земли, так как он влияет на климатические изменения и в то же время зависит от них, одновременно воздействуя на характер развития атмосферных, гидрологических и почвенных процессов [3-5, 6, 7, 9, 10].

Высокое значение альбедо снега (0,7...0,8) – в отличие от среднего альбедо земной поверхности (для районов свободных от снега и льда), которое не превосходит 0,15, доминирует над всеми другими составляющими в тепловом балансе. Поэтому колебания сроков установления снежного покрова, влияющие на альбедо подстилающей поверхности, создают значительные аномалии теплообмена: при раннем установлении снежного покрова подстилающая поверхность недополучает тепло и, следовательно, меньше отдает его атмосфере. Весной важны сроки и интенсивность таяния снега, на которые тратится тепло из атмосферы. По данным Сойера

^{*} КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

^{**} ИКИ им. акад. У.М. Султангазина, г. Алматы

[1], аномалии сроков установления снежного покрова (до 10 суток) приводят к аномалиям теплообмена $7,56 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{сут}$, для аномалий сроков и интенсивности таяния снега характерная аномалия теплообмена составляет $1,68 \text{ МДж/м}^2 \cdot \text{сут}$ и получена в предположении, что за сутки стаивает 5 см снега.

Твердые осадки, (снег, снежная крупа, снежные зерна), выпадающие на земную поверхность при отрицательных температурах воздуха, в процессе накопления создают на ней снежный покров. Известно, что на исследуемой территории осадки распределяются неравномерно, преобладают осадки теплого периода, в холодный период, во время господства сибирского антициклона, осадков выпадает значительно меньше, их количество изменяется от 65...75 мм в северных до 85...95 мм в южных районах. Если рассмотреть соотношение количества осадков в ноябре–декабре и январе–феврале, то повсеместно большая их часть выпадает в первую половину холодного периода, поэтому снежный покров формируется в основном за счет этих осадков.

Накопление снега зависит как от количества выпадающих осадков, так и от характера и частоты их выпадения. На большей части исследуемой территории в зимние месяцы осадки выпадают почти ежедневно до 20...25 суток в месяц, среднее суточное количество таких осадков в редких случаях достигает 2 мм, среднее максимальное суточное количество осадков составляют 3...7 мм [6, 8]. В течение холодного периода наибольшее число суток с осадками также приходится на его начало, что обусловлено развитием активной циклонической деятельности.

Формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Однако и сам снежный покров изменяет тепловой баланс земной поверхности и способствует поддержанию низких отрицательных температур. Впервые роль снежного покрова на формирование климатических условий исследовал А.И. Воейков (1884 г.), который установил, что снежный покров способствует понижению температуры воздуха над его поверхностью.

Снежный покров оказывает особенно большое влияние на климат Северного Казахстана, где он воздействует на характер сезонов, суточную изменчивость погоды в осенне-зимне-весенний период, форму кривой годового хода температуры воздуха. Исходным материалом о снежном покрове служили данные 34 метеорологических станций, относительно равномерно распределенных по территории за период 1971...2008 гг.

Устойчивый снежный покров образуется в Северном Казахстане в среднем в первой-второй декаде ноября, причем его формирование происходит на рассматриваемой территории с севера на юг. В отдельные годы отмечаются значительные отклонения в сроках установления устойчивого снежного покрова по сравнению со средними многолетними. Самые ранние даты образования снежного покрова отмечены во второй декаде октября, самые поздние – в третьей декаде декабря. Амплитуда дат установления устойчивого снежного покрова исследуемой территории составляет около 70 суток, среднее квадратическое отклонение изменяется от 10 до 15 суток.

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в среднем в первой декаде апреля. Самое раннее разрушение устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось в первой декаде марта, самое позднее – в последней декаде апреля. Амплитуда колебания дат не превышает 60 суток, значение среднеквадратического отклонения составляет 7...12 дней.

Продолжительность залегания снежного покрова в Северном Казахстане является одной из важных его характеристик, информация о которой используется как в оперативной практике, так и при решении различных научно-прикладных задач.

Продолжительность залегания снежного покрова характеризуют данные табл. 1. Средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 145 суток, изменяясь с севера (Петропавловск, Булаево) на юг (Торгай) от 150 до 116 суток. Минимальное число дней со снегом на исследуемой территории составляет 77 суток, максимальное – 187 суток (Урицкий).

Таблица 1

Продолжительность залегания снежного покрова

Станция	Число суток со снежным покровом			
	среднее	минимальное	максимальное	σ
Акколь	153	127	175	11
Астана	141	106	169	15
Атбасар	150	124	176	13
Балкашино	162	116	183	13
Бестау	136	92	172	18
Благовещенка	147	104	178	16
Булаево	150	113	174	13
Возвышенка	154	123	176	11
Диевская	145	106	185	17
Докучаевка	139	111	163	14
Егиндыколь	141	115	173	15

Станция	Число суток со снежным покровом			
	среднее	минимальное	максимальное	σ
Ерейментау	142	105	178	17
Есиль	137	77	173	17
Жетыгара	147	102	180	17
Карасу	151	118	180	15
Кишкенеколь	145	115	172	14
Кокшетау	137	77	173	17
Комсомолец	145	106	173	15
Коргалжын	144	107	175	16
Костанай	144	109	175	16
Кушмурун	141	96	168	16
Михайловка	147	113	175	14
Петропавловск	150	119	175	13
Пресногорьковка	155	120	181	14
Рудный	141	103	170	15
Рузаевка	151	117	170	14
Саумалколь	154	118	178	14
Сергеевка	147	103	169	16
Степногорск	144	123	166	12
Тайынша	140	92	167	17
Торгай	116	77	164	20
Урицкий	147	116	187	16
Щучинск	153	119	179	14
Явленка	145	112	175	17
Среднее	145			15

Следовательно, продолжительность залегания снежного покрова колеблется в широких пределах и существенным образом зависит от его мощности, интенсивности радиационно-адвективных факторов и особенностей рельефа. Для исследуемых параметров снежного покрова были рассчитаны тренды (рис. 1), которые указывают на тенденцию уменьшения продолжительности залегания снежного покрова (-3,8 сут/10 лет).

Продолжительность залегания уменьшается за счет более позднего образования и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова. Изменения продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане происходит на фоне многолетнего повышения температуры воздуха в холодный период и слабой положительной тенденции к увеличению осадков.

По данным [2] факт изменения температурного режима в Казахстане не вызывает сомнений. Наблюдается рост среднегодовых температур, составляющий в среднем по Казахстану 0,28 °C/10 лет за период

1941...2011 гг. Растут температуры и во все сезоны года, наибольшими темпами в зимний сезон – на 0,35 °С/10 лет. Все тренды статистически значимы. В последние десятилетия температура воздуха холодного периода чаще была выше средних многолетних значений, рассчитанных за 1971...2000 гг. Самая высокая температура холодного периода на рассматриваемой территории наблюдалась в 2002 г., когда она была выше нормы на 3...5 °С (рис. 2), продолжительность залегания снежного покрова в эту зиму составила всего 116 суток. Общую тенденцию повышения средней месячной температуры воздуха в регионе также отражает индекс учитывающий число суток за холодный период с максимумом температуры < 0 °С. На территории Северного Казахстана в холодный период наблюдается устойчивая тенденция уменьшения числа суток с морозами от 140...160 до 80...100.

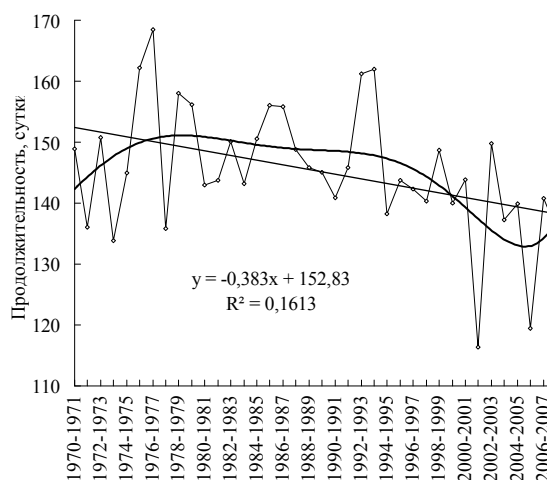


Рис. 1. Многолетняя изменчивость продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, осредненная по территории Северного Казахстана.

Для изучения изменчивости залегания снежного покрова использовался известный критерий Н.А. Багрова, который дает интегральную оценку степени аномальности метеорологических полей:

$$K = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^j \left(\frac{\Delta x}{\sigma_x} \right)^2,$$

где Δx – аномалия продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в m пунктах, равномерно расположенных по территории; σ_x – среднее квадратическое отклонение.

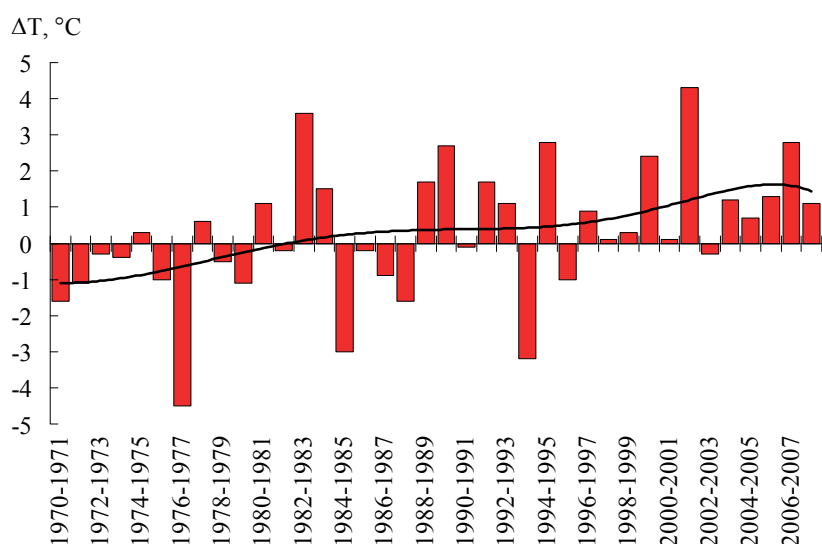


Рис. 2. Изменение аномалий температуры воздуха (°C) холодного периода года, осредненных по территории Северного Казахстана (фактические и сглаженные полиномом шестой степени).

Критерий K представляет собой нормированный коэффициент рассеивания выборки вокруг среднего значения. Он нашел широкое применение еще во второй половине 20 века в научных работах по изучению экстремальной аномальности гидрометеорологических полей.

На рис. 3 показан временной ход критерия K для продолжительности залегания снежного покрова.

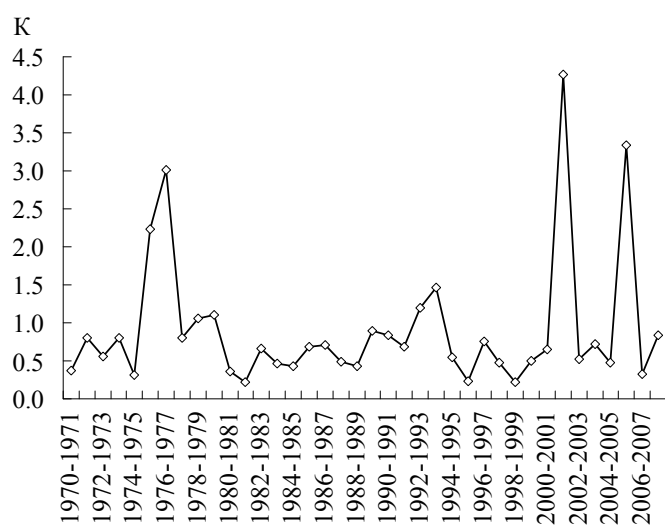


Рис. 3. Временной ход индекса K .

В исследуемом периоде лет при среднем значении $K \approx 1$ можно выделить 6 лет с экстремальными значениями K , из которых 2 года характеризуются продолжительностью залегания снежного покрова меньше средних многолетних значений на 25...30 суток; 4 года – продолжительностью залегания снежного покрова на 15...25 суток больше средних многолетних значений.

В табл. 2 приведены годы с экстремальными значениями K .

Таблица 2

Годы с экстремальными значениями индекса Н.А. Багрова и значения аномалии продолжительности залегания снежного покрова ($\Delta\Pi$)

Год	K	$\Delta\Pi$	Год	K	$\Delta\Pi$
1975...1976	2,2	17	1993...1994	1,5	17
1976...1977	3,0	23	2001...2002	4,3	-29
1992...1993	1,2	16	2005...2006	3,3	-26

Максимальные значения K равны 4,3 (2001...2002 гг.) и 3,3 (2005...2006 гг.), продолжительность залегания снежного покрова в эти годы в среднем по территории была почти на месяц меньше средних многолетних значений. Устойчивое уменьшение продолжительности залегания снежного покрова наблюдается с середины 90-х годов 20 века, особенно значительное в последнее десятилетие.

Отметим, что в работе [4, 5] авторы, напротив, для севера Евразии выявили увеличение продолжительности залегания снежного покрова, обусловленное более ранними сроками образования устойчивого снежного покрова и увеличением количества осадков на фоне потепления.

Присутствие снежного покрова связано с низкими температурами воздуха. Низкая температура воздуха у земной поверхности является одним из условий для установления снежного покрова, вторым условием является количество осадков. Между числом суток со снежным покровом, температурами воздуха и количеством осадков, осредненными за холодный период, значимой корреляционной зависимости на рассматриваемой территории не обнаружено. Однако, в большинстве экстремальных случаев малая продолжительность залегания снежного покрова наблюдается при положительных аномалиях температуры воздуха холодного периода, а большая – при отрицательных аномалиях температуры воздуха (рис. 4). Заметим, что на рис. 4 представлена продолжительность залегания снежного покрова, отличающаяся от средних многолетних значений на 15 суток и более.

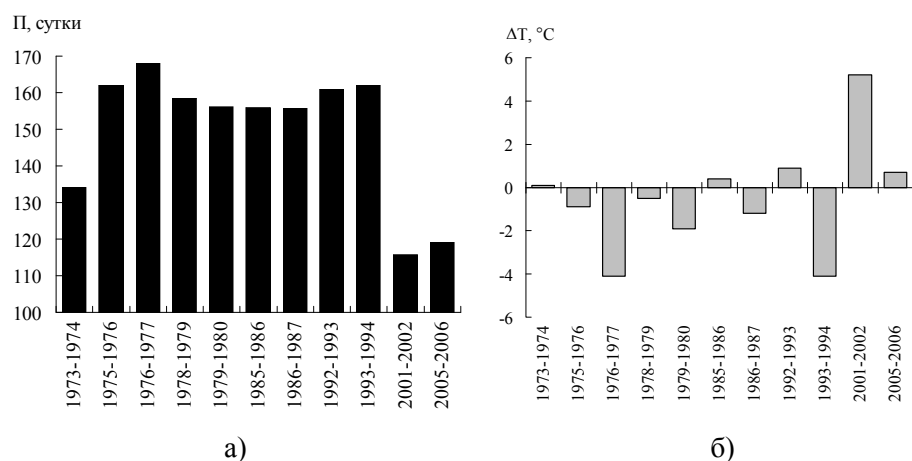


Рис. 4. Экстремальная продолжительность залегания снежного покрова (а) и аномалия температуры воздуха холодного периода (б).

Таким образом, анализ данных наблюдений за снежным покровом в Северном Казахстане показал, что устойчивый снежный покров может наблюдаться с середины ноября до начала апреля. С помощью индекса аномальности Н.А. Багрова выделены годы с экстремальным числом дней со снежным покровом, когда продолжительность залегания снежного покрова в среднем по территории была на 15...30 суток больше или меньше средних многолетних значений. В последние десятилетия наблюдалась отчетливая тенденция к уменьшению продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, происходящая на фоне повышения температуры воздуха и незначительного увеличения осадков холодного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
2. Долгих С.А., Илякова Р.М., Сабитаева А.У. Об изменении климата Казахстана в прошедший столетний период // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №4. – С. 6-23.
3. Китаев Л.М. Особенности экстремального снегонакопления в горных и предгорных областях (на примере Большого Кавказа) // Метеорология и гидрология. – 2003. – №11. – С. 78-85.
4. Китаев Л.М., Радионов В.Ф., Форланд Э., Рузаев В.Н., Мартуганов Р.А. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова

- на севере Евразии в условиях современных изменений климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – №11. – С. 65-71.
5. Китаев Л.М., Рузаев В.Н., Хейно Р., Форланд Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Европе // Метеорология и гидрология. – 2006. – №3. – С. 95-100.
 6. Копанев И.Д. Снежный покров на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 181 с.
 7. Локощенко М.А. Снежный покров и его современные изменения в Москве // Метеорология и гидрология. – 2005. – №6. – С. 71-82.
 8. Научно-прикладной справочник по климату. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Вып. 18. – Книга 2, 3. – 440 с.
 9. Попова В.В. Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. – 2004. – №8. – С. 65-71.
 10. Попова В.В. Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. – 2004. – №8. – С. 78-90.

Поступила 5.09.2013

Геогр. ғылымд. канд.	Г.К. Турулина
Геогр. ғылымд. докторы	В.Г. Сальников
Геогр. ғылымд. канд.	С.Е. Полякова
Техн. ғылымд. канд.	Н.Р. Муратова

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА ТҰРАҚТЫ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЖАТУ ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

Солтүстік Қазақстандағы 1971...2008 жж. тұрақты қар жамылғысының тұрақтану және еру мерзімдерінің өзгерісі, оның ұзақтығы зерттелген. Суық мерзімдегі ауа температурасының көтерілуінен болатын тұрақты қар жамылғысымен байқалатын күндер санының төмендеуінің нақты тенденциясы көрсетілген. Тұрақты қар жамылғысының жату ұзақтығы оның өте кеш пайда болуының және өте ерте еруінің арқасында азаяды.

УДК 551.577.2

Канд. геогр. наук Р.М. Илякова *
С.А. Долгих *
Е.Е. Петрова *

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА РЕЖИМА ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

*АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, АНОМАЛИЯ ОСАДКОВ, ТЕНДЕНЦИИ,
НОРМА*

Дана информация о принципах мониторинга режима осадков, осуществляемого РГП «Казгидромет». На основе данных о суммах осадков за период 1941...2011 гг. показаны тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых сумм осадков, а также в их экстремумах. Даны примеры оценки аномальности режима осадков в конкретный год.

Атмосферные осадки представляют собой одно из самых изменчивых во времени и пространстве метеорологических явлений. На характер распределения атмосферных осадков большое влияние оказывают атмосферные циркуляционные процессы и особенности рельефа [1, 3]. Под влиянием изменения глобального климата Земного шара меняется характер циркуляционных процессов и как следствие меняется режим осадков. Так как большая часть территории Казахстана характеризуется засушливым климатом, РГП «Казгидромет» уделяет большое внимание мониторингу режима осадков.

Цель мониторинга – оценить аномалии текущих климатических условий, а также тенденции в различных характеристиках режима осадков. Для мониторинга режима осадков используются ряды месячных сумм осадков по данным 190 метеостанций, и суточного количества осадков по данным 90 метеостанций, начиная с 1941 г. Примерно с этого года доступны однородные без длительных пропусков ряды наблюдений за осадками на станциях, расположенных относительно равномерно по территории.

Основные подходы и методы. Под «нормой» понимается среднее многолетнее значение количества осадков за период 1971...2000 гг. Аномалии количества осадков рассматриваются как отклонения от нормы

* РГП «Казгидромет», г. Алматы

(аналогично температуре) и как процентное отношение количества осадков к значению нормы. Оценка количества осадков проводится по данным отдельных станций и в среднем по 14-ти областям Казахстана, путем аппроксимации рядов наблюдений линейной функцией с использованием метода наименьших квадратов. Статистическая значимость коэффициента линейного тренда определяется с помощью критерия Стьюдента. Средние для территории величины аномалий рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. R^2 – коэффициент детерминации, %.

Для оценки изменения интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количестве осадков, группа экспертов комиссии по климатологии ВМО составила список из 27 различных индексов. Для каждого индекса была определена единая формула расчета, что приводит к сопоставимости полученных результатов [4, 5]. 16 из 27 индексов относятся к температуре приземного воздуха, а 11 – к осадкам. Некоторые индексы основаны на фиксированных пороговых значениях для всех станций (точек сетки), другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентиля рядов данных. Для расчета и анализа индексов использовался пакет программ RClimDex.

Результаты расчета показали, что изменение количества атмосферных осадков на территории Казахстана за исследуемый период представляет собой пеструю картину. Незначительное увеличение средних по области годовых сумм осадков (на 0,2...5,1 мм/10 лет) наблюдалось в Павлодарской, Актюбинской, Карагандинской, Мангистауской и Алматинской областях. В остальных областях наблюдалось незначительное их уменьшение (на 0,2...5,5 мм/10 лет). Все полученные годовые тренды статистически незначимы. В среднем по Казахстану годовые суммы осадков незначительно уменьшались – на 0,5 мм/10 лет или примерно на 0,3 % (табл.).

На рис. 1 представлен межгодовой ход аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%), осредненных по территории Казахстана. В среднем по Казахстану наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков во все сезоны примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключением зимнего сезона, когда осадки увеличивались на 1,7 мм/10 лет.

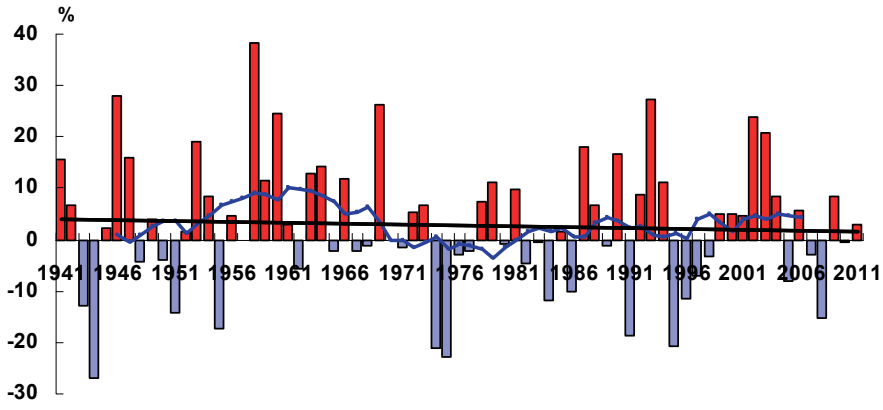
Таблица
 Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории и областям Казахстана за период 1941...2011 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Регион/область	Единица измерения	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	мм	-0,5	0	1,7	7	-0,4	0	-1,1	1	-0,6	1
	%	-0,3		2,2		0		-1,4		-1	
Кызылординская	мм	-0,8	0	-0,8	1	-0,2	0	0	0	0,1	0
	%	-0,7		-1,5		-0,7		0,4		0,2	
Южно-Казахстанская	мм	-2,4	0	1,3	0	-4,3	2	0,7	0	0,5	0
	%	-0,6		0,5		-2,8		0,6		1,4	
Жамбылская	мм	-0,6	1	1,2	0	-2,7	3	0,2	0	0,7	0
	%	-0,9		0,8		-2,9		0		0,4	
Алматинская	мм	5,1	2	3,3	8	-1,5	0	2	1	1,2	1
	%	1,2		4,2		-1,2		1,5		1,5	
Восточно-Казахстанская	мм	-5,5	3	0,9	1	-1,1	1	-4	5	-1,3	1
	%	-1,6		1,4		-1,8		-3,7		-1,4	
Павлодарская	мм	0,3	0	1,6	7	0,8	1	0	0	-2,5	6
	%	0,1		3,1		1,5		0		-3,7	
Северо-Казахстанская	мм	2,2	1	3,8	22	1,6	2	-3,1	2	0,3	0
	%	0,7		7		2,6		-2,1		0,3	

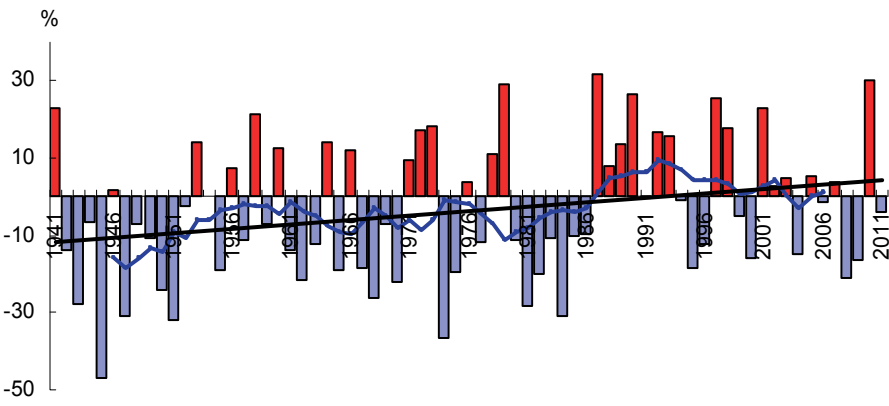
Регион/область	Единица измерения	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²
Акмолинская	мм	-0,2	0	2,1	7	0,9	1	-1,3	0	-2,1	3
	%	-0,1		3,7		1,2		-0,9		-2,9	
Костанайская	мм	-2,3	1	0,8	1	1,1	1	-2,4	2	-2,1	3
	%	-1,1		1,6		1,5		-2,7		-2,9	
Карагандинская	мм	0,2	0	2,2	3	0	0	-1,6	1	-0,3	1
	%	0,4		2,4		-0,4		-2,5		-1,3	
Актюбинская	мм	1,6	0	2,3	4	2,7	4	-1,5	1	-2,0	3
	%	0,2		2,8		4		-2,3		-3,3	
Западно-Казахстанская	мм	-2,7	1	1,6	3	0	0	-2,3	3	-1,9	2
	%	-1,1		2,5		-0,1		-3,2		-2,9	
Атырауская	мм	-4,3	4	-2,5	12	0,4	0	-1,7	2	-0,5	0
	%	-2,7		-8,6		0,7		-3,6		-1,4	
Мангистауская	мм	0,8	0	0,9	2	3,0	5	-2,9	6	0,4	0
	%	0,6		3,7		6,0		-10,4		1,0	

Примечание: *а – коэффициент линейного тренда, %/10лет, мм/10 лет; **R² – коэффициент детерминации, %.

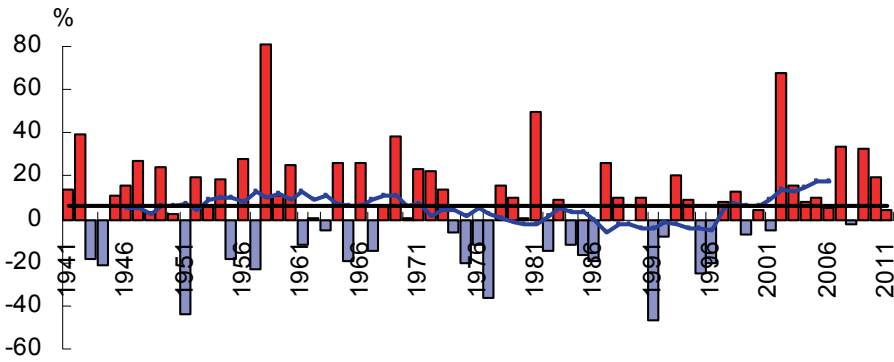
Год



Зима



Весна



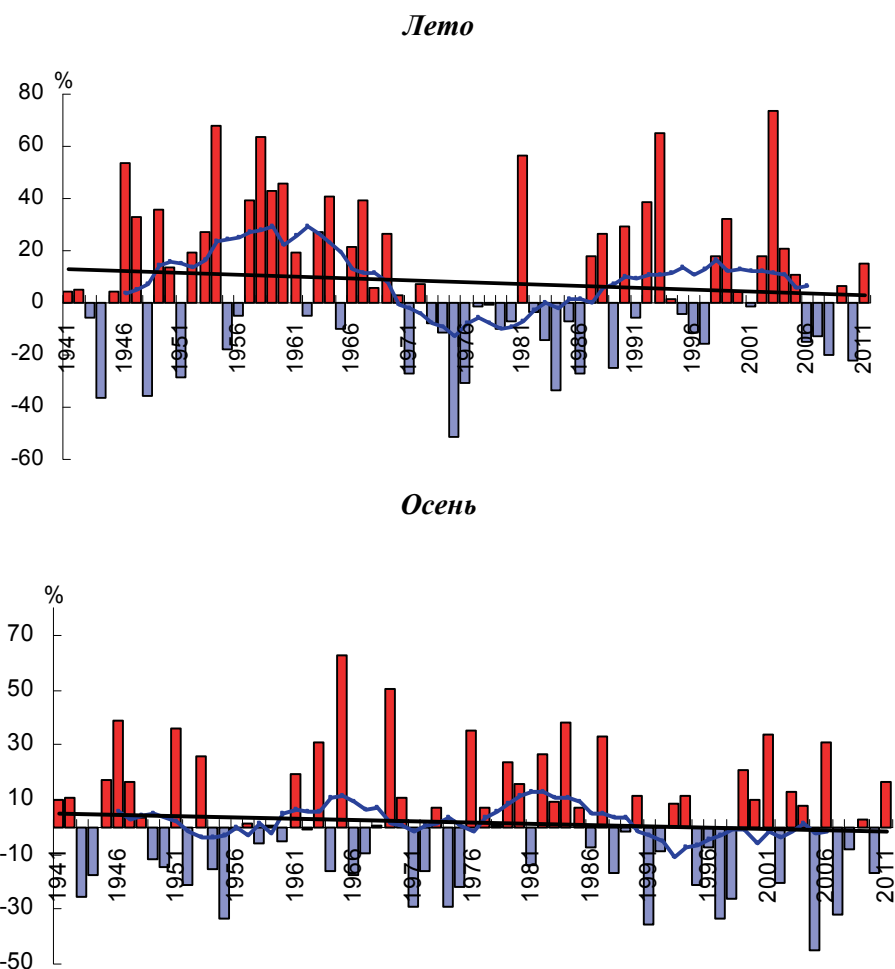
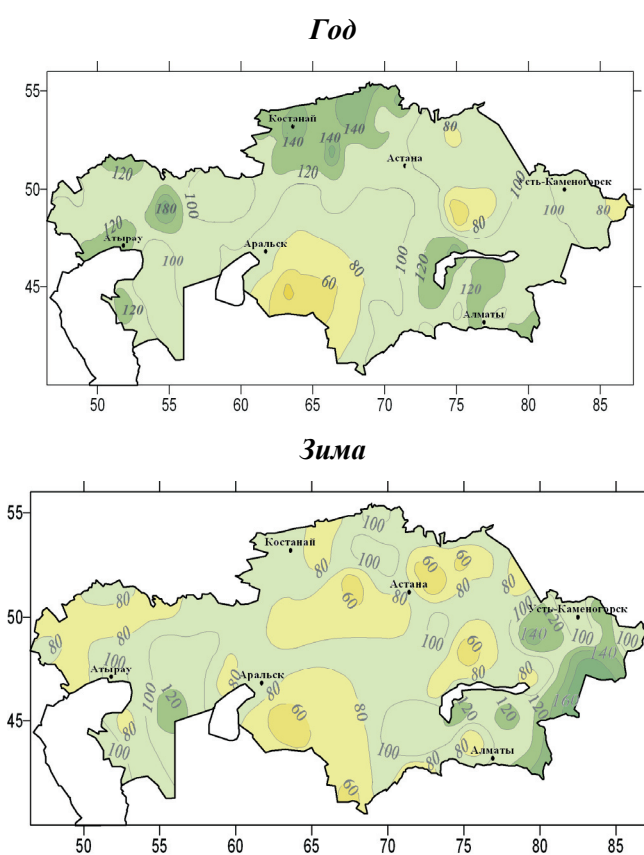


Рис. 1. Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (в %) за период 1941...2011 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Если рассматривать пространственное распределение тенденций количества осадков по территории Казахстана за период 1941...2011 гг., то статистически значимое увеличение количества осадков на 5...9%/10 лет наблюдалось в январе-феврале в отдельных регионах Алматинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Карагандинской областей, а статистически значимое уменьшение количества осадков на 14%/10 лет в Атырауской области (январь). Изменение количества осадков весеннего и летнего периода (как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения)

практически по всем областям Казахстана было незначительным (тренды статистически незначимы). В сентябре-октябре, на большей части территории Казахстана, отмечены тенденции к уменьшению количества осадков, причем в сентябре статистически значимое уменьшение (5...14 %/10 лет) наблюдалось в отдельных регионах практически всех областей северной половины Казахстана. В ноябре-декабре наблюдаемые тенденции в количестве осадков чаще имели положительный знак. На территории Северо-Казахстанской области положительные тенденции в эти месяцы статистически значимые и составляют 6...8 % /10 лет.

В 2011 году (декабрь 2010 – ноябрь 2011) дефицит годовых сумм осадков (40...60 % нормы) наблюдался в Кызылординской и некоторых районах Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей (рис. 2). В северных, юго-восточных и западных областях Казахстана годовое количество осадков превышало норму на 20...40, а местами на 80 %. На остальной территории республики количество осадков составило 80...120 % нормы.



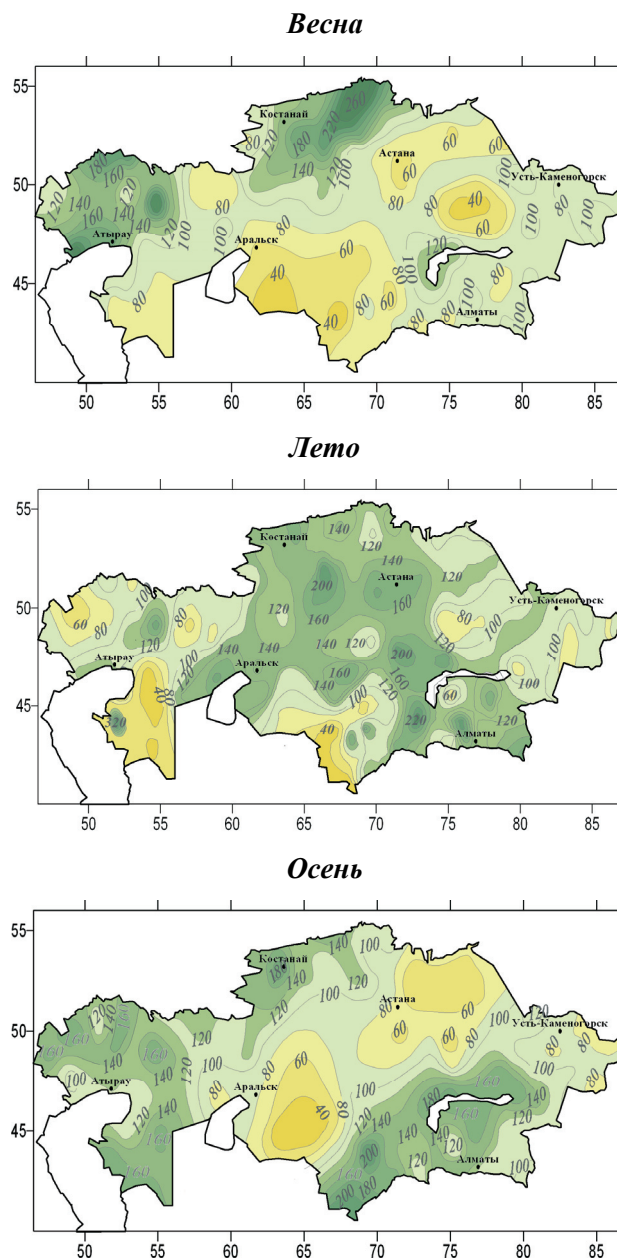


Рис. 2. Количество осадков в 2011 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1971...2000 гг.

В восточных и юго-восточных регионах Казахстана осадки зимнего сезона превышали норму на 20...60 %, (рис. 2). В этих районах зима вошла в 10 % экстремально влажных зим за период, начиная с 1941 года. Мало осадков, всего 40...80 % нормы, выпало в некоторых районах За-

падно-Казахстанской, Кызылординской, Карагандинской, Акмолинской и Павлодарской областей. На остальной территории аномалии осадков лежали в пределах $\pm 20\%$ нормы.

Весной количество осадков в западных и северо-западных частях Казахстана превысило норму на 20...100 % (рис. 2). Дефицит осадков - менее 80 % нормы, наблюдался в Мангистауской, Кызылординской, Карагандинской, Павлодарской, Акмолинской и местами Актюбинской областях. Количество осадков на остальной территории было в пределах нормы.

Летом на большей части территории республики количество осадков было около нормы, а местами выше на 20...100 %. Аномально сухим лето было на крайнем западе Казахстана и в Мангистауской области (рис. 2), где осадки составляли менее 60 % нормы. На юге Кызылординской и Южно-Казахстанской областей дефицит осадков составил более 60 %.

Осенью 2011 г. значительный дефицит осадков (до 40...60 %) наблюдался в Кызылординской и Павлодарской областях (рис. 2), а также в некоторых районах Центрального Казахстана. По данным отдельных метеостанций, осенний сезон 2011 г. вошел в 10 % экстремально сухих сезонов. На западе, северо-западе и юго-востоке Казахстана количество осадков превысило норму на 60...100 %. По данным отдельных метеостанций юга Казахстана осенний сезон 2011 г. вошел в 10 % экстремально влажных сезонов. На остальной территории Казахстана количество осадков было в пределах нормы.

Большую практическую ценность в данном исследовании представляют сведения о характере изменения экстремальных значений количества осадков. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2011 году.

Максимумы суточного количества осадков в 2011 г. Данные получены при расчете индекса $RX1day$, который определяет максимальное за месяц значение суточной суммы. На рис. 3 показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков – верхние значения, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2010 год, нижние значения – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2011 году. В 2011 году абсолютный максимум суточного количества осадков был перекрыт на станциях Тушибек и Уштобе.

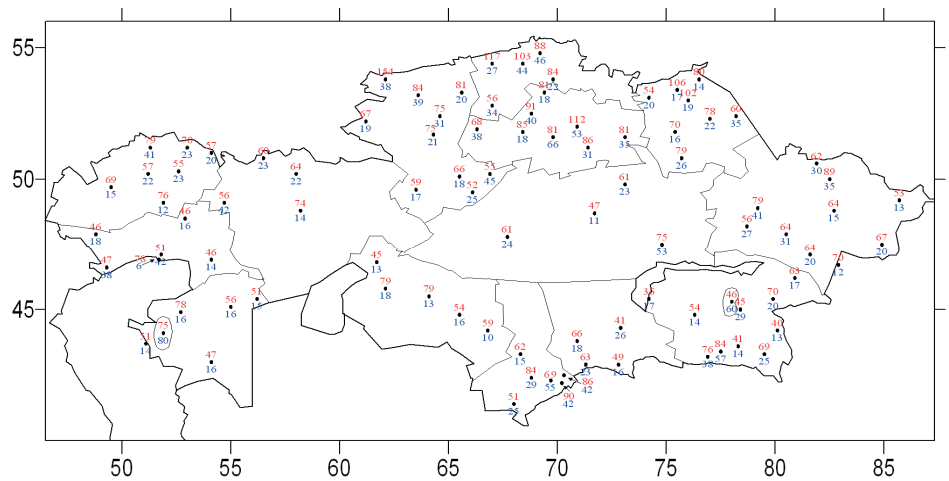


Рис. 3. Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2010 год (верхние) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2011 году (нижние), мм

На рис. 4 представлена доля суммы осадков, выпавших в сутки с экстремально большим количеством осадков (более 95-го перцентиля), в сумме осадков за весь 2011 г. Для расчета использовались два индекса R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающих 95-й перцентиль, а PRPTOT – количество осадков ≥ 1 мм за весь влажный период. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на М Есиль (60 %), на М Аркалык, М Карабалык, М Экидын, М Уил и М Тушибек – 40...46 %. На 45-ти процентах станций доля экстремальных осадков достаточно высокая – 20...39 %, что говорит о неравномерности выпадения осадков во времени.

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает *максимальную продолжительность периода, когда осадки были менее 1 мм* (продолжительность дождливого периода, рис. 5). В 2011 году практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была около месяца. Особо длительные периоды без осадков, от 90 до 130 дней, наблюдались на юге Казахстана (М Туркестан, М Шардара), а также в Мангистауской области (М Актау). В Жамбылской, Южно-Казахстанской, Кызылординской, Мангистауской и Атырауской областях продолжительность периода без осадков составила около двух месяцев. На юге Казахстана и на некоторых станциях Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Акмолинской, Ко-

станайской и Атырауской областях продолжительность периода без осадков составила от 40 до 60 дней.

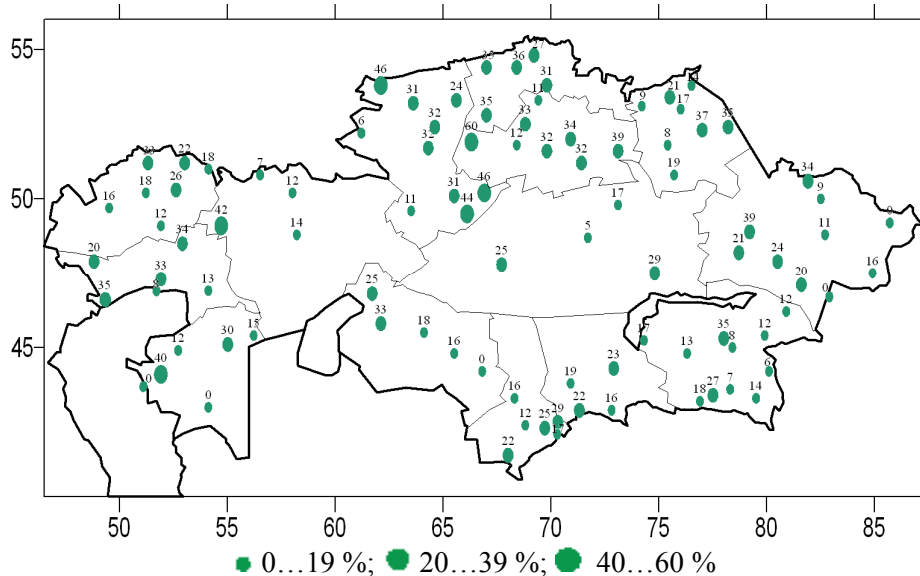


Рис. 4. Доля (в %) экстремального количества в годовой сумме осадков в 2011 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточных осадков, превышающих 95-й процентиль.

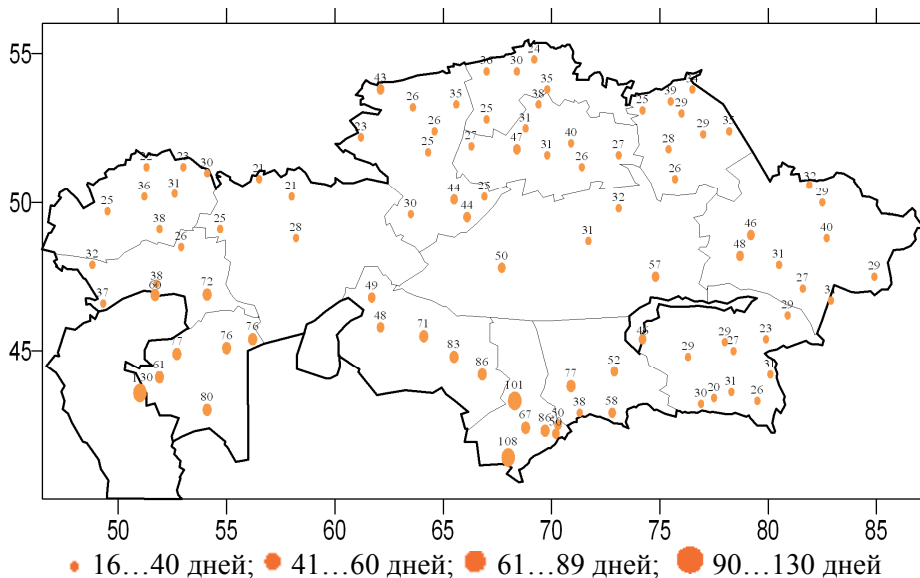


Рис. 5. Максимальная продолжительность периода без осадков (в сутках) в 2011 году.

По результатам расчета индекса CWD максимальная продолжительность периода с осадками в 2011 году составляла от 2 до 9 дней (рис. 6). Индекс CWD показывает максимальную продолжительность пе-

риода, когда осадки были равны или больше 1 мм. Наибольший по продолжительности период с осадками (5...9 дней) наблюдался в предгорных и горных районах юго-востока Казахстана, а также местами на северо-западе и северо-востоке Казахстана.

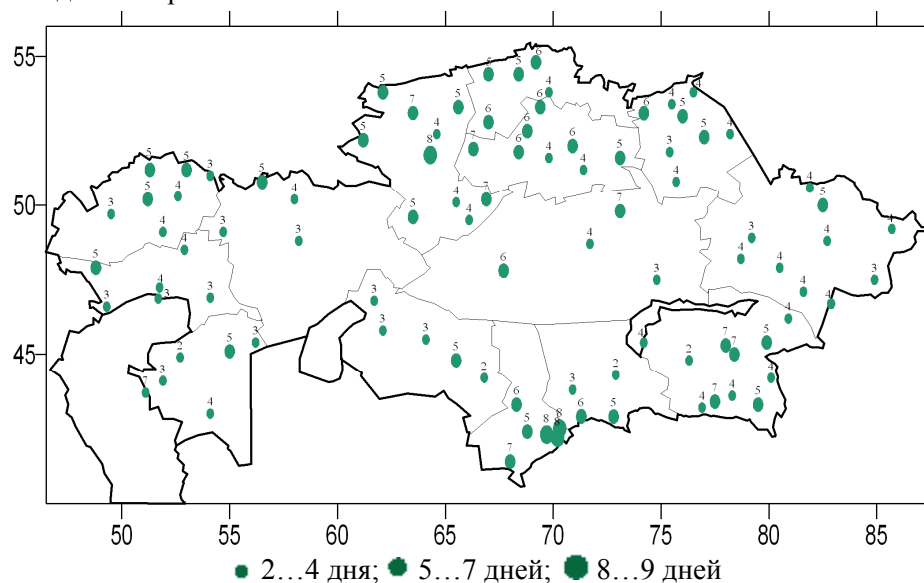


Рис. 6. Максимальная продолжительность периода (в сутках) в 2011 году, когда осадки были ≥ 1 мм.

Анализ тенденций в экстремумах количества атмосферных осадков выполнен за период 1941...2011 гг. на основе некоторых наиболее показательных индексов изменения климата (Rx1day, R95/PRCPTOT, CDD), предложенных ВМО.

Значения максимального суточного количества осадков на территории Казахстана практически не изменились. На территории всех областей Казахстана наблюдаются слабые – на 0,1...1,0 мм/10 лет, тенденции как уменьшения, так и увеличения максимального суточного количества осадков. При этом практически все тренды статистически незначимы [2].

Анализ тренда в значениях доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков показывает, что на территории Казахстана наблюдаются слабые тенденции, как ее уменьшения, так и увеличения – на 1...2 %/10 лет. При этом в северных регионах Казахстана чаще наблюдается тенденция уменьшения доли, а в южных – увеличения. Увеличение экстремального количества осадков в летний период приводит к повышению риска возникновения эрозионных процессов, а в горных районах – селей дождевого генезиса.

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения *максимальной продолжительности периода без осадков*. Статистически значимые тенденции уменьшения наблюдаются на севере республики – на 1...4 дня каждые 10 лет. На всей остальной территории тенденции статистически незначимы.

Выводы

На всей территории Казахстана в 2011 г. дефицит годового количества осадков (60...80 % нормы) наблюдался в Кызылординской и некоторых районах Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей. В северных, юго-восточных и западных областях Казахстана годовое количество осадков превышало норму на 20...40 %, местами на 80 %. На остальной территории республики количество осадков составило 80...120 % нормы. Зимой и весной на большей части территории Казахстана количество осадков было либо около нормы, либо ниже, местами зимой на 40 %, весной – на 60 %. Зимой лишь на крайнем юго-востоке осадков выпало значительно больше нормы (на 60...80 %). Весной экстремально высокое количество осадков выпало на северо-востоке и западе республики. Летом и осенью на территории Казахстана количество осадков было, в основном выше нормы. Но следует отметить, что Кызылординская область во все сезоны испытывала дефицит осадков.

Значительных изменений в режиме осадков по территории Казахстана не происходит. Изменения в годовых суммах осадков составляют 0,5 мм/10 лет. Тренды, в основном, статистически незначимы. В среднем по Казахстану наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков во все сезоны примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключение зимнего, когда тенденция к увеличению осадков статистически значимая и составляет 1,7 мм/10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алибегова Ж.Д. Пространственно-временная структура полей жидких осадков / Ж.Д. Алибегова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 228 с.
2. Ежегодный бюллетень мониторинга климата Казахстана: 2010 год. – Астана: Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан, РГП «Казгидромет», 2011. – 32 с.
3. Климат России: справочник / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
4. Peterson T.C. Climate Change Indices // WMO Bulletin. – 54 (2). – 2005 – PP. 83-86.

5. Zhang X., Yang F. RClimDex User Manual. – Climate Research Branch Environment Canada downsvievw, Ontario Canada, 2004. – 22 с.

Поступила 24.06.2013

Р.М. Илякова
Канд. геогр. наук С.А. Долгих
Е.Е. Петрова

КАЗАХСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫН ТӘРТІБІНІҢ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІ ТУРАЛЫ СҰРАҚҚА ЖАУАП

Бұл мақалада ҚР аймағындағы жауын-шашын тәртібінің мониторингі қағидаларын РМК «Қазгидромет» іске асыру туралы айшықталған. 1941...2011 жылдар аралығында айлық тенденциясы, жауын-шашынның маусымдық және жылдық мөлшері, сонымен бірге экстремумды жауын-шашын көрсетілген. Жауын-шашын тәртібінің аномалияларына нақты жылдарға мысалдар келтірілген.

УДК 551.581.1

Канд. геогр. наук

Э.П. Кожаметова *

А.Р. Загидуллина *

Т.Б. Аппазова *

**ТОЧНОСТЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И
ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА КЛИМАТИЧЕСКИМ
АРХИВОМ CRU TS 2.1***ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТОЧНЫЕ АРХИВЫ, КЛИМАТИЧЕСКИЙ АРХИВ,
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, КО-
ЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ*

В статье рассмотрены климатические данные (температура воздуха, атмосферные осадки) глобального сеточного архива CRU TS 2.1. Показано, что на территории Казахстана данные температуры и осадков архива CRU TS 2.1 воспроизводят данные наблюдений с существенными погрешностями.

В последние годы при исследовании климатических изменений часто используются глобальные сеточные архивы, полученные интерполяцией данных наблюдений на метеостанциях, либо посредством модельного реанализа. Частое использование таких климатических архивов объясняется в первую очередь их доступностью в условиях недостаточной плотности сети метеостанции и сложностью получения имеющихся данных. Так в работе [3] были рассмотрены наиболее распространенные сеточные архивы месячной дискретности университета Восточной Англии CRU TS 2.1 и университета Делавера, основанные на интерполяции данных наблюдений, а также два архива, полученные при помощи модельного реанализа (ERA-40 и NCEP-1). Авторами [3] было показано, что все они воспроизводят данные наблюдений температуры и осадков на территории России с существенными погрешностями, причем смещение оценок часто имеют характерные пространственные распределения. По мнению [3] это обусловлено, прежде всего, недостаточностью сети наблюдений в России, и, в меньшей степени, несовершенством алгоритмов, при помощи которых создаются сеточные архивы. Едва ли можно ожидать, что в ближайшие годы ситуация с наличием первичным данным измерений и доступом к ним пользователей кардинально улучшится.

* Институт географии, г. Алматы

Авторы [5] отмечают практическое совпадение глобальной величины осадков архивов W&M и CRU (697,2 и 697,6 мм/год), тогда как в [2] указывается, что точность этих архивов на территории России заметно меньше, чем в среднем по всему миру.

На бóльшую неопределенность воспроизведения современного состояния климата несколькими лучшими гидродинамическими моделями указывает результаты исследования Г.В. Груза с соавторами [2]. Было отмечено, что модели, достаточно хорошо воспроизводят современный тренд приземной температуры воздуха (0,37 °C/10 лет по моделям и 0,33 °C/10 лет по данным наблюдений), значительно занижают ее величину на всем рассматриваемом периоде (1961...2000 гг.). Сравнение осадков показало, что для всех регионов России за период 1961...2000 гг. практически во всех моделях они больше наблюдаемых [2].

Результаты еще одной работы [4] показывают, что климат в моделях со значительной погрешностью отражает «реальный» климат. По температуре воздуха наиболее заметные ошибки возникают в январе в Евразии (широтный пояс 35...45° с.ш.), а также на крайнем востоке Азии (завышение температуры воздуха на 2...8 °C из-за динамических причин). В июле отмечается завышение температуры воздуха в США, на Канадском архипелаге и арктическом побережье Азии до 4...8 °C [4]. Заметим, что в [4] при моделировании климата использованы данные за 17 лет (1979...1995 гг.) в рамках эксперимента AMIP 2, а для сравнения в качестве наблюдений использовались данные реанализа NCEP/NCAR за 1982...1994 гг.

В данной работе проведена оценка качества глобального сеточного архива CRU TS 2.1 приземной температуры воздуха и атмосферных осадков применительно к территории Казахстана. Для этого климатические характеристики, самой близкой ячейки сетки, сравнивались с данными наблюдений. Рассмотрим некоторые особенности архива CRU TS 2.1.

Архив CRU TS 2.1 разработан и поддерживается Тиндал центром в университете Восточной Англии, Великобритания [1]. Он включает 1224 единицы месячных данных для каждой климатической переменной в каждой ячейке сетки за период 1901...2002 гг. и охватывает территорию всех континентов земного шара с разрешением 0,5 градусов по широте и долготе [7]. Первичные переменные, такие как температура воздуха, количество осадков, суточная амплитуда температуры воздуха, представленные в архиве CRU TS 2.1 были основаны только на метеорологических

наблюдениях. Каждый массив среднемесячных данных представляет собой интерполяцию, основанную на наборе данных станций, имеющихся для данного момента времени. От месяца к месяцу меняется сеть имеющихся в распоряжении станций. Было решено использовать этот метод интерполяции, чтобы получить наилучшую оценку пространственной картины климата в каждый момент времени. Однако это в действительности означает, что долговременные изменения в данной ячейке сетки не будут обуславливаться исключительно подлинными изменениями климата, но также и изменениями сети станций. Влияние таких колебаний минимизировано путем интерполяции аномалий значений станции, а не абсолютных значений станций. Если сеть станций плотная, влияние наличия или отсутствия данных одной станции минимально. Однако, там, где сеть станций разрежена, эта особенность может существенно влиять на временной ряд в ячейке сетки. Интерполяция аномалий метеорологических характеристик (по отношению к периоду 1961...1990 гг.) на метеостанциях в узлы широтно-долготной сетки $0,5 \times 0,5^\circ$ проведено с использованием метода сплайнов (описание метода приведено в [6]), с последующим восстановлением абсолютных значений с помощью архива норм за 1961...1990 гг. CRU CL 1.0. Значения температуры приведены к высотам узлов сетки, которые заданы топографической моделью, сама модель также входит в сопутствующую документацию [1].

Климатические данные (температура воздуха и атмосферные осадки) из архива CRU TS 2.1 сравнивались с фактическими данными температуры воздуха и атмосферных осадков на метеорологических станциях (М) Казахстана за период 1961...2002 гг. В табл. 1 представлены координаты точек, между которыми было проведено сравнение климатических данных. Нумерация от 1 до 18 отображает номер сравниваемых точек по табл. 1.

Сравнительный анализ среднегодовых температур воздуха показывает, что существует тесная связь между рядами температуры воздуха, полученными из данных метеорологических станций и архива CRU TS 2.1. (табл. 1). Такая корреляционная связь в первую очередь характерна для равнинных районов Казахстана. Корреляционная связь между данными температуры воздуха сеточного архива и метеорологическими станциями составляет 0,90...0,99 на равнине, 0,85...0,86 в горной местности. В то же время на равнинных районах в некоторые годы, например в 1974 г. и 1976 г. согласованность хода температур воздуха нарушается (рис. 1). Это в первую очередь относится к районам Северного и Центрального Казах-

стана. Так, например, на М Атбасар среднегодовая температура воздуха архива CRU TS 2.1 в 1976 году была завышена на 2,8 °С.

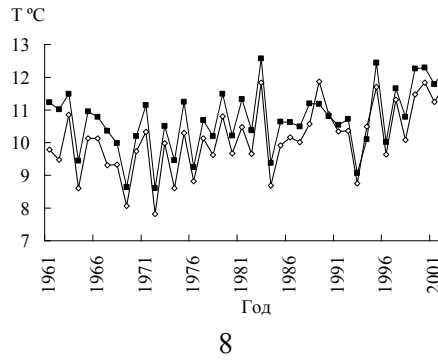
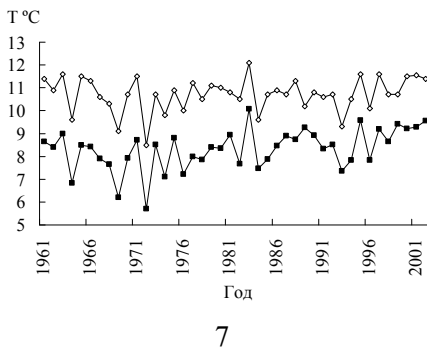
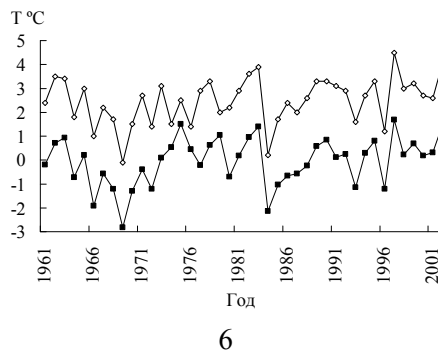
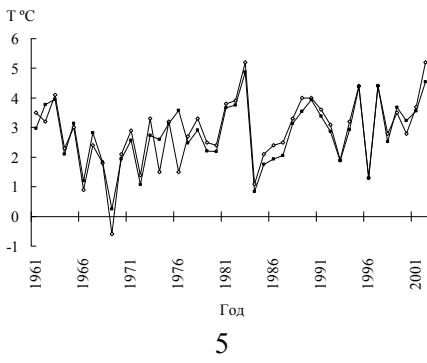
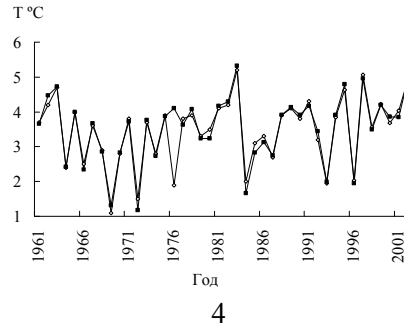
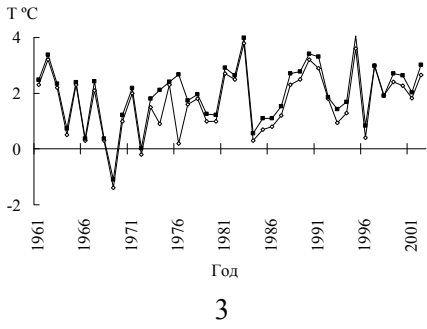
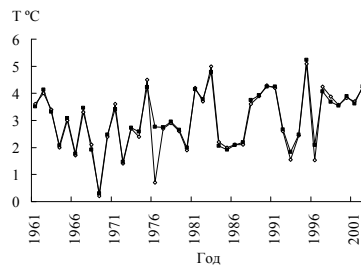
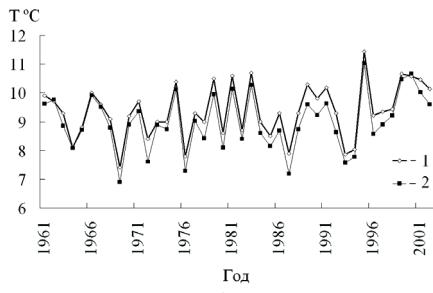
Таблица 1

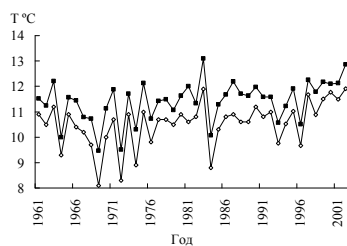
Координаты метеорологических станций и ячеек, климатические данные которых получены из архива CRU TS 2.1 и корреляционная связь температуры между ними

№	Координаты (название станции)	Координаты точек архива CRU TS 2.1	r
1	47,1° с.ш.; 51,8° в.д. (Атырау)	47,25° с.ш.; 51,25° в.д.	0,98
2	53,2° с.ш.; 63,6° в.д. (Костанай)	53,25° с.ш.; 63,25° в.д.	0,95
3	54,7° с.ш.; 69,1° в.д. (Петропавловск)	54,25° с.ш.; 69,25° в.д.	0,94
4	49,8° с.ш.; 73,1° в.д. (Караганда)	49,25° с.ш.; 73,25° в.д.	0,93
5	52,3° с.ш.; 76,9° в.д. (Павлодар)	52,25° с.ш.; 76,75° в.д.	0,91
6	50,3° с.ш.; 83,6° в.д. (Лениногорск)	50,25° с.ш.; 83,25° в.д.	0,85
7	43,6° с.ш.; 68,9° в.д. (Ащысай)	43,25° с.ш.; 68,75° в.д.	0,86
8	44,8° с.ш.; 65,5° в.д. (Кызылорда)	44,25° с.ш.; 65,25° в.д.	0,93
9	42,9° с.ш.; 71,3° в.д. (Тараз)	42,75° с.ш.; 71,25° в.д.	0,96
10	43,4° с.ш.; 77,5° в.д. (Есик)	43,25° с.ш.; 77,25° в.д.	0,93
11	44,5° с.ш.; 78,7° в.д. (Когалы)	44,25° с.ш.; 78,75° в.д.	0,91
12	46,8° с.ш.; 75,1° в.д. (Балхаш)	46,25° с.ш.; 75,25° в.д.	0,97
13	43,1° с.ш.; 76,9° в.д. (Алматы)	43,25° с.ш.; 76,75° в.д.	0,94
14	46,8° с.ш.; 61,7° в.д. (Аральское море)	46,25° с.ш.; 61,25° в.д.	0,98
15	49,1° с.ш.; 57,7° в.д. (Уил)	49,25° с.ш.; 54,75° в.д.	0,97
16	51,8° с.ш.; 68,4° в.д. (Атбасар)	51,75° с.ш.; 68,25° в.д.	0,90
17	47,5° с.ш.; 84,9° в.д. (Жайсан)	47,25° с.ш.; 84,75° в.д.	0,99
18	50,3° с.ш.; 52,6° в.д. (Жамбейта)	50,25° с.ш.; 52,75° в.д.	0,96

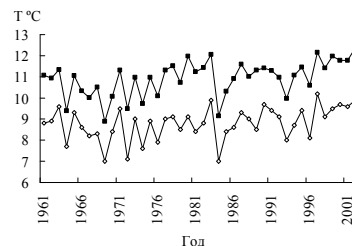
Во все годы рассматриваемого периода в Северном Прибалхашье, М Жайсане и М Таразе температура воздуха сеточного архива завышена. Наибольшая разница температур воздуха между наблюдаемыми на метеостанции и архивом имеет место в Балхаше, где среднегодовые температуры воздуха архива CRU TS 2.1 за период 1961...2002 гг. были завышены от 0,7 °С (в 1966 г.) до 1,9 °С (в 1962 г.). Среднегодовые температуры воздуха архива в Таразе от 0,3 до 1,4 °С, Жайсане от 0,2 до 1,1 °С. Следует отметить, что наибольшие различия температуры воздуха на М Балкаш и М Кызылорда приходятся на один и тот же год (1962 г.).

На ММ Костанай, Кызылорда, Караганда, Павлодар, Аральское море, Атбасар и Жамбейты среднегодовая температура воздуха архива CRU TS 2.1 завышены от 0,1...0,3 °С до 2,5...2,8 °С и занижены от 0,1 °С до 0,7 °С.

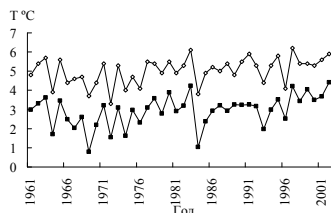




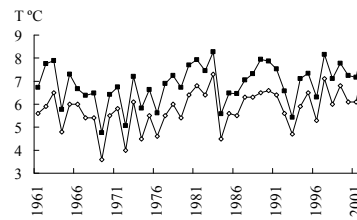
9



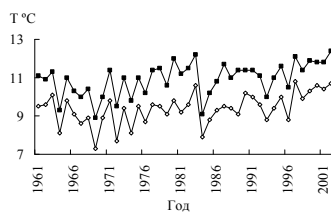
10



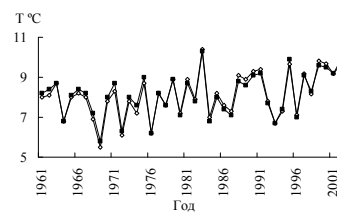
11



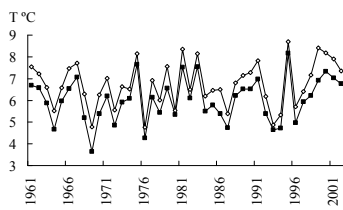
12



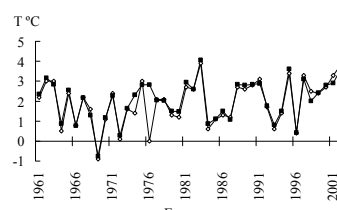
13



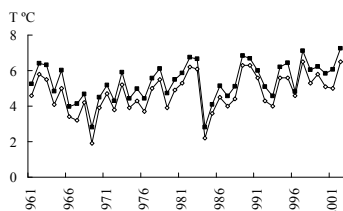
14



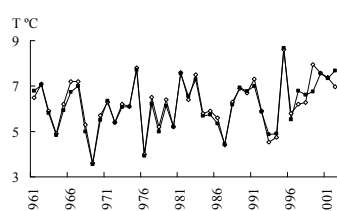
15



16



17



18

Рис. 1. Временной ход среднегодовых температур воздуха за период 1961...2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. 1 – фактические данные метеорологических станции, 2 – данные архива CRU TS 2.1. Нумерация метеостанций 1 – 18, см. табл. 1.

Если рассматривать горные районы Казахстана, то было установлено как завышение, так и занижение температуры воздуха сеточного архива (рис. 1). На М Лениногорск, М Ащысай и М Когалы значения температуры воздуха сеточного архива занижены на 1,0...3,1 °С, 0,9...3,2 °С и 1,5...2,9 °С соответственно. В предгорьях и низкогорьях Иле Алатау температура воздуха завышена от 1,1 до 2,8 °С (М Алматы, М Есик).

Особый интерес климатологов представляют климатические данные среднегорий и высокогорий. В связи с чем, нами был проведен сравнительный анализ данных сеточного архива и метеорологических станции, расположенных на хр. Иле Алатау. Установлено, что температура воздуха сеточного архива CRU TS 2.1 плохо отражает реальную температуру воздуха на высоте 2500...3000 м над уровнем моря, полученную путем наблюдений на метеорологических станциях. Так, например, ряды температуры воздуха сеточного архива отличалась от наблюдаемой температуры воздуха на среднегорной метеостанции оз. Улькен Алматы на 8,0...10,9 °С (положительная разница). Такое различие данных объясняется разреженностью сети станции данных районов. В архиве CRU TS 2.1 если для какого-либо месяца узел сетки оказывался более чем на 1200 км дальше от самой близкой станции, где имеются измерения температуры, то в этом узле за этот месяц присваивалось оценочное значение. В качестве такового бралось среднемноголетнее значение за период 1961...1990 гг. за этот месяц в этом узле сетки из архива CRU CL 1.0. Эта было сделано для того, чтобы массив данных был гарантированно полон как по пространству, так и по времени. При этом допускается, что если нет никакой характерной информации для данного момента времени, наилучшая оценка для этого момента времени – среднее многолетнее [5].

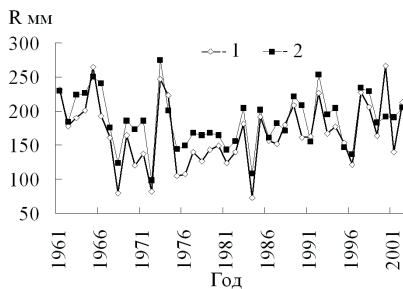
Сравнительный анализ годовых сумм осадков метеорологической станции и архива CRU TS 2.1. показывает, что существует хорошая согласованность хода осадков (табл. 2). На равнинной части территории Казахстана, между годовыми осадками метеостанций и архивом корреляционная связь высокая: 0,85...0,98. Однако на М Павлодар, М Тараз, М Жайсан и М Жамбейты корреляционная связь составляет 0,56, 0,62, 0,65 и 0,76 соответственно.

Разница между годовыми суммами осадков на М Тараз значительная (рис. 2). При этом годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 завышены от 0,6 мм (в 1981 г.) до 102,4 мм (в 1964 г.) и занижены от 15,6 мм (в 1987 г.) до 202 мм (в 1972 г.). На М Павлодар и М Жайсан годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 завышены от 3...4 мм до 76...84 мм и занижены от 8...12 мм до 158...164 мм. Тогда как на Жамбейтах завышены от 4 до 156 мм, занижены от 37 до 62 мм (рис. 2).

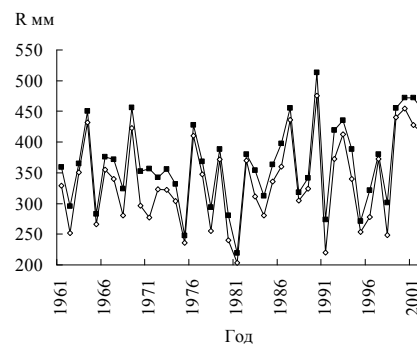
Таблица 2

Корреляционная связь между годовыми суммами осадков сеточного архива и метеостанций

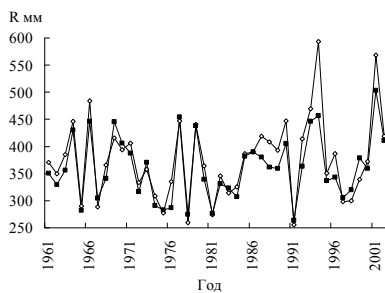
Номер сравниваемых точек	r
1	0,87
2	0,98
3	0,92
4	0,97
5	0,56
6	0,60
7	0,62
8	0,89
9	0,63
10	0,82
11	0,81
12	0,85
13	0,83
14	0,87
15	0,94
16	0,87
17	0,65
18	0,76



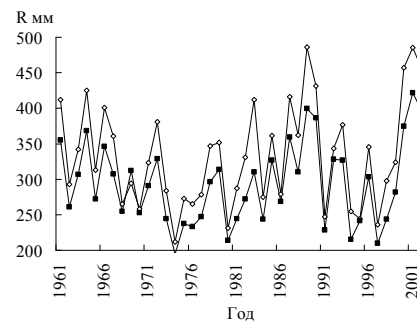
1



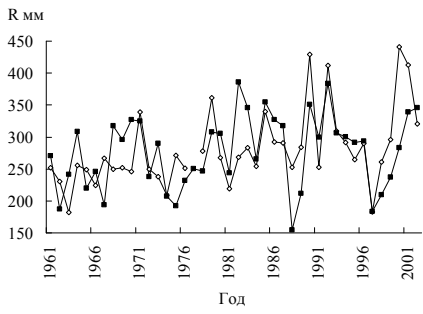
2



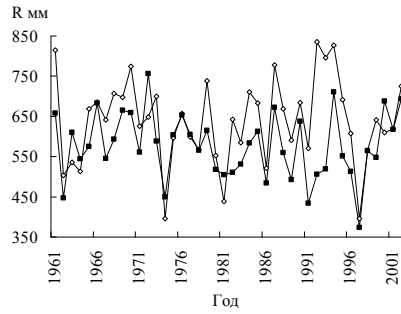
3



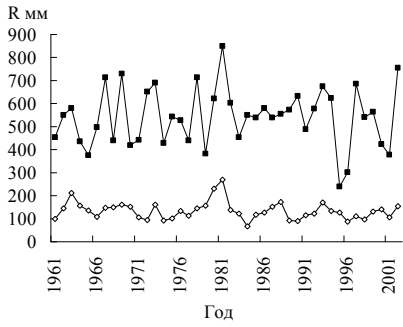
4



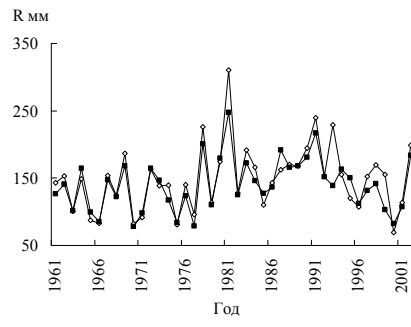
5



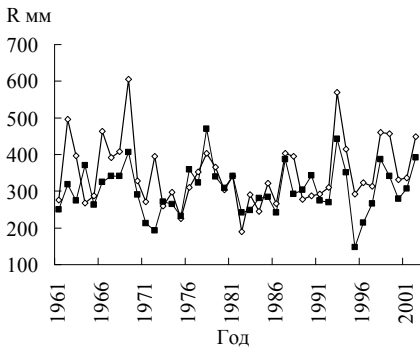
6



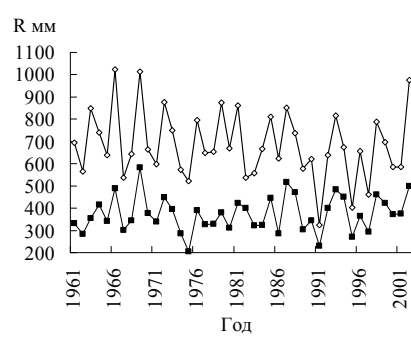
7



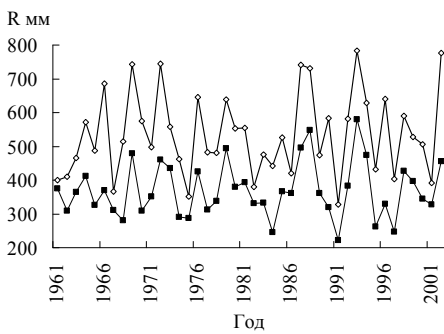
8



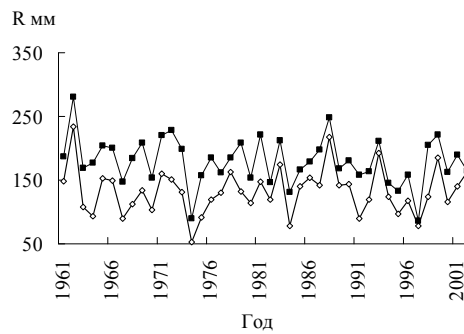
9



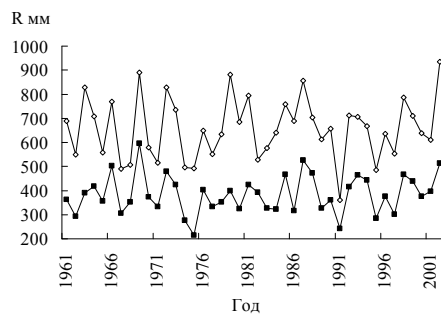
10



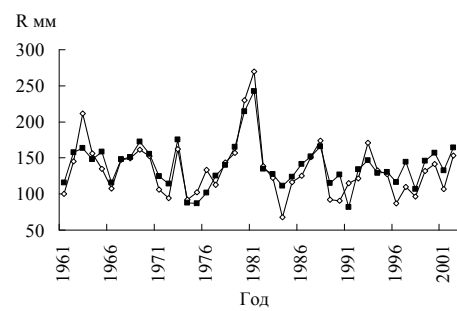
11



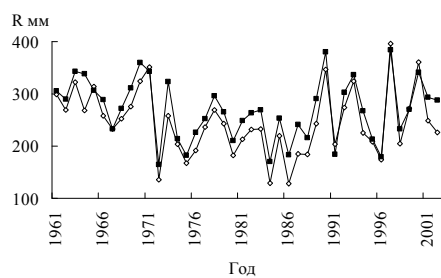
12



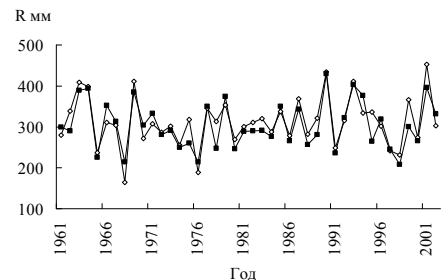
13



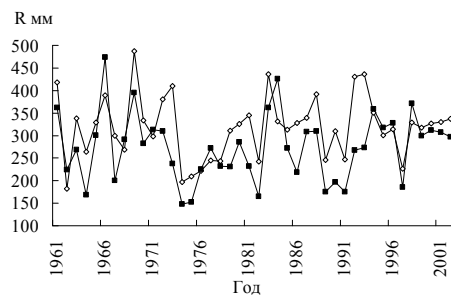
14



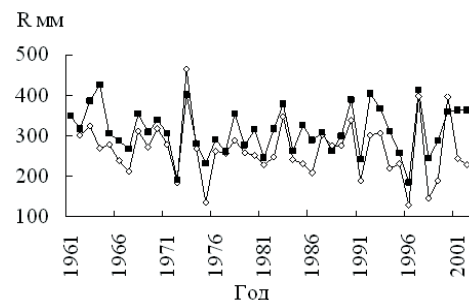
15



16



17



18

Рис. 2. Временной ход годовых сумм осадков за период 1961...2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. 1 – фактические данные метеорологических станций, 2 – данные архива CRU TS 2.1. Нумерация метеостанций 1 – 18, см. табл. 1.

В северном Прибалхашье разница между годовой суммой осадков на метеостанции Балхаш и годовой суммой осадков архива CRU TS 2.1 составляет от 2 мм (в 2002 г.) до 84 мм (в 1964 г.), при этом во все годы периода 1961...2002 осадки архива были завышены. Для территории со скудным увлажнением, к которой относится Северное Прибалкашье, такое различие в осадках считается значительным. Использование осадков архива CRU TS 2.1 для данной территории могут давать ошибочные результаты, например в долгосрочном прогнозировании.

Что касается горных районов, то и здесь разница между годовыми количествами осадков значительная. В горных районах Балхаш-Аллакольского бассейна корреляционная связь между годовыми суммами осадков метеостанций и архива составляет 0,81...0,83. Осадки архива CRU TS 2.1 занижены в Есике от 94 мм (в 1991 г.) до 534 мм (в 1966 г.), в Когалах – от 64 (в 1975 г.) до 321 мм (в 2002 г.), в Алматы – от 225 мм (в 1994 г.) до 438 мм (в 1963 г.).

Корреляционная связь между фактическими данными годовых сумм осадков метеостанции Лениногорск и годовых сумм осадков архива CRU TS 2.1 составляет 0,60. В некоторые годы суммы осадков архива завышены от 7 мм (в 1975 г.) до 108 мм (в 1972 г.) и занижены от 1 мм (1978 г.) до 330 мм (в 1992 г.).

В центральной части хр. Каратау (Ащысай) годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 занижены от 58,3 мм (в 1964 г.) до 425,6 мм (1967 г.). Теснота связи между ними составляет 0,62.

В среднегорье хребта Иле Алатау (оз. Улькен Алматы) годовые суммы осадков сеточного архива значительно меньше данных метеорологической станции (285...625 мм).

Таким образом, климатические данные представленные в архиве CRU TS 2.1 достаточно хорошо характеризуют климат равнинной части (там где плотная сеть станций) Казахстана, следовательно их вполне можно использовать для исследования. Это в первую очередь касается температуры воздуха. Осадки архива CRU TS 2.1 имеют большие погрешности. Выбор климатических данных по горным районам из архива необходимо проводить после тщательного анализа, в связи со значительными погрешностями данных. Результаты авторов следует считать предварительными, так как только на основе глубоких оценок точности данных архива CRU TS 2.1 применительно к территории Казахстана, с использованием всех имеющихся данных архива (в том числе и месячных) в узлах регулярной сетки можно сделать конкретные выводы. Тем не менее, на основе предварительных результатов, очевидно, что точность воспроизведения температуры воздуха на территории Казахстана глобальным климатическим архивом CRU TS 2.1 высокая (там, где плотная сеть станций), чем у осадков. Отметим, что для многих исследований альтернативы использованию сеточных климатических архивов на территории Казахстана пока не существует (кроме климатических данных РГП «Казгидромет»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов. Т. 5 / Под науч. ред. В.Г. Сальникова. – Алматы, 2012. – 430 с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Аристова Л.Н., Клещенко Л.К. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России. // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 10. – С. 5-23.
3. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальным климатическим архивом // Метеорология и Гидрология. – 2009. – № 10. – С. 79-89.
4. Переведенцев Ю.П. Теория климата: Учебное пособие. 2 изд. перераб. и доп. – Казань: Казан. гос. унив., 2009. – 504 с.
5. Fekete B.M., Vorosmarty C.J., Roads J.O., and Willmott C.J.. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates. // Journal of Climate. – 2004. – № 1. – P. 294-304.
6. New M., Hulme M., Jones P. Representing twentieth-century space time climate variability. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology // J. Climate. – 1999. – №3 – Vol. 12. – P. 829-856.
7. Mitchel T. CRU TS 2.1. Documentation: Introduction. [Электрон. ресурс].–2013. – URL: http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/CRU_TS_2_1.html (дата обращения: 28.05.2013 г.).

Поступила 3.09.2013

Геогр. ғылымд. канд. Э.П. Кожаметова
А.Р. Загидуллина
Т.Б. Аппазова

CRU TS 2.1 КЛИМАТТЫҚ МҰРАҒАТЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ МЕН ЖАУЫН- ШАШЫНДЫ ҚАЙТАЛАУ ДӘЛДІГІ

Мақалада CRU TS 2.1 жаһандық кесте мұрағатының климаттық мәліметтері (ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын) қарастырылған. Қазақстан территориясында CRU TS 2.1 мұрағатының ауа температурасы мен жауын-шашын мәліметтері бақыланған мәліметтерді елеулі дәлсіздікпен қайталайды.

УДК 551.501+528.388

Ж.К. Ахмадиева *
Канд. геогр. наук С.А. Долгих **

К МОДЕРНИЗАЦИИ РЕПЕРНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ РГП «КАЗГИДРОМЕТ»

*РЕПЕРНАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ, ГЛОБАЛЬНАЯ СЕТЬ
НАБЛЮДЕНИЙ, МЕТАДААННЫЕ, АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙ-
СТВИЕ, РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОД-
НОРОДНОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ*

В статье дана оценка современного состояния реперной климатической сети РГП «Казгидромет». На базе этой оценки даны рекомендации по ее усовершенствованию, в соответствии с требованиями к организационным основам построения реперной сети наблюдений за климатом Всемирной Метеорологической Организации (ВМО).

В связи с наблюдаемым изменением глобального климата возрастает актуальность корректной оценки его изменения. Несколько мировых центров поддерживают независимые комплекты данных метеорологических наблюдений. Например, ежегодные заявления ВМО о состоянии глобального климата основываются на трех таких комплектах, формируемых Центром Гадлея Метеорологического бюро Соединенного Королевства (СК) и Отделом исследований климата Университета Восточной Англии (HadCRU) в СК; Национальным центром климатических данных Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НЦКД-НУОА) в США и Институтом космических исследований им. Годдарда (ГИСС) Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) в США. Но все эти комплекты данных опираются на данные национальных сетей наблюдений за климатом. При этом каждый из этих центров по-своему решает проблему неоднородности временных рядов наблюдений за климатом и неравномерности распределения метеорологических станций (М) по Земному шару. В результате

* АО Жасыл Даму МООС РК, г. Алматы

** РГП «Казгидромет», г. Алматы

комплекты данных НЦКД и ГИСС (т. е. объединенный комплект данных) содержат данные с 1880 г., а комплект данных HadCRU – с 1850 г.

В соответствии с Наставлением по Глобальной системе наблюдений [1], страны-члены ВМО должны поддерживать приземную сеть Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК) – глобальную опорную (реперную) сеть, состоящую приблизительно из 1 000 выбранных станций приземных наблюдений для ежедневного мониторинга глобальной и крупномасштабной изменчивости климата. Каждый Член ВМО должен установить и содержать как минимум одну контрольную реперную климатологическую станцию для определения климатических трендов [4]. Это требование относится к покрытию глобальных потребностей в общем описании метеорологических явлений и процессов, происходящих в крупном и планетарном масштабах.

Для удовлетворения потребностей, изложенных региональными ассоциациями ВМО, создаются и поддерживаются региональные опорные сети климатологических станций. Кроме этого, для удовлетворения национальных потребностей странами-членами создаются национальные сети. Национальная сеть климатологических станций должна давать удовлетворительное представление о климатических характеристиках всех типов поверхности на территории соответствующей страны-члена (например: равнины, горные регионы, плато, берега, острова и т. д.). Такие станции должны обеспечить более чем 30-ти летний период однородных записей и быть расположены там, где изменения в окружающей среде были минимальными и будут, как ожидается, оставаться минимальными. Вводя в действие свои национальные сети, страны-члены должны учитывать необходимость укомплектования глобальных и региональных сетей.

В последние два десятилетия в сети наблюдений на реперных климатологических станциях (РКС) РГП «Казгидромет» происходили некоторые изменения, которые, возможно, повлияли на их репрезентативность и нарушили однородность временных климатических рядов. Среди таких изменений, например, смена местоположения некоторых пунктов наблюдений, изменение условий защищенности пункта наблюдений, смена приборов наблюдений и др. Особенно сильно в последние годы усилилось антропогенное воздействие в крупных городах на местность вокруг метеостанций, что является одной из причин нарушения однородности климатических рядов наблюдений. В связи с этим, а также с учетом того, что проверка репрезентативности окружающей среды РКС в Казахстане, вхо-

дящих в Глобальную сеть наблюдений ВМО, в последний раз проводилась в 1978...1979 гг., назрела необходимость оценки состояния действующей реперной сети с точки зрения соответствия требованиям ВМО.

Оценка состояния действующей РКС базировалась на анализе метаданных станций с точки зрения соответствия требованиям Руководства ВМО по приземной Глобальной сети наблюдений за климатом [3]. Здесь использовался принцип пропорционального представительства РКС в отношении метеорологического режима информативно-однородных зон (физико-географических районов). Кроме того, временные ряды наблюдений на РКС тестировались на однородность с помощью программного обеспечения RHtestsV3 (разработка Канадского Департамента Климатических Исследований) [8].

Результаты оценки показали, что действующая реперная сеть в Казахстане не совсем соответствует принципу равномерного и пропорционального размещения РКС. Наблюдательная сеть РГП «Казгидромет» включает 33 РКС, что составляет менее 13 % от общего числа М (рис.). Учитывая масштабность территории Казахстана и разнообразие физико-географических зон и районов, такая редкая реперная сеть не отражает все особенности климатических условий различных ландшафтов страны. Согласно требованиям ВМО, для определения тенденций изменения климата в различных климатических зонах расстояние между РКС в широтах Казахстана должно составлять не более 200 км и освещать каждую климатическую подобласть или физико-географический район [1]. Так, например, в России реперная сеть имеет относительно равномерное распределение по всей территории и количество РКС составляет 28 % от всего числа М.

Реперная сеть в Казахстане также не совсем корректно отражает агроклиматические зоны увлажненности на территории Казахстана [2]. Так, например, умеренно-влажная зона представлена только одной РКС Петропавловск, расположенной на границе двух подзон с разными показателями увлажненности. В очень сухой зоне Кызылординской области РКС Аральское море и Казалинск близко расположены друг от друга и к Аральскому морю, в то время как остальная огромная континентальная часть области неприкрыта РКС. Сухая предгорная зона, сильно вытянутая вдоль горных хребтов, представлена РКС только на западе (Ачисай) и на востоке (Кокпекты). В то время как в центральной части (Алматинская область) не имеется РКС. Умеренно-засушливая зона вообще не отражена РКС. Очень влажная горная представлена РКС только в западной части

(Чуулдак), восточная же часть так же непокрыта РКС. В действующей реперной сети также нет станций, расположенных в ландшафтных государственных заповедниках, хотя этого требуют придерживаться правила руководство ВМО [1].

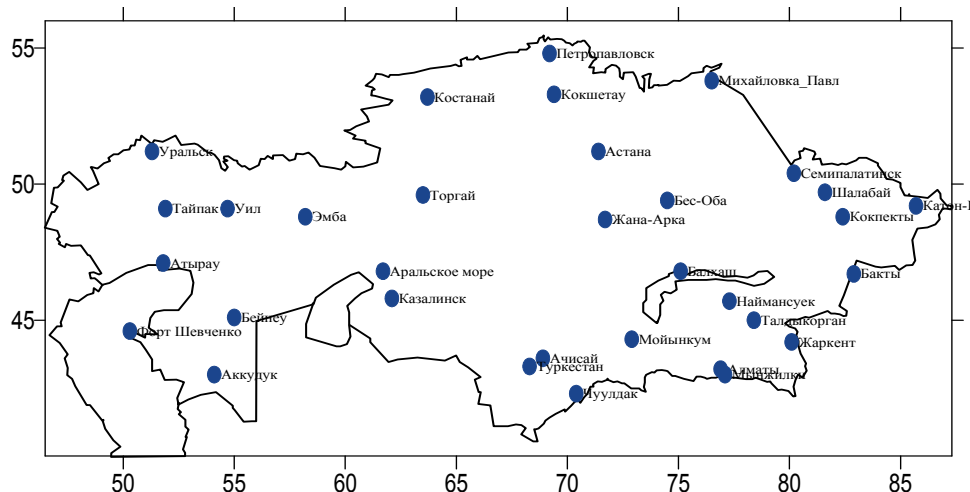


Рис. Действующая реперная климатическая сеть РПП «Казгидромет».

Особенно важно выявить нарушение однородности климатических рядов на РКС под воздействием факторов не климатического характера. К таким факторам можно отнести: перенос пункта наблюдений, изменение условий защищенности пункта наблюдений, изменение сроков наблюдений, смена типов средств измерений, изменение методик производства наблюдений, изменение начала метеорологических суток, смена персонала станции. Важно, чтобы временные вариации рядов являлись причиной только климатических изменений.

По требованиям ВМО изменение окружающей местности РКС, вызванное деятельностью человека, должно быть минимальным (в радиусе как минимум 200 м). Однако, в последние годы большинство РКС, особенно расположенных в крупных городах Казахстана, не соответствуют строгим требованиям ВМО. На близлежащие окрестности станций оказывается усиленное антропогенное воздействие (строительство жилых и промышленных зданий близ метеоплощадок, прокладка новых асфальтированных дорог, рост давно высаженных деревьев и др.). Можно предположить, что и в дальнейшем такое воздействие будет продолжаться, пока не будут внесены изменения в Земельный кодекс РК относительно буферной зоны вокруг метеорологических станций, особенно вокруг РКС.

За весь период наблюдений на РКС неоднократно менялись сроки наблюдений. Например, до 1936 г. наблюдения проводились 3 раза в сутки, в период 1936...1965 гг. – 4 раза, с 1 января 1966 г. – 8 раз (через каждые 3 часа). Также неоднократно на станциях менялись типы средств измерений. Например, дождемеры заменялись осадкомерами Третьякова, флюгеры с тяжелой и легкой доской – анеморумбометрами. Изменение начала метеорологических суток также может стать причиной нарушения однородности климатических временных рядов, так как в данном случае меняется арифметическое осреднение наблюдений. До 1992 г. время наблюдений было московское, с 1993 г. – гринвичское. Изменение методик производства наблюдений и смена персонала станции также могут стать причиной нарушения однородности климатических рядов.

Оценка влияния факторов не климатического характера на однородность временных климатических рядов проводилась по всем РКС путем тестирования с помощью пакета программ RНtestsV3, рекомендованного ВМО для этих целей [8]. Данный пакет может быть использован для определения и корректировки множественных точек сдвига, которые могут существовать в сериях данных, и которые могут иметь ошибку авторегрессии 1-го порядка. Пакет основан на корректирующих максимальных t-тесте (penalized maximal t test, [6]) и F-тесте (the penalized maximal F test, [7]), которые встроены в рекурсивный тестирующий алгоритм [8] с учетом эмпирически оцененной автокорреляции 1-го порядка (если она имеет место). Тестируемые временные ряды могут не иметь тренд или иметь линейный тренд во всем периоде записей. Однородные ряды, которые хорошо коррелируют с базовыми рядами, могут использоваться как опорные (контрольные) ряды. Однако в пакете RНtestsV3 определение точек сдвига возможно также, когда однородные контрольные ряды не доступны.

В качестве входных данных для программы использовались среднемесячные значения приземной температуры воздуха за весь период наблюдений (со дня открытия и по настоящее время). Тестирование рядов показало, что на некоторых РКС средние месячные температуры являются статистически однородными. На других, где выявлены немногочисленные значимые точки сдвига, они не подтверждаются метаданными и объясняются резкими изменениями метеорологических условий.

На базе детальной оценки состояния действующих РКС были разработаны рекомендации о внесении изменений в региональную опорную климатическую сеть РГП «Казгидромет», среди которых:

1. Предлагается исключить из реперной сети станции, расположенные в крупных городах Казахстана, как не соответствующие требованиям ВМО (РКС Астана, Алматы, ОГМС, Петропавловск, Семипалатинск и Атырау) и заменить их на станции, относящиеся к соответствующей агроклиматической зоне и удовлетворяющие требованиям ВМО;

2. РКС Наймансуек исключить из списка реперных станций, так как станция закрылась в 2010 г. вследствие затопления, и заменить ее на М Аул-4, как соответствующую требованиям ВМО к РКС;

3. Включить в список РКС М Маркаколь заповедник и М Докучаевка (Наурузумский заповедник) как станции, расположенные в ландшафтных государственных заповедниках;

4. Для более полного и равномерного освещения климатических зон внести в реперную сеть дополнительные станции, соответствующие требованиям ВМО к РКС;

5. В процессе работы с метаданными метеорологических станций выявилось, что исторические данные по некоторым станциям устаревшие и не соответствуют требованиям ВМО к метаданным. Так, например, М Алматы, Каменское плато указывается как станция 3 разряда, хотя наблюдения проводятся по 2-му разряду. В связи с этим предлагается провести работу по обновлению историй метеорологических станций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наставление по Глобальной системе наблюдений. Часть I. – ВМО, № 544, 2003. – 52 с.

2. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1. / Природные условия и ресурсы. – Алматы, 2006. – 125 с.

3. Руководство по приземной сети ГСНК (ПСГ) и аэрологической сети ГСНК (ГУАН). – WMO/TD-1558 GCOS-144. 2010. - 38 с.

4. Guide to Climatological Practices. // WMO. – № 100. – 2011. - 117 p.

5. Wang, X. L. Accounting for autocorrelation in detecting mean-shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test//J. Appl. Meteor. Climatol. 2008. - № 47. – PP. 2423-2444.

6. Wang, X. L., Wen Q. H., Wu Y. Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series//J. Appl. Meteor. Climatol. 2007. - № 46 (6). - PP. 916-931.

7. Wang, X. L. Penalized maximal F-test for detecting undocumented meانشifts without trend-change// J. Atmos. Oceanic Tech. 2008.- № 25 (3). - PP. 368-384.

8. Wang, X. L., Y. Feng. RHtestsV3. Руководство пользователя. 2010.
- 30 с. (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>).

Поступила 3.07.2013

Ж.К. Ахмадиева

Геогр. ғылымд. канд. С.А. Долгих

**«ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК РЕПЕРЛІК КЛИМАТТЫҚ БАҚЫЛАУ
ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ**

Мақалада «Қазгидромет» РМК реперлік климаттық жүйесінің қазіргі жағдайына баға берілген. Осы бағаның негізінде оны жетілдіру үшін, Әлемдік Метеорологиялық Ұйымның (ӘМҰ) реперлік бақылау жүйелерінің салынуын басқару негіздерінің талаптарына сай ұсыныстар берілді.

УДК 551.524.34(574)

Л.А. Ерисковская *

**СКОРОСТЬ ВЕТРА И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА
НА ЛЕДНИКЕ ТУЙЫКСУ***ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, СКОРОСТЬ ВЕТРА, СИНОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЛЕТНИХ МЕСЯЦЕВ, КЛИМАТ*

В статье рассматривается среднемесячная температура воздуха и скорость ветра за летний сезон. Для исследования взяты данные гляциологического стационара ледника Туйыксу за период 1972...2011 гг.. Исследована повторяемость синоптических процессов (по типизации Б.Л. Дзердзеевского) при максимальной и минимальной скорости ветра, а также подсчитано число случаев по различным градациям скорости ветра в благоприятные и неблагоприятные для оледенения годы.

Введение

Задачам перспективного планирования с учетом природных ресурсов в нашей стране придают большое значение. В настоящее время внимание ученых все более и более сосредоточивается на высокогорных районах. Но еще бóльший научно-практический интерес представляют ледники, так как ледники – аккумуляторы влаги. Вода в ледниках консервируется на много сотен и тысяч лет. Именно ледники можно назвать гигантскими естественными хранилищами пресной воды. Для анализа был взят репрезентативный ледник Туйыксу, станция наблюдения располагается на морене возле ледника на высоте 3450 м, где ведутся круглогодичные наблюдения лабораторией гляциологии Института Географии с 1972 года. Проанализированная научная информация высылается во Всемирную службу мониторинга ледников.

Метеорологические исследования

Особенно большой научно-практический интерес представляют метеопроцессы при экстремальных значениях годового баланса массы ледников. Положительный баланс массы ледника Туйыксу за период 1972...2011 гг. был в 1981, 1993, 2003, 2004, 2009, 2010 гг. – это благоприятно.

* Институт географии, г. Алматы

ятные для оледенения годы (бл/г), когда снеговая линия (граница питания) ледника была ниже средней многолетней, и на долю области питания приходилась бóльшая часть площади ледника. Во все остальные годы указанного периода преобладал отрицательный баланс, особенно резко выраженный в 1978, 1984, 1991, 1997, 2005, 2006, 2007, 2008 гг. – неблагоприятные для оледенения годы (нбл/г) с максимально высоким положением границы питания ледника.

Особенно чувствительны ледники к изменениям летней температуры воздуха, на которую влияют многие факторы. Одним из факторов является изменение скорости ветра. При анализе метеорологических данных использовались среднемесячные значения температуры воздуха и скорости ветра. В процессе обработки полученных материалов была получена средняя температура воздуха за летний сезон при максимальной и минимальной скорости ветра в нбл/г и бл/г за исследуемый период (табл. 1).

Таблица 1

Средние месячные значения метеозлементов на леднике Туйыксу

Год	Метеозлемент					
	V ₁	T ₁	V ₂	T ₂	V ₃	T ₃
неблагоприятный	3,0	5,8	1,6	5,6	0,5	4,1
благоприятный	2,6	5,6	1,3	4,6	0,3	3,2

Примечание: V₁ – максимальная скорость ветра в м/с; T₁ – температура воздуха при максимальной скорости ветра, °С; V₂ – средняя месячная скорость ветра в м/с; T₂ – средняя месячная температура воздуха, °С; V₃ – минимальная скорость ветра в м/сек; T₃ – температура воздуха при минимальной скорости ветра, °С.

Как рассматривалось в [3, 4, 5] наиболее важным периодом, влияющим на баланс массы ледника, является теплый период в основном летние месяцы. **Максимальная скорость ветра** в нбл/ была 3,0 м/с, температура воздуха – 5,8 °С; в бл/г скорость ветра – 2,6 м/с, температура воздуха – 5,6 °С. **Минимальная скорость ветра** была в нбл/г 0,5 м/с, температура воздуха – 4,1 °С; в бл/г скорость ветра 0,3 м/с, температура воздуха – 3,2 °С. При максимальной скорости ветра температура воздуха существенно выше, чем при минимальной, как в нбл/г, так и в бл/г. В бл/г скорость ветра меньше, температура воздуха ниже, чем в нбл/г, но незначительно.

Синоптические процессы

Большое влияние на все метеозлементы оказывают синоптические процессы. Для такого анализа использовалась типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б.Л. Дзердзеевским для Северного полушария [1, 2]. 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. В случае ЭЦМ (элементарный циркуляционный механизм) *13л* полярное вторжение отсутствует, отмечаются обширная депрессия над Арктическим бассейном и циклоническая деятельность на континентах [6]. 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 [7]. Рост повторяемости южных циклонов, имеющих малые радиусы действия, большие скорости перемещения и резкие контрасты температур на фронтах, вызывает увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха в разных регионах, в частности, в горных районах в тёплое время года [6]. В 20 в. повторяемость ЭЦМ *13л* росла. Правда, в конце столетия число суток с типом циркуляции *13л* в летний период стало уменьшаться, но влияние данного ЭЦМ еще велико [3]. В связи с уменьшением ЭЦМ *13л* стало увеличиваться продолжительность других ЭЦМ, в частности типа *12* [4]. При ЭЦМ *12бл* и *12вл* средиземноморские циклоны выходят на Казахстан. Рост суммарной продолжительности ЭЦМ *12*-го типа и чередование их с ЭЦМ *13*-го создали наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, резких контрастов температуры воздуха и других метеоэлементов. При исследовании синоптических процессов использовался материал с сайта [http:// www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru). На их основе определялось число случаев ЭЦМ за месяц, затем подсчитывались их средние значения отдельно за бл/г и нбл/г.

Было выявлено число случаев ЭЦМ при максимальной и минимальной скорости ветра (табл. 2). Число случаев с максимальной и минимальной скоростью ветра преобладает при типе циркуляции *13л*. В бл/г при максимальной скорости ветра добавляются *12а*, при минимальной – *12л*, *9*. В нбл/г при максимальной скорости – *10-й*, при минимальной – *9-й* тип ЭЦМ.

По исследованиям Макаревича К.Г, Пальгова Н.Н, Токмагамбетова Г.А [8] на леднике Туйыксу преобладала скорость ветра больше 2 м/с в летнее время в первой половине 20-го века. В конце 20-го и в начале 21-го века скорость ветра стала значительно меньше [5]. Была проанализирована повторяемость числа случаев скорости ветра (в сутках) при различных ЭЦМ (табл. 3).

Таблица 2

Число случаев (сутки) в % скорости ветра за летний период

ЭЦМ	Минимальная скорость ветра в м/с		Максимальная скорость ветра в м/с	
	нбл/г	бл/г	нбл/г	бл/г
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3,0	3,9	8,8	0,0
3	6,1	15,8	8,8	0,0
4	0,0	0,0	0,0	9,1
5	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	3,9	2,9	9,1
7л	0,0	0,0	11,8	4,5
7з	0,0	0,0	0,0	0,0
8а	3,0	0,0	0,0	0,0
8б	6,1	0,0	2,9	9,1
8в	0,0	3,9	0,0	0,0
8г	3,0	0,0	0,0	0,0
9	24,2	15,8	8,8	9,1
10	9,1	3,9	14,7	4,5
11	0,0	0,0	0,0	0,0
12а	6,1	7,9	2,9	13,7
12г	0,0	0,0	0,0	0,0
12л	6,1	11,8	5,9	0,0
12з	0,0	0,0	0,0	0,0
13з	0,0	0,0	0,0	0,0
13л	33,4	33,0	32,4	27,3

Таблица 3

Число случаев (сутки) средних значений скорости ветра по градациям в летний период

ЭЦМ	Скорость ветра от 0,0 до 1,0 м/с		Скорость ветра от 1,1 до 2,0 м/с		Скорость ветра $\geq 2,1$ м/с	
	нбл/г	бл/г	нбл/г	бл/г	нбл/г	бл/г
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,6	0,5	0,6	0,3	1,0	0,3
3	0,5	0,4	1,0	0,3	0,3	0,1
4	0,4	0,8	1,0	1,1	0,6	0,2
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2
7л	0,2	0,1	0,4	0,0	0,5	0,3
7з	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
8а	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
8б	0,1	0,3	0,5	0,4	0,3	0,1
8в	0,0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,4
8г	0,1	0,5	0,3	0,4	0,0	0,0
8гз	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2
9	1,5	2,1	1,9	1,2	0,4	0,6
10	0,9	1,4	1,3	0,5	0,5	0,1

ЭЦМ	Скорость ветра от 0,0 до 1,0 м/с		Скорость ветра от 1,1 до 2,0 м/с		Скорость ветра ≥ 2,1 м/с	
	нбл/г	бл/г	нбл/г	бл/г	нбл/г	бл/г
<i>11</i>	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,5
<i>12a</i>	0,5	1,3	0,5	0,9	0,2	0,5
<i>12z</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>12л</i>	0,5	1,2	0,5	1,3	0,1	0,2
<i>12з</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>13з</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>13л</i>	3,7	4,6	4,4	3,8	1,9	2,2
ч/с	9,6	14,3	13,0	11,1	6,7	6,6
T °C	4,9	4,1	5,7	4,7	5,8	5,3

Примечание: ч/с – среднее число случаев скорости ветра, T °C – средняя температура воздуха при различной скорости ветра.

При анализе табл. 3 видим, что скорость ветра преобладает в интервале от 1,1 до 2,0 м/с. Наибольшее число случаев в бл/г в интервале от 0,0 до 1,0 м/с при температуре воздуха значительно ниже, чем при других градациях. В нбл/г при всех градациях скорости ветра температура выше, чем в бл/г. Таким образом, при анализе табл. 3 видим, что при увеличении скорости ветра за летний период на леднике Туйыксу температура воздуха возрастает. При всех градациях скорости ветра преобладает ЭЦМ *13л*. При градации от 0,0...1,0; 1,1...2,0 м/с добавляется тип 9. В бл/г при градации от 0,0...1,0 м/с существенно добавляется тип *12a*, при градации от 1,1...2,0 м/с – 4, *12л*.

Заключение

Таким образом, как рассматривалось ранее, даже незначительное повышение температуры воздуха в летний период влияет на абляцию ледника. Одним из факторов, влияющим на температуру воздуха, является изменение скорости ветра, которая определяется синоптическими процессами. При максимальной скорости ветра температура воздуха выше, чем при минимальной, как в нбл/г, так и в бл/г. В бл/г скорость ветра меньше, температура воздуха ниже, чем в нбл/г. Число случаев с максимальной и минимальной скоростью ветра в летний период преобладает при типе циркуляции *13л*. В бл/г при максимальной скорости ветра добавляется тип *12a*, при минимальной – *12л*, 9. В нбл/г при максимальной скорости ветра – 10-й, при минимальной – 9-й тип ЭЦМ. Наиболее часто повторяются ветры в градации от 1,1 до 2,0 м/с. Наибольшее число случаев в бл/г от 0,0 до 1,0 м/с и температура воздуха значительно ниже, чем при других градациях. В нбл/г при всех градациях скорости ветра температура выше, чем в бл/г. Таким образом, за исследуемый период при увеличении скорости ветра в летний период на леднике Туйыксу температура воздуха возрастает. При всех градациях скорости ветра преобладает ЭЦМ *13л*. При града-

ции от 0,0...1,0; 1,1...2,0 м/с добавляется тип 9. В бл/г при градации от 0,0...1,0 м/с добавляется тип 12а, при градации от 1,1...2,0 м/с – 4, 12л.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. – М.: 1975. – 285 с.
2. Дзердзеевский Б.Л. Проблемы колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // Воейков и современные проблемы климатологии. – Л.: 1956. – С. 109-122.
3. Ерисковская Л.А. Метеорологическая обусловленность колебания границы питания на леднике Туяксу // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 2. – С. 79-88.
4. Ерисковская Л.А. Метеорологическая характеристика режима ледника Туяксу // МГИ. – 2009. – Вып. 107. – С. 130-136.
5. Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков на леднике Туяксу // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 4. – С. 108-117.
6. Кононова Н.К. Исследование многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии // МГИ. – 2003. – Вып. 95. – С. 45-65.
7. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века. – М.: 2009. – 370 с.
8. Макаревич К.Г., Пальгов Н.Н., Токмагамбетов Г.А. Оледенение Заилийского Алатау. – М: 1969. – 287 с

Поступила 6.06.2013

Л.А. Ерисковская

ЖЕЛ ЖЫЛДАМДЫҒЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНА ӘСЕРІ

Мақалада 1972...2011 жылдардағы кезеңде Тұйықсу мұздығы стационарының гляциологиялық деректері бойынша жаз мезгіліндегі жел жылдамдығы, орташа мерзімдік ауа температурасы қарастырылған. Процестегі желдің максималды әрі минималды жылдамдығы кезінде градиент бойынша мұзбасу жылдарында сондай-ақ қолайлы және қолайсыз жағдай есепке алынған синоптикалық процестердің қайталануы зерттелген (Б.Л. Дзердзеевскийдің типизациясы бойынша).

УДК 55:502.64.185

Канд. с-х. наук	Н.Э. Бекмухамедов *
Канд. техн. наук	Н.Р. Муратова *
Канд. геогр. наук	С.М. Северская *

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ
КОРМОВЫХ УГОДИЙ НА ПОДСПУТНИКОВЫХ ПОЛИГОНАХ
КАЗАХСТАНА**

ПРОЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ, УРОЖАЙ ПАСТБИЩ, ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС, СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОТРАЖЕНИЯ, СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В работе дана методика определения продуктивности естественных кормовых угодий, основанная на совместном использовании наземных данных и спутниковой информации. Таким образом, мониторинг естественных кормовых угодий позволяет достаточно надежно прогнозировать их урожайность.

За последние годы в Казахстане отмечается рост поголовья скота, что обуславливает необходимость систематического наблюдения за состоянием пастбищных угодий, получения оперативной информации о направлении и масштабах происходящих в них изменений. На современном техническом уровне проблема получения информации о состоянии естественных кормовых угодий решается с применением дистанционных методов, позволяющих оперативно получать достаточно полный объем сведений о состоянии пастбищных экосистем на обширной территории республики. Космические снимки, обладая значительной обзорностью и информативностью, позволяют объективно оценить обстановку и принять эффективные меры, направленные на сохранение природных кормовых угодий и их рациональное использование. Для калибровки данных дистанционного зондирования, разработки методов тематического дешифрирования растительности пастбищ и интерпретации космических изображений в ДТОО ИКИ АО НЦКИТ развернуты подспутниковые исследования.

На первом этапе работ были разработаны методические основы подспутниковых наблюдений растительного покрова, определены дистанционные индикаторы экологического состояния пастбищ.

* ИКИ им. акад. У.М. Султангазина, г. Алматы

Для выбора репрезентативных участков наблюдений было проведено специальное эколого-геоботаническое районирование территории Казахстана. Для каждого округа отмечены места расположения преобладающих (менее всего нарушенных) коренных типов сообществ кормовых угодий, которые можно рассматривать в качестве эталонов при определении нарушенности растительного покрова.

На основе анализа особенностей спектральных характеристик естественной растительности были выбраны наиболее информативные периоды проведения подспутниковых наблюдений за растительностью пастбищ. Для получения достоверной наземной информации, используемой для калибровки и интерпретации данных дистанционного зондирования (ДДЗ), графики наземных наблюдений привести в соответствие с датами космических съемок. При оценке биомассы растительного покрова, рекомендовано ориентироваться на установленные пики максимумов урожайности растительности по сезонам; анализировать количественные показатели веса в сыром и в воздушно-сухом виде.

Среди важных дистанционных индикаторов в характеристике экологического состояния фитоценозов, регламентирующих ресурсы пастбищ аридной зоны, является сбитость (пастбищная дигрессия) растительного покрова. Поэтому в процессе экспериментальных работ были разработаны методы индикации этого показателя по материалам разномасштабной космической съемки и оценена их достоверность. В основу всех разработок положен принцип двухуровневого изучения объекта: космическая съемка и подспутниковые наземные наблюдения на тестовых участках. Различный уровень генерализации, присущий каждой из этих ступеней, позволяет с максимальной степенью достоверности дешифровать данные спутниковой информации, классифицировать объекты и происходящие процессы. Самым агрессивным фактором в процессе деградации естественных кормовых угодий является пастбищная дигрессия – постепенное изменение растительного сообщества под воздействием чрезмерной или долговременной пастбищной нагрузки. Для диагностики этих изменений нами проводятся специальные подспутниковые исследования, в ходе которых при наземном обследовании и спектрометрировании отмечаются различные стадии дигрессии пастбищ. Хорошо различима на космических снимках различного масштаба самая высокая степень пастбищной дигрессии – сбой растительного покрова вокруг колодцев, летовок, зимовок и поселков, что проявляется в спектральном почерке земной поверхности.

Одной из основных задач обработки данных спутникового мониторинга является идентификация кормовых угодий, определение их состояния и урожайности. Требуемая информация в необходимых объемах может быть получена только на основе совместной интерпретации данных дистанционного зондирования и наземных наблюдений и измерений.

Помимо сбитости растительного покрова особое внимание в ходе полевых работ было уделено определению общего проективного покрытия (ОПП). Данный фактор имеет значение не только как показатель нарушенности естественной растительности, но также характеризует вклад почвенного сигнала в спектральный образ изучаемой территории. Так, при незначительной урожайности пустынных пастбищ (0,1...1 ц/га) величины зеленой массы явно недостаточно для того, чтобы она проявилась в кривой спектрального почерка, который в этом случае характеризует сероземы или пески.

Общее проективное покрытие почвы растениями в ходе полевых исследований определяется экспертами визуально. В камеральный период для определения ОПП по многоспектральным спутниковым данным был разработан специальный алгоритм его автоматического определения, включающий следующие действия:

- 1) получение многоспектральных изображений района работ;
- 2) проведение неконтролируемой классификации (алгоритмы: К – средних, ISODATA);
- 3) постклассификационная обработка алгоритма ISODATA;
- 4) расчет ОПП для тестовых участков.

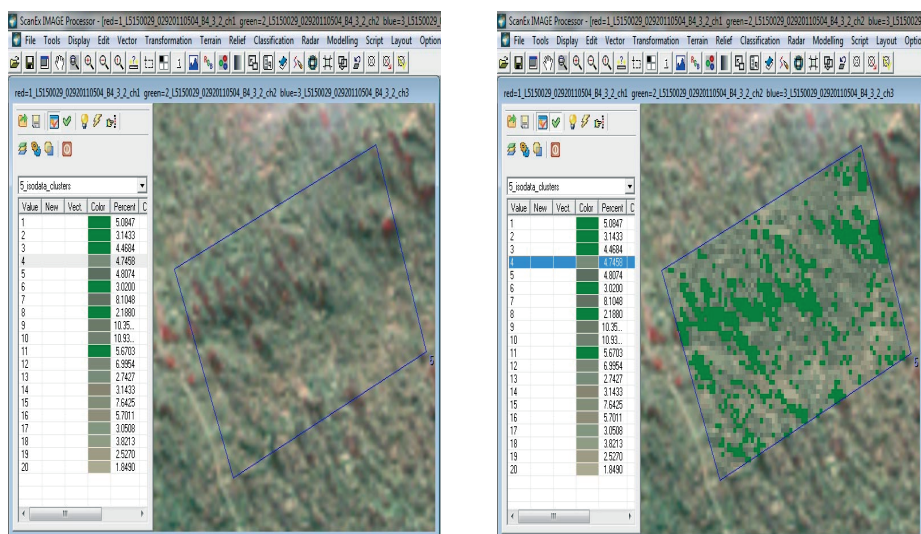
В качестве примера приводим определение ОПП на тестовом участке, расположенном в грядово-бугристых песках Сарытаукум полигона «Бозой» (рис. 1), на котором согласно экспертному определению ОПП составляет от 20 до 30 %.

Сравнивая результаты определения ОПП по наземным и спутниковым данным можно отметить, что предлагаемая технология позволяет сделать расчет по космическим снимкам с высокой долей вероятности.

Наиболее значимым дистанционно определяемым индикатором экологического состояния пастбищ является продуктивность естественной растительности или объем ее фитомассы.

В результате наземных исследований получены оригинальные данные о спектральных свойствах растительного покрова различных типов пастбищ. Отбор образцов на определение величины зеленой биомассы

позволил сравнить спектральные подчерки одной и той же растительности с различной продуктивностью (рис. 2).



Снимок Landsat за 04.05.2011 г.

Результаты классификации

Рис. 1 Результаты автоматического определения общего проективного покрытия тестового участка: растения – 23 %, не растения – 77 %.

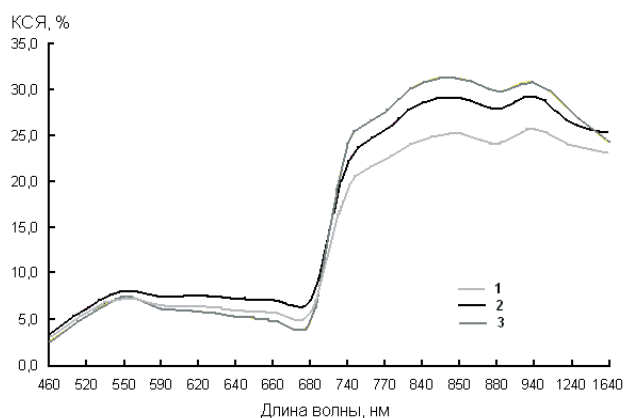


Рис. 2. КСЯ луговой растительности с различной величиной зеленой биомассы, г/м². 1 – 301,6; 2 – 549,2; 3 – 635,2.

Проведен сравнительный анализ величины зеленой биомассы растительности со спутниковыми данными TERRA/MODIS и результатами наземных спектрометрических измерений. Получены зависимости вегетационного индекса NDVI и значений спектрального отражения (по 2-му каналу MODIS) от величины зеленой биомассы для разных типов растительности. Пример для пустынных пастбищ представлен на рис. 3.

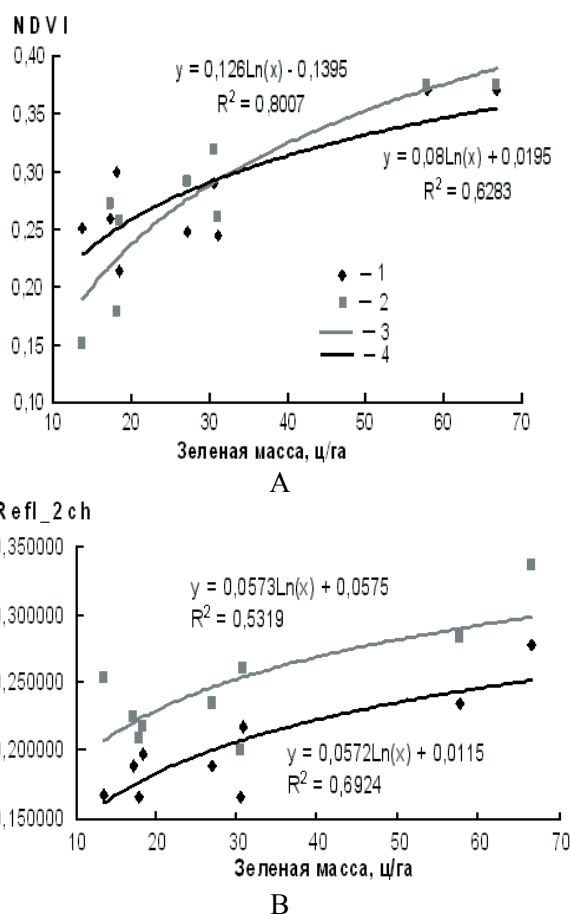


Рис. 3. Зависимость вегетационного индекса *NDVI* (А) и спектральных значений (В) от величины зеленой биомассы для пустынных пастбищ. 1 – ДДЗ; 2 – спектр. изм.; 3 – логарифм. спектр. изм.; 4 – логарифм. ДДЗ.

Для расчета продуктивности растительности по спутниковым данным на следующем этапе мы предлагаем использовать определение коэффициента урожайности R , который обозначает зависимость урожая от значений *NDVI*:

$$R = (NDVI_{\text{тек}} - NDVI_{\text{max}}) / (NDVI_{\text{max}} - NDVI_{\text{min}}).$$

Величина сухой биомассы растительности, определяемая в поле, несколько отличается от урожайности пастбищ, рассчитанной по ДДЗ. Получены линейные зависимости расчетной и фактической урожайности для разных типов пастбищной растительности (рис. 4).

Разработанная нами методика определения продуктивности естественных кормовых угодий основана на совместном использовании наземных данных, полученных с подспутниковых полигонов, и спутниковой информации.

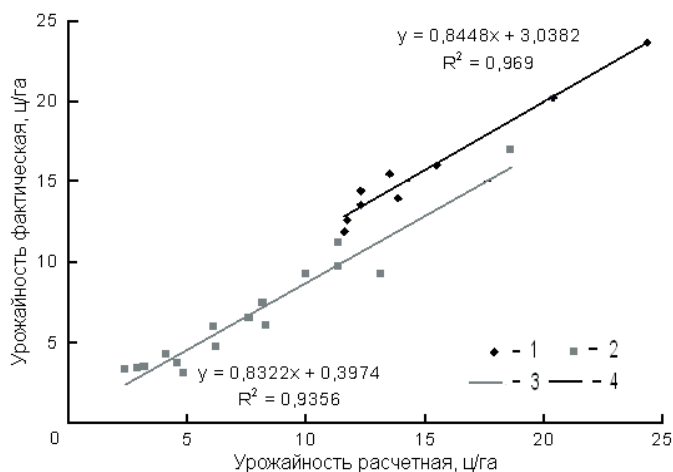


Рис. 4. Сопоставление данных продуктивности: наземных и полученных экспериментально. 1 – степная; 2 – пустынная; 3 – линейный (пустынная); 4 – линейный (степная).

Таким образом, результаты исследований на подспутниковых полигонах послужили надежной основой для разработки теоретических и практических основ мониторинга естественных кормовых угодий; что позволило разработать методы дистанционной оценки состояния и продуктивности пастбищ и достаточно надежно прогнозировать их урожайность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муратова Н.Р., Северская С.М., Курочкина Л.Я. Методические основы подспутниковых наблюдений растительного покрова // «Казахстанские космические исследования». / Том 6: Прикладные космические исследования в Казахстане. – Алматы: 2010. – С. 38-48.

Поступила 06.07.2012

А-шар. ғылымд. канд. Н.Э. Бекмухамедов
Техн. ғылымд. канд. Н.Р. Муратова
Геогр. ғылымд. канд. С.М. Северская

ҚАЗАҚСТАННЫҢ СЕРІКАСТЫ ПОЛИГОНДАРЫНДАҒЫ ТАБИҒИ ЖЕМ-ШӨП ЕГІСТІКТЕРІНІҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ КЕЛЕШЕГІ

Жұмыс барысында серіктік ақпарат арқылы алынған жер беті мәліметтерін қолдану негізінде жем-шөп егістіктерінің өнімділігін анықтайтын әдістеме өңделіп шығарылды. Осылайша, табиғи жем-шөп егістіктерін бақылау олардың өнімділігін сенімді болжауға мүмкіндік береді.

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук
Канд. техн. наукА.Х. Ахмеджанов *
Т.К. Караданов *
А.Н. Искаков ***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА НА
ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ***МЕТАН, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ, АТМО-
СФЕРА, СПУТНИКОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ*

Рассмотрены сезонные вертикальные распределения метана в атмосфере по данным космического зондирования в разных регионах Казахстана. Получено распределение среднего содержания метана в атмосферном столбе по территории Казахстана. Определено, что максимальное значение содержания метана порядка $3,8 \cdot 10^{19}$ молекул/см² наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья.

Выбросы метана увеличились в результате деятельности человека, связанной с сельским хозяйством, расширением объемов добычи нефти, природного газа и каменного угля. Метан возникает и накапливается в почвенном слое Земли, где происходит разложение отмершей растительности при недостатке свободного кислорода. Среди источников метана преобладают микробиологические процессы с участием анаэробных бактерий. Атмосферные источники метана (CH_4) отсутствуют, и поступление его в атмосферу полностью контролируется потоками с земной поверхности.

В последние десятилетия активно ведутся исследования и учет всех источников атмосферного метана: как техногенных (сжигание органики, добыча ископаемого топлива), так и биологических. Метан – гораздо более «сильный» парниковый газ, чем двуокись углерода. По сравнению с доиндустриальной эпохой содержание метана в атмосфере увеличилось почти втрое. С ростом температуры поверхности возрастает вероятность выхода большого количества CH_4 в атмосферу из болот Западной Сибири, тающей многолетней мерзлоты и метангидратов [1]. Из-за положительной обратной связи имеется вероятность аномально быстрой эмиссии огромного количества метана из вышеперечисленных резервуаров в

* ИКИ им. акад. У.М. Султангазина, г. Алматы

атмосферу, что соответственно приведет к значительному возрастанию парникового эффекта. Этот вероятный сценарий эмиссии метана в литературе называют «метановой бомбой» [2]. В этой работе обсуждается сценарий быстрого в климатическом смысле потепления в раннем палеоцене, который был обнаружен в начале 90-х годов 20 века. Он получил название Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM). Живые растения синтезируют метан сами, без участия микробов, а сам процесс растительного метаногенеза радикально отличается от техногенного [4]. Измерив интенсивность метаногенеза у многих видов растений из разных климатических зон, было установлено суммарное количество метана, выделяемого всеми зелеными растениями планеты. Получилось, что живые растения выделяют от 60 до 240 млн. тонн метана в год (причем основной вклад вносят тропические леса и саванны), и еще от 0,5 до 7 млн. тонн производят опавшие листья. Все это вместе составляет 10...30 % от общего ежегодного поступления метана в атмосферу.

Исследованию распределения метана на территории Казахстана на основе спутниковых данных спектрометра TES (Tropospheric Emission Spectrometer) посвящена данная работа.

Для получения глобальной информации о состоянии парниковых газов в атмосфере с высокой периодичностью и пространственным разрешением регулярно проводятся измерения дистанционными методами [3]. Для этих целей используются современные международные конфигурации различных спутников, предназначенных для изучения состояния атмосферы и поверхности. В настоящее время поступают данные с геостационарных спутников различных стран (Meteosat, MSG, GOES, GMS, GOMS, COMS, INSAT), полярных спутников (Metop, METEOP-3M, FY-1/3, NPOESS и т.д.), научно-исследовательских спутников (ENVISAT/ERS-2, Meteor-3M №1, SPOT-5, TERRA, Aqua, TRMM, Quicksat, Jason-1, Ocean series и т.д.).

Прибор AIRS на спутнике AQUA представляет собой многоканальный дифракционный спектрометр, позволяющий получать информацию о профилях температуры, влажности, концентрации различных газов. Спектрометр TES измеряет уходящее ИК тепловое излучение ($650...3050 \text{ см}^{-1}$). Измерения со средним спектральным разрешением регистрирует содержание газовых компонент атмосферы. Прибор HIRDLS (High Resolution Dynamics Limb Sounder) – радиометр (спектральные каналы в области от 6 до 17 мкм). Этот прибор позволяет получать профили температуры, содержания различных парниковых газов. Спектрометр

MLS (Microwave Limb Sounder) проводит спектральные микроволновые измерения излучения горизонта Земли, позволяет определять профили температуры и содержание парниковых газов на различных высотах.

На японском спутнике GOSAT функционируют два прибора: интерферометр TANSO-FTS и видеоприбор TANSO-CAI (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observations-Cloud and Aerosol Imager). Эти приборы измеряют содержание углекислого газа, метана, водяного пара и других газов в отдельных точках земной поверхности [5].

Все источники метана обычно делят на две большие группы: естественные и антропогенные. К первым относят потоки CH_4 с поверхности заболоченных территорий, пресноводных водоемов, океанической поверхности, а также метан, образующийся в колониях термитов и выделяемый при сжигании огромных объемов биомассы в результате пожаров. Средние вертикальные профили метана для различных регионов Казахстана показаны на рис. 1 (а – зимний, б – летние периоды). За зимний период больших различий в вертикальном распределении метана по разным регионам не наблюдается, тогда как в летнее время максимум наблюдается в северном регионе. Объяснение этому может послужить тот факт, что в летнее время на юге из-за высокой температуры выброс метана существенно уменьшается.

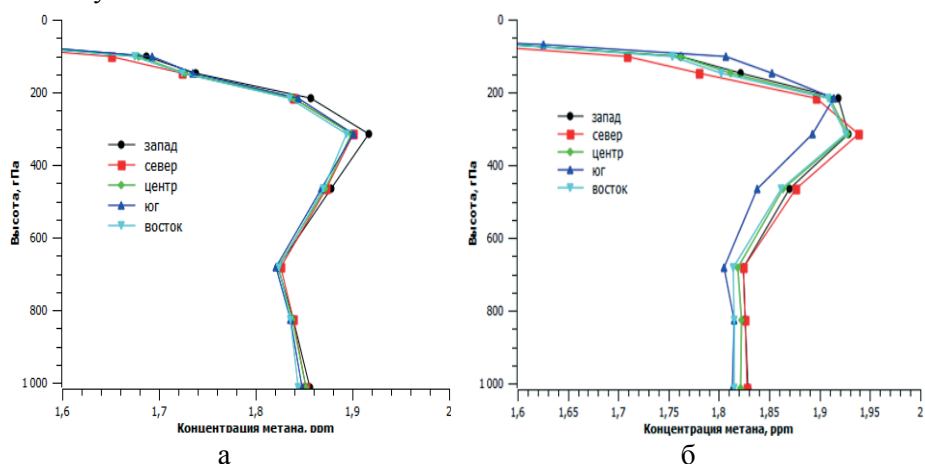


Рис. 1. Средние вертикальные профили метана за зимний (а) и летний (б) периоды для различных регионов Казахстана.

Метан высвобождается при естественных процессах, которые происходят, например, на затопляемых территориях. Это может быть северо-восточное побережье Каспийского моря или устья рек, впадающих в Аральское море. Среднее содержание метана в атмосферном столбе за 2010 год по терри-

тории Казахстана по данным спектро радиометра TES показано на рис. 2. Максимальное значение содержания метана порядка $3,8 \cdot 10^{19}$ молекул/см² наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья.

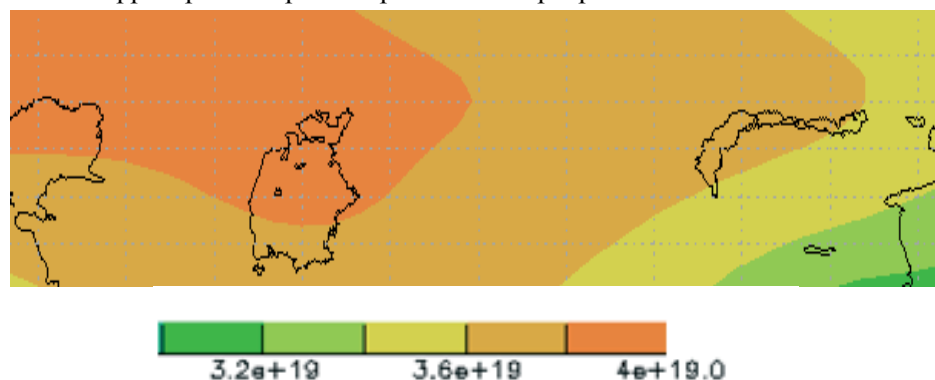


Рис. 2. Среднее содержание метана (молекул/см²) в атмосферном столбе за период март – декабрь 2010 года по территории Казахстана.

Сезонные изменения содержания CH_4 в атмосфере определяются меняющимся соотношением интенсивности процессов его образования и разрушения. На рис. 3 показаны средние по территории Казахстана профили концентрации метана за 2005 и 2010 гг. Зимой 2010 г. содержание метана было чуть больше, чем летом. Снижение концентрации метана за летний период объясняется тем, что именно в это время, в условиях более яркого солнечного излучения, с максимальной активностью происходит окисления его гидроксильным радикалом. Если бы не этот механизм изъятия метана из атмосферы, то летнее его содержание в атмосфере должно было быть больше, чем зимой, так как активность бактерий, производящих метан, летом максимальна. Молекулы метана взаимодействуют с активными молекулами гидроксила (OH) и атомами хлора (Cl), а также возбужденного кислорода (O). В тропосфере разрушение CH_4 происходит главным образом в реакции с OH , в верхней стратосфере возможна реакция метана с атомарным хлором. Молекула CH_4 , по разным оценкам, живет в атмосфере 8...12 лет.

В настоящее время на полярных орбитах действуют пять спутников, оснащенных ИК спектрометрами высокого разрешения. Это TES (Tropospheric Emission Spectrometer) на спутнике AURA (NASA, США), AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) на спутнике AQUA (NASA, США), SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter) на спутнике ENVISAT (ESA), IASI на спутнике METOP-A (ESA), TANSO-FTS на

спутнике GOSAT (JAXA, Япония). Эти приборы подходят для задач мониторинга парниковых газов.

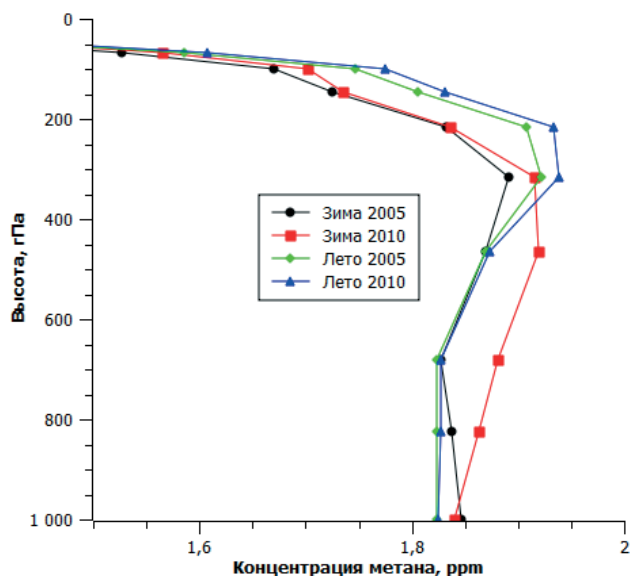


Рис. 3. Средние вертикальные профили метана по территории Казахстана.

За зимний период в разных регионах Казахстана больших различий в вертикальном распределении метана не наблюдается, в то время как в летнее время максимум наблюдается в северном регионе. В летнее время на юге выброс метана существенно уменьшается.

Максимальное значение содержания метана порядка $3,8 \cdot 10^{19}$ молекул/см² наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья. Можно предположить, что метан высвобождается на затопляемых территориях северо-восточного побережья Каспийского моря и устья реки Сыр-Дарья.

Зимой 2010 года среднее содержание метана было чуть больше, чем летом. В условиях более яркого солнечного излучения, с максимальной активностью происходит окисления его гидроксильным радикалом, что приводит к снижению концентрации метана за летний период. Это означает, что сезонные изменения содержания CH_4 в атмосфере определяются интенсивностью процессов его образования и разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Голицын Г.С., Гинзбург А.С. Оценки возможности «быстрого» метанового потепления 55 млн. лет назад // Доклады РАН. 2007. – Т. 413. – №6. – С. 816-819.

- 2 Грибанов К.Г., Имасу Р., Топтыгин А.Ю., Блойтен В., Наумов А.В., Захаров В.И. Метод и результаты по определению метана в атмосфере Западной Сибири из данных сенсора AIRS // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20. – №10. – С. 881-886.
- 3 Успенский А.Б. Романов С.В., Троценко А.Н. Применение метода главных компонент для анализа ИК-спектров высокого разрешения, измеренных со спутников // Исследование Земли из космоса. – 2003. – Т.3. – С. 1-8.
- 4 F. Keppler et al. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions // Nature. 2006. – V. 439. – P. 187-191.
- 5 Thermal and near infrared Sensor for carbon observation (TANSO) [Электрон. ресурс] – URL: http://www.gosat.nies.go.jp/eng/proposal/download/GOSAT_RA_2nd_A_en.pdf (дата обращения 15.06.2013)

Поступила 3.09.2013

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

СЕРІКТІК МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ МЕТАННЫҢ ТАРАЛУЫ

Ғарыштық зондылау мәліметтері бойынша, Қазақстанның әр түрлі аймақтарында метанның атмосферадағы мезгілдік вертикальді таралуы қарастырылды. Қазақстанның территориясы бойынша атмосфералық бағандағы метанның орташа мөлшері алынды. Солтүстік Каспий жағалауы мен Арал жағалауында метанның максималды шамасының мөлшері байқалған, және оның мөлшері $3.8 \cdot 10^{19}$ молекул/см² құрайды.

УДК 551.311.21:624

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов *

ЯВЛЕНИЕ СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СЕЛЕВОЙ МАССЫ. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЕГО ОТКРЫТИЯ*СЕЛЬ, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ПЛОТНОСТЬ СЕЛЕВОЙ МАССЫ, ВЯЗКОСТЬ, ПЛАСТИЧНОСТЬ, ГЛУБИНА ПОТОКА, НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ, РАЗРЫВ, ТРАНСФОРМАЦИЯ, РАСЧЁТ*

Характер трансформации характеристик селей не зависит от генезиса и механизма их формирования. Открытие явления скачкообразного изменения плотности селевой массы, позволило разработать научно обоснованный метод расчета характеристик селей. Трансформация характеристик селя определяется расходом и морфометрией пути его движения, реологическими характеристиками селевой массы.

Введение

Условия формирования грязекаменных потоков в результате взаимодействия сосредоточенных водных потоков с селеформирующими рыхлообломочными породами могут быть самыми различными. Мощные сели образуются в результате слияния множества микроселей, формирующихся на крутых склонах водосборов, а также трансформации крупных сосредоточенных водных потоков в сели при их взаимодействии с рыхлообломочными породами в руслах постоянных или временных водотоков, уклон которых превышает критическое значение для заданных гранулометрического и минералогического составов селеформирующих пород.

В первом случае это происходит в результате выпадения жидких ливневых осадков на эродированные поверхности, наклон которых, как правило, превышает угол естественного откоса селеформирующих пород, находящихся в рыхлом состоянии. Роль воды заключается преимущественно в уменьшении сцепления между частицами, а их сдвиг происходит в результате действия гравитации.

Во втором случае образование селевой массы может происходить на значительно меньших уклонах, поскольку вовлечение пород в селеоб-

* РГП «Казгидромет», г. Алматы

разование происходит в результате эрозионных процессов, при которых кинетическая энергия сначала водного (а затем и двухфазного) потока играет важную роль в процессе преодоления сил сцепления и придания частицам первичного импульса.

Поскольку конечная плотность селевой массы определяется интенсивностью и продолжительностью вовлечения рыхлообломочных пород в процесс селеобразования, в первом случае её величина определяется интенсивностью осадков (в частности размерами капель), скоростью размывания пород, наклоном и длиной эродированных поверхностей.

Во втором случае интенсивность вовлечения определяется уклоном, длиной и формой русла, расходом потока, эродирующей способностью селевой массы, устойчивостью грунта к эрозии и сдвигу под действием силы тяжести, наличием селеформирующих пород и т.д.

В связи с многообразием упомянутых характеристик, расход потоков, плотность и реологические характеристики масс, их образующих, при выходе потоков из зон (назовём их условно очагами селеформирования), где по условиям формирования плотность селевой массы могла возрастать до предельно возможных значений, могут быть существенно различными.

При выходе из очагов селеформирования сели попадают в горные долины, на конусы выноса, предгорные равнины, геоморфологические и геологические характеристики которых существенно отличаются от очагов селеформирования. При движении по горным долинам сели могут сливаться с водными потоками, при этом реологические характеристики их масс могут претерпевать существенные изменения.

Что же будет происходить с селями за пределами очагов селеформирования: их расход и объём, плотность селевой массы будут увеличиваться за счёт дальнейшего вовлечения рыхлообломочных пород в селеобразование или они будут уменьшаться вследствие частичного распада селевой массы? Ответы на эти вопросы, имеющие большую теоретическую и практическую значимость, призвана давать теория существования селевой массы.

1 Транспорт наносов и сели

Одним из результатов взаимодействия водных потоков с горными породами, вмещающих русло потока, является вовлечение их в движение. Как правило, плотность таких пород превышает плотность воды и для их перемещения требуется затрата части кинетической энергии водной составляющей потока. Процесс перемещения горных пород, при котором

для этого требуется существенная затрата энергии со стороны водной составляющей потока, называется транспортом наносов. Частицы горных пород могут перемещаться во взвешенном состоянии, скачкообразно, качением и скольжением. На относительно малых уклонах, когда перемещение наносов происходит скачкообразно, качением и скольжением за счёт энергии водной составляющей потока, скорость перемещения частиц горных пород меньше скорости течения воды, это и обеспечивает возникновение движущей силы.

Установлено, что основная часть энергии потока затрачивается на перемешивание воды, в ходе которого происходит диссипация (трансформация кинетической энергии в тепловую). Перемешивание в потоке обусловлено как турбулентностью, так и вторичными течениями, в частности, поперечной циркуляцией, возникающей на изгибах и на перегибах русла, обтекании массивных выступов, образованных валунами и глыбами (крупными фракциями селеформирующих пород), а при очень больших концентрациях твёрдой составляющей потока, при наличии твёрдых частиц, соизмеримых по размерам с глубиной потока, при изменении их взаимного расположения в ходе деформации потока, в результате чего происходит «перекачка» среды, вмещающей крупные фракции, из одного объёма пористого пространства (образуемого крупными частицами) в другой.

Транспорт наносов является предметом гидрологии, изучающим весь комплекс вопросов, относящихся к деятельности воды на земной поверхности. В силу своей молодости и потребности общества, гидрология уделяла основное внимание процессам, происходящим на относительно малых уклонах. Следствием незначительности уклонов являлась малая концентрация твёрдой составляющей двухфазных потоков. При таких концентрациях плотность, вязкость и пластичность среды мало отличаются от таковых воды и необходимость в их учёте при расчёте характеристик потоков, имеющих практическую значимость, отсутствовала.

Освоение в больших масштабах горных территорий столкнулось с необходимостью разработки методов управления процессами, ранее не изучавшимися в гидрологии, в частности, с селевыми процессами. Представляется очевидным, что с увеличением уклона русла возрастает и энергия потока, а, следовательно, и энергия, которая может быть затрачена на перемещение твёрдой составляющей селевой массы. Увеличение концентрации твёрдой фазы в селевой массе приводит к столь значительному изменению её реологических свойств, что методы расчёта характеристик

водных потоков оказались непригодными для расчёта характеристик селей. Попытки модернизации методов, использовавшихся в гидрологии для расчёта характеристик наносонесущих потоков, оказались малопродуктивными, поскольку считалось, что при концентрации твёрдой составляющей в смеси, превышающей 35...50 %, турбулентное перемешивание становится невозможным.

Существенный вклад в понимание природы селей внесли представители геологической науки, изучавшие природу устойчивости аномально увлажнённых массивов рыхлообломочных пород. Сдвиг и разжижение таких массивов могли приводить к формированию грязевых и грязекаменных потоков, движение которых по руслам постоянных и временных водотоков (без нарушения их сплошности) с полным основанием может трактоваться как сель. Плотность массы таких селей могла превышать 2000 кг/м^3 . Однако методы расчёта, разработанные в инженерной геологии, позволяли оценить лишь вероятность и масштабы сдвиговых явлений. Вопросы, связанные с расчётом скорости, глубины потоков, дальности их продвижения, трансформации этих и других характеристик, обусловленных изменением реологических свойств селевой массы при смешении её с водой или руслообразующими горными породами, не являлись предметами изучения наук геологического профиля.

Вышесказанное привело к тому, что к середине 20 века господствовало представление о существовании двух типов селей: турбулентных (плотность массы которых не могла превышать $1600...1800 \text{ кг/м}^3$) и грязекаменных (плотность 2000 кг/м^3 и более).

Однако такое мнение разделялось не всеми исследователями селевых явлений. Так, геолог Г.В. Иванов, занимавшийся проходкой геолого-разведочных канав на крутых склонах путём водных попусков по предварительно подготовленным направляющим канавкам, утверждал, что в результате взаимодействия кратковременных водных попусков (с объёмами $25...50 \text{ м}^3$ и расходами до $5 \text{ м}^3/\text{с}$ на уклонах $0,17...0,60$) с породами, вмещающими образующееся русло, формируются грязекаменные сели с объёмами $100...150 \text{ м}^3$. Доклад, сделанный им на IV Всесоюзной конференции по селевым потокам подвергся критике со стороны Председателя селевой комиссии при АН СССР члена-корреспондента АН СССР, профессора МГУ М.А. Великанова: «... докладчик не понял, что надо сначала показать сходство структуры потоков, образующихся в геологоразведочных канавах с естественными селями; а уже потом на этом сходстве (кото-

рое может оказаться лишь частичным) обосновать метод качественного моделирования селей» [7].

Возможность существования селей с плотностью, превышающей плотность воды, но меньшей, нежели плотность твёрдой составляющей селевой массы, следовала и из работы академика АН Грузинской ССР М.А. Мосткова. Им предложена формула связи максимально возможной плотности селевой массы с уклоном русла.

На рис. 1 приведены кривые, отображающие, по мнению И. Штини, М.А. Мосткова и Т. Такахаши, зависимость предельной объемной концентрации твердой фазы в селевой массе от уклона очага селеобразования. Несмотря на существенное различие в форме кривых, они относятся к одному и тому же классу монотонных и непрерывных функций. При прогнозе развития селевых процессов указанное обстоятельство играет важную роль. Физическая интерпретация обсуждаемых зависимостей однозначна: концентрация твердой фазы в массе потока «... большая, нежели ... значение, определяемое соотношениями между уклоном и предельной концентрацией ... невозможна ...» [9]; другими словами, при перемещении потока с плотностью ρ_1 (образовавшегося на уклоне i_1) на уклон i_2 ($i_1 > i_2$) неизбежен частичный распад селевой массы до соответствующего данному уклону значения плотности ρ_2 ($\rho_2 < \rho_1$).

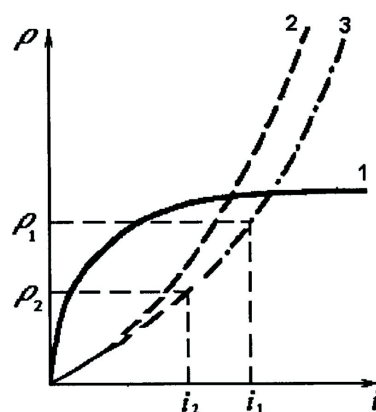


Рис. 1. Зависимость максимально возможной плотности селевой массы от уклона русла (1 – по И. Штини; 2 – по М.А. Мосткову; 3 – по Т. Такахаши).

Функции, описывающие эти зависимости, непрерывные, т.е. бесконечно малому изменению уклона соответствует бесконечно малое изменение концентрации твёрдой составляющей, а, следовательно, и плотности

селевой массы. Формула М.А. Мосткова носила гипотетический характер, поскольку при её выводе использовались не только фундаментальные физические законы, но и данные экспериментальных наблюдений (преимущественно качественного характера). В связи с этим, она не нашла практического применения.

Впервые возможность постепенной трансформации водного потока в грязекаменный сель в природном селевом врезе, образованном в древней морене в результате опорожнения высокогорного водоёма, в масштабах, соответствующих формированию катастрофического селя (расход воды – $25 \text{ м}^3/\text{с}$, расход образовавшегося селя – $420 \text{ м}^3/\text{с}$, плотность селевой массы до $2400 \text{ кг}/\text{м}^3$), была доказана при проведении экспериментов по воспроизведению селей на Чемолганском полигоне Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института в 1972...1978 гг. [1].

Полученные в природных условиях данные были подтверждены при формировании катастрофического селя 1973 г. в бассейне р. Киши Алматы (Малой Алматинки) (северный склон Иле (Заилийского) Алатау), возникшего в результате опорожнения поверхностного водоёма, образовавшегося на леднике Туюксу. Водный поток с максимальным расходом около $300 \text{ м}^3/\text{с}$ трансформировался в грязекаменный сель с расходом 10...15 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$. Сель был задержан в селехранилище, образованном плотиной в урочище Медеу [3].

Характеристики селевой массы этого селя (плотность, гранулометрический состав твёрдой составляющей) практически не отличались от таковых селя, сформировавшегося в бассейне этой же реки в 1921 г. и разрушившего восточную часть г. Верного (Алматы). Этот сель несколькими потоками прошёл по конусу выноса вплоть до его периферии, углубляя вновь формирующееся русло на 2...3 м в верхней трети конуса (при этом плотность селевой массы возрастала). По мере растекания селя по поверхности конуса выноса, его глубина уменьшалась. Глыбы, размеры которых превышали глубину потоков, постепенно останавливались; и на периферийной части конуса выноса, где уклон уменьшался до 0,017...0,008, происходило отложение селевой массы, максимальные размеры частиц которой не превышали 0,2...0,3 м.

Таким образом, исследователи селей в 1972...1973 гг. получили неопровержимые данные о том, что грязекаменные сели с плотностью 2300...2400 $\text{кг}/\text{м}^3$, формирующиеся в результате взаимодействия водных потоков с рыхлообломочными породами, вмещающими их русла (на укло-

нах, близких к 17°), перемещаются на расстояния в десятки километров и отлагаются на конусах выноса, углы наклона которых составляют первые единицы (и даже доли) градуса.

2 О моделировании условий существования селевой массы

В предшествовавший период времени первостепенную важность при разработке теории селей имело выявление зависимости максимально возможной плотности турбулентных селей (концентрация твёрдой составляющей менее 50 %) от уклона русла. В соответствии с существовавшими в то время теоретическими представлениями эта зависимость была однозначной и не могла превышать (при средней плотности пород, участвовавших в селеобразовании, 2650 кг/м^3) 1825 кг/м^3 .

Плотность селей, формирующихся в результате потери устойчивости массивов обводнённых горных пород, определяется плотностью пород и содержанием в порах воды. Образующаяся селевая масса, как правило, обладает пластическими свойствами в мере, обеспечивающими перемещение частиц всех размеров в квазивзвешенном состоянии; возможность её перемещения на малых уклонах подтверждалась фактическими данными. Теоретическое определение плотности и возможности перемещения селевой массы не представляло какой либо сложности.

Как показали эксперименты 1972...1978 гг. на Чемолганском полигоне и результаты выявления причин формирования селей 1921 и 1973 гг. в бассейне р. Киши Алматы, перемещение плотной селевой массы, образующейся при взаимодействии водного потока с рыхлообломочными породами, при наклоне пути движения доли-первые единицы градуса свидетельствует о неоднозначной зависимости между плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором она может перемещаться без остановки и частичного распада. Неоднозначность упомянутой зависимости, коренным образом изменявшей существовавшие ранее представления о ходе селевых процессов, требовала объяснения.

В условиях мысленного эксперимента, в первом приближении, связь между уклоном лотка и максимально возможной плотностью селевой массы можно установить следующим образом. Дно «бесконечно» длинного лотка, с шириной на два порядка превышающей глубину потока, а наклон которого можно изменять, выстилается рыхлообломочными породами. В свою очередь, глубина потока должна превышать, как минимум, размер максимальной частицы рыхлообломочных пород, принимающих участие в селеформировании. Глубина потока (вне зависимости от

концентрации твёрдой составляющей образующейся смеси) автоматически поддерживается постоянной путём изменения ширины потока. Лотку придаётся заданный уклон.

На вход лотка подаётся вода с расходом, обеспечивающим заданную глубину водного потока. Отбор пробы образовавшейся смеси (на плотность) осуществляется на таком удалении от начала лотка, на котором уровень потока (расход которого увеличится за счёт вовлечение в движение частиц грунта) стабилизируется.

Определяется плотность образовавшейся смеси. Значение плотности соответствует заданным значениям гранулометрического и минералогического составов рыхлообломочных пород, уклона лотка и глубины потока. Изменяя упомянутые выше характеристики, можно получить данные для оценки зависимости максимально возможной плотности селевой массы от уклона пути движения потока для различных значений его глубины, гранулометрического и минералогического составов твёрдой составляющей селевой массы.

В условиях мысленного эксперимента, в первом приближении, связь между плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором она перемещается без остановки и частичного распада, можно установить следующим образом.

Установка должна состоять из смесителя, обеспечивающего равномерное распределение рыхлообломочных пород и воды в смеси, и подачи образующейся смеси и лоток с расходом, при котором поток имеет заданную величину глубины. Конструкция лотка такая же, как и в проведении выше описанных экспериментов, однако дно лотка рыхлообломочными породами не выстилается.

На вход лотка, имеющего уклон не менее 0,5, подаётся селевая масса с заданными характеристиками. На выходе из лотка значение плотности массы может измениться или остаться неизменным. Целью экспериментов является определение минимальных уклонов лотка, на которых, при заданных значениях плотности смеси и глубины потоков, плотность смеси не уменьшается. Изменяя минералогический и гранулометрический составы рыхлообломочных пород, плотность смеси и глубину потока, можно получить данные для оценки зависимости между плотностью смеси и минимальным уклоном, на котором эта смесь может перемещаться без остановки и распада.

3 Аксиоматическое доказательство возможности существования неоднозначной зависимости между плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором селевая масса может существовать без частичного распада или остановки

Как отмечалось выше, эксперименты на Чемолганском полигоне, а также данные о низкой плотности потоков, формирующихся на относительно малых уклонах (менее 0,05) поверхностей, сложенных грунтами, содержащими частицы с размерами от долей микрон до нескольких метров, свидетельствуют о том, что зависимость между плотностью селевой массы и уклоном пути движения потоков неоднозначна. Уровень знаний, накопленных к последней четверти 20 века об условиях формирования селей и свойствах селевых масс, позволил постулировать следующие положения.

1. Сосредоточенный водный поток, с расходом выше критического значения, при определённых условиях (уклон пути движения превышает критическую величину, достаточный объём селеформирующих пород, содержащих частицы от пылевато-глинистых до валунов и глыб, неограниченная длина пути движения потока) трансформируется в грязекаменный поток с плотностью селевой массы, близкой к средней плотности селеформирующих пород.
2. Мощные селевые потоки большой плотности ($2300 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$), твёрдый компонент которых представлен полидисперсными частицами, включающими валунно-глыбовые фракции, не образуются на относительно малых уклонах ($0,017 \dots 0,05$).
3. Селевой процесс, как отклик сложной системы «русло (очаг) – поток», при постоянном уклоне русла (очага), конечных значениях продолжительности процесса и пути движения стремится к динамическому равновесию, которое характеризуется таким состоянием селевой массы, при котором не происходит изменения её плотности.
4. Селевая масса, обладающая пластическими свойствами в мере, достаточной для того, чтобы все частицы её твёрдой составляющей находились в квазивзвешенном состоянии, перемещается без распада и остановки при выполнении условия

$$H > \frac{\tau_0}{\rho_c g \sin \alpha} .$$

5. Реологические свойства селевых масс (вязкость, предельное напряжение сдвига) и скорость их распада являются непрерывными функциями плотности селевых масс.

Придание этим положениям статуса аксиом позволяет доказать наличие отрицательного наклона у кривой равновесных состояний для вязкопластической селевой массы. Утверждение, подлежащее доказательству, формулируем следующим образом: зависимость между плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором сели перемещаются без распада и остановки, имеют участок с отрицательным наклоном, если гранулометрический и минералогический составы твердой составляющей таковы, что селевые смеси при большой плотности обладают пластическими свойствами в мере, достаточной для того, чтобы частицы (вплоть до валунов и глыб) находились в квазивзвешенном состоянии.

Для доказательства приведенного выше утверждения допустим, что зависимость между плотностью селевой массы (отрезок OAC , рис. 2, для $H = \text{const}$) и минимальным уклоном, на котором селевая масса перемещается без распада и остановки, описывается однозначной функцией $\rho = \rho(i)$, причем $\frac{\partial \rho}{\partial i} > 0$, что не противоречит первому, второму и третьему положениям.

При этом точка C соответствует плотности селевой массы, при которой последняя теряет свойство текучести: дальнейшая деформация происходит с разрывом сплошности, сел трансформируется в оползень.

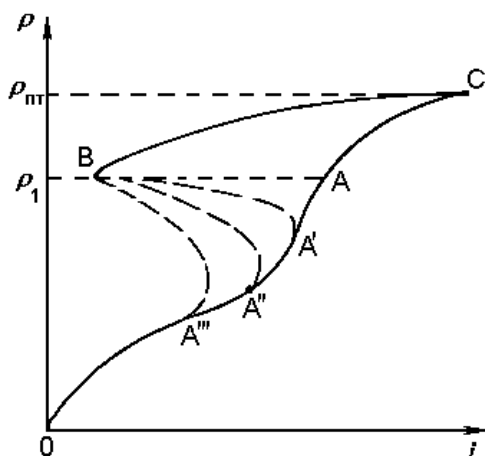


Рис. 2. К доказательству существования отрицательного наклона у кривой равновесных состояний.

В то же время, согласно четвертому положению (в условиях проявления у селевых масс пластических свойств), имеет место функция, изображенная на рис. 2 кривой BC ($H = \text{const}$) и отображающая зависимость между

плотностью селевой массы и минимальным уклоном, на котором селевая масса еще не останавливается.

Поскольку

$$\sin \alpha > \frac{\tau_0}{\rho_c g H},$$

нетрудно сделать вывод о том, что изменением величины H легко добиться, чтобы значение $\sin \alpha$ принимало сколь угодно малое значение. Именно это значение H и принимается при построении кривых OAC и BC .

Анализ положения кривых OAC и BC на координатной плоскости (ρ , i), приводит к выводу, что функция $\rho = \rho(i)$ в диапазоне плотностей $\rho_1 \div \rho_{mn}$ характеризуется ветвями AC и BC . Поскольку искомая функция – зависимость между плотностью селевых масс и минимальными уклонами, на которых последние существуют без остановки и распада, представляется очевидным, что отрезок AC не может принадлежать искомой функции. В указанном диапазоне плотности селевой массы она характеризуется ветвью BC .

Остается решить вопрос о характере перехода отрезка OA в отрезок BC . Поскольку скачкообразный переход функции $\rho(i)$ из точки A в точку B запрещен пятым положением (свойства селевой массы не могут изменяться на конечную величину при бесконечно малом изменении их плотности, т.е. скачкообразно), функция $\rho(i)$, не доходя до точки A , постепенно переходит в функцию, изображенную отрезком BC . Например, как это изображено штрих-пунктиром на рис. 2, образуя участок с отрицательным наклоном, что и требовалось доказать.

Характер перехода отрезка OA' (OA'' , OA''' , ...) в отрезок BC определяется параметрами потока и закономерностями изменения свойств селевой массы по мере увеличения ее плотности. Участок AC появляется в случаях, когда преобладающая роль в сопротивлении движению селевых смесей играют кулоновские силы, либо увеличение концентрации взвешенных частиц приводит к интенсивному гашению турбулентного перемешивания, что характерно для потоков, имеющих малые глубины. Естественно, при этом исчезает ветвь $A'BC$.

Результаты экспериментальных исследований, свидетельствующие о неоднозначной зависимости плотности селевой массы от минимального уклона, на котором не происходит частичный распад селевой массы или её остановка, приведены в монографии [9].

С учётом современных представлений о зависимости скорости стеснённого падения частиц от их концентрации и увеличения архимедовой силы, обусловленной полидисперсным составом частиц твёрдой компоненты, в условиях турбулентного течения потока зависимость между плотностью (концентрацией твёрдой фазы в селевой массе) селевой массы и минимальным уклоном, на котором она может существовать без распада и остановки, при глубинах потоков, представляющих практический интерес, имеет вид [8]

$$\sin \alpha = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (\rho_T - \rho_{s(i-1)}) \omega_i C_i (1 - C_i)^m}{\eta_1 [\rho_T C + \rho_o (1 - C)] k H^{0,5}} \right\}^{0,67},$$

где ρ_T – плотность частиц твёрдой фазы; $\rho_s(i-1)$ – плотность среды, включающей в себя воду и все фракции, меньшие i -той; ω_i – средняя гидравлическая крупность i -того интервала фракций; C – объёмная концентрация твёрдой фазы в селевой массе; η – коэффициент полезного действия; ρ_o – плотность воды; k – коэффициент Шези; H – глубина потока.

4 К теории существования селевой массы

Совокупность результатов теоретического и экспериментального изучения зависимости между плотностью селевой массы (для различного гранулометрического и минералогического составов её твёрдой составляющей, различной глубины потоков) и минимальным уклоном, на котором её движение происходит без частичного распада и остановки, легла в основу теории существования селевой массы.

Теория существования селевой массы позволяет ответить на вопросы, возникающие при оценке процессов, имеющих место при выходе селей на относительно малые уклоны (горные долины, конусы выноса). Ранее считалось, что при движении селей на таких уклонах расходы и объёмы селей уменьшаются экспоненциально [2], либо их уменьшение происходит по мере «размазывания» селевой массы. В последнем случае скорость изменения характеристик селей определяется морфометрическими характеристиками пути движения селей, их расходом и объёмом, а также реологическими характеристиками селевой массы.

В модели Ю.Б. Виноградова реализован принцип экспоненциального истощения расхода и объема селей. В соответствии с этой концепцией автор модели предполагал, что при угле наклона $\alpha > \alpha_{кр}$ «... снижение

расхода селевой массы на единицу пути движения потока прямо пропорционально самому расходу (Q_c) и ширине дна долины (B) и обратно пропорционально отношению разности напряжений движения (F_v) и торможения (F_ϕ) к давлению селевой массы на горизонтальную площадку (F_g).

Результаты расчетов, выполненных с помощью модели Ю.Б. Виноградова, приведены на рис. 3. Бросается в глаза сильная зависимость искомых величин от коэффициента пропорциональности c_2 , рекомендаций по принятию которых автором модели не приводится; в той же мере это относится и к разности $(tg\alpha - tg\varphi)$.

Очевидным недостатком модели является независимость характера истощения объема селей от их исходных значений. Такая закономерность приводила бы к тому, что уклон долин изменялся также по экспоненте. Гипотеза о независимости характера истощения объема селей от их исходных значений противоречит и данным наблюдений за развитием селевых явлений в различных физико-географических и геологических условиях.

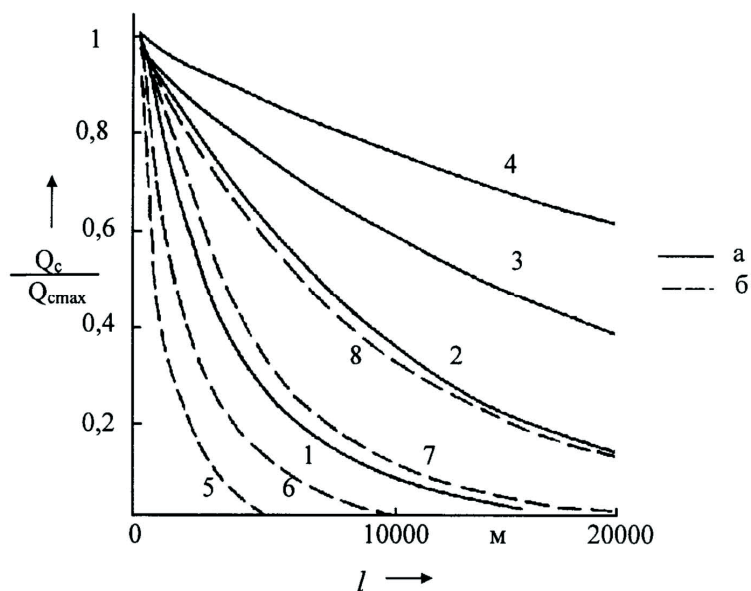


Рис. 3. Характер трансформации селевого потока по Ю.Б. Виноградову.

$a - (C_2 = 10^7)$; $б - (C_2 = 4 \cdot 10^7)$; 1, 5 — $[(tg\alpha - tg\varphi) = 0,02]$; 2, 6 — $[(tg\alpha - tg\varphi) = 0,05]$; 3, 7 — $[(tg\alpha - tg\varphi) = 0,1]$; 4, 8 — $[(tg\alpha - tg\varphi) = 0,2]$.

Представления об условиях формирования и трансформации характеристик селей Т. Такахаша [11] практически не отличаются от концепции Ю.Б. Виноградова. Критический уклон, разграничивающий про-

цессы обогащения смеси твердой составляющей от процессов частичного распада смесей, определяется из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(\rho_T - \rho_0) \cdot C \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{дин}}}{(\rho_T - \rho_0) \cdot C + \rho_0}.$$

В.И. Тевзадзе разработана модель трансформации характеристик селей в ситуациях, когда селевые смеси обладают ярко выраженными пластическими свойствами [10]. Трансформация связного селевого потока «... сводится к следующим основным фазам: «начало движения», «движение по руслу» от верховьев до конуса выноса в транзитной зоне и «остановка» на конусе выноса».

Основным параметром, определяющим условие предельного равновесия селевой массы, В.И. Тевзадзе считает предельное напряжение сдвига (τ_0). В работе [10] он предлагает, вслед за П.П. Мосоловым и В.П. Мясниковым [10], для описания предельного равновесия использовать методы вариационного исчисления. Этот подход, считает Тевзадзе, позволяет определить границы застойных зон при заданном градиенте давления и известном предельном напряжении сдвига (τ_0) и, наоборот, зная физико-механические свойства массы и контур страгивания, определить уклон предельного равновесия. Им были проведены опыты на лотках различной формы, которые удовлетворительно подтвердили теоретические выводы. К сожалению, такого набора исходных параметров в реальных условиях мы не имеем. Форма гидрографа в начальном створе задается в виде «падающей ветви кривой Гаусса», а для упрощения расчетов аппроксимируется прямой $Q = a - bt$. При движении вниз по руслу связной селевой массы происходит потеря определенной части расхода (q) от хвостовой части потока в силу наличия сопротивления сдвигу (τ_0).

Остановка связного селевого потока происходит в результате постепенного затухания скорости из-за уменьшения глубины и уклона русла; при известной плотности селевой смеси глубина остановившегося слоя равна:

$$H = \frac{\tau_0}{\rho_c g i}.$$

Анализ модели В.И. Тевзадзе показывает, что она описывает трансформацию характеристик узкого класса селей, поскольку описывается поведение сугубо вязкопластичных сред. Она предполагает исходными,

а, следовательно, известными, такие важнейшие характеристики селевых смесей как плотность, предельное напряжение сдвига (или контур страгивания). Кроме того, предполагается постоянство перечисленных характеристик во времени и пространстве, хотя известно, что они чрезвычайно мобильны. Главным недостатком модели, по мнению автора, является то, что в ней не предусмотрена возможность возрастания расхода и объема селей по мере их движения вследствие захвата потоком горных пород, слагающих русло.

Из теории существования селевой массы следует, что на относительно малых уклонах расход и объем селя может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от морфометрических характеристик пути движения селя, его расхода, плотности селевой массы и её реологических характеристик. Учёт этого обстоятельства имеет исключительно важное практическое значение.

К сколь серьезным последствиям приводят неправильная оценка характера селевых процессов, базирующаяся на результатах анализа следов прохождения селей, необоснованная схематизация трансформации характеристик селей можно судить на примере мероприятий по защите альплагеря «Джайлык», располагавшегося в бассейне р. Куллумкол-Су (Северный Кавказ).

Жилые и производственные строения лагеря были возведены на конусе выноса р. Куллумкол-Су, заросшего хвойным лесом. В послевоенные годы селевые явления на упомянутой реке наблюдались в 1958, 1961, 1973, 1975 и 1977 гг. ТЭО «Защита альплагеря Джайлык в Кабардино-Балкарской АССР от селевых потоков» было утверждено в 1977 г. Эксперты ТЭО значительно расходились в оценке прогнозируемых характеристик селей в наиболее опасном расчетном створе – вершине конуса выноса. На той стадии проекта для повторяемости 1 раз в 100 лет ($P = 1\%$) были приняты следующие параметры: селевой расход $Q = 103 \text{ м}^3/\text{с}$, объем селя $W_c = 666 \text{ тыс. м}^3$, объем выносов твердых материалов $W_m = 114 \text{ тыс. м}^3$, плотность селя $\rho_c = 1,3 \text{ т/м}^3$ [6]. Столь малое значение плотности селя, принятое для данного района, обосновывалось характером отложений крупных фракций в береговых валах и полях выносов. Отложения были представлены однородными по размерам глыбами (1...3 м в поперечнике), обращало на себя внимание практически полное отсутствие относительно более мелких фракций в промежутках между упомянутыми глыбами. Именно это послужило основанием для авторов проекта, а вслед

за ними и экспертизе утверждать, что для данного района типичны так называемые водокаменные сели. Дальнейшие рассуждения определялись установившимися стереотипами: концентрация твердой фазы водокаменных селей определяется транспортирующей способностью водных потоков, таковая на углах наклона русел, не выходящих за пределы первого десятка градусов, и реальных расходах паводках незначительна.

В рабочем проекте по защите альплагеря «Джайлык» от селей расчетная вероятность максимальных расходов селя была принята равной $P = 0,5 \%$, при этом $Q_c = 236 \text{ м}^3/\text{с}$, $W_c = 500 \text{ тыс. м}^3$, $W_m = 249 \text{ тыс. м}^3$, $\rho_c = 2,1 \text{ т/м}^3$. Шел 1982 г. В работах [5, 6], написанных по материалам инженерно-геологических изысканий, выполненных в рамках проекта селезащиты «Джайлыка», обосновывается неизбежность распада «высокоплотной селевой массы», которая могла образоваться на морене ледника Западный Джайлык: «Ввиду малых углов наклона тальвега реки ($9 \dots 12^\circ$) и предельно низкого содержания пылевато-глинистых частиц менее $0,05 \text{ мм}$ ($2,7 \dots 5,1 \%$ в «мелкоземном» заполнителе), необходимого для образования суспензии, дальнейшее продвижение высокоплотного селевого потока невозможно».

Оценка характеристик вероятного селя производилась на основе расчетов по модели, приведенной в [5]. Из этой модели следует, что при силе инерции равной нулю, селевая смесь не может перемещаться на уклоне, меньшем, нежели таковой, определяемый из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \frac{(\rho_T - \rho_0)(1 - W_0)}{\rho_T(1 - W_0) + \rho_0 W_0} \operatorname{tg} \varphi^*, \quad (1)$$

где W_0 – объем жидкой фазы в долях единицы или динамическая пористость селевого потока; $(1 - W_0)$ – объем твердой фазы в долях единицы.

«Нетрудно заметить, пишут авторы [5], что формула (1), выведенная из условия равномерного движения единичного селевого объема, аналогична формуле Ю.Б. Виноградова, полученной из условия динамического равновесия рыхлообломочной породы ...» «... при $\alpha > \alpha_{кр}$ будет происходить распад уже сформировавшейся высокоплотной селевой массы».

19 июля 1983 г. в результате выпадения дождя ливневого характера формировался сел, который не только не распался на уклонах $9 \dots 12^\circ$, но углубил русло р. Куллумкол-Су на $10 \dots 12 \text{ м}$ и «... в 8 ч 35 мин вся движущаяся селевая масса отложилась в пределах сооружений лагеря». Последующие четыре селевых вала были для лагеря последними [6].

По иронии судьбы статья, посвященная обоснованию защиты «Джайлыка», в которой утверждалось, что «... Игнорирование трансформации (в нашем случае распада селевой массы), т.е. механический перенос всего рыхлообломочного материала из очага зарождения в расчетный створ (конус выноса р. Куллумкол-Су) сильно исказит, в данном случае завьсит параметры селя и, как следствие, увеличит стоимость селезащитных мероприятий», вышла в свет в 1984 г., т.е. через год после того, как альплагерь перестал существовать.

Теория существования селевой массы позволяет разрешить спорные моменты дискуссии, возникшей после выступления Г.В. Иванова на упоминавшейся выше конференции в г. Алма-Ате 19-23 ноября 1956 г., касающиеся защиты от селевых потоков.

Профессором М.С. Гагошидзе был предложен метод борьбы с грязекаменными (структурными) селями, заключающийся в том, что в боковых «неселевых» долинах должны сооружаться плотины, а накопленная в их верхнем бьефе вода использоваться для разжижения селей, движущихся по главной долине. По мнению М.С. Гагошидзе, разжиженная селевая масса теряет «несущие» свойства и откладывает грубообломочный материал, который придаёт селевой массе большую разрушающую способность [4].

В свою очередь, Г.В. Иванов считал: «Исходя из наших наблюдений, можно не сомневаться, что добавка воды увеличит живое сечение потока и, увеличив подвижность селевой массы, усилит давление на нагорную сторону движущейся каменной гряды и увеличит скорость её движения. Это умножит разрушительную силу потока и позволит ему захватывать в своё движение ещё более крупные камни. М.С. Гагошидзе рекомендует для ликвидации селевого потока воспользоваться как раз тем способом, который мы применяем для создания селевых потоков [7].

Позиция М.С. Гагошидзе была поддержана М.А. Великановым: «Второе моё существенное возражение докладчику (Г.В. Иванову) относится к его полному непониманию предложенного М.С. Гагошидзе метода борьбы разрушительным действием структурных селей. Суть этого метода в том, что связность селевой массы получается лишь при определённом (очень малом) количестве связующей воды: около 15 %. ... Стоит лишь слегка увеличить (например, до 25 %) количество воды и глинистый раствор перестанет связывать массу твёрдых включений, все крупные камни

будут падать, останется лишь небольшой «грязевой ручеёк», совершенно безопасный».

А слова Г.В. Иванова о структурном селе, что после добавления к нему воды он превратится в катастрофический сель, гораздо более разрушительный, есть просто недоразумение. Если в структурном селе вода занимает по объёму около 15 %, то в текучем, наоборот, твёрдая масса составляет 10...20 % всего объёма. Следовательно, для превращения структурного селя в текучий надо увеличить в нём количество воды в 50...60 раз, т.е. не «добавить» ему немножко воды, как предлагает М.С. Гагошидзе, а влить в него новую довольно широкую реку (откуда её взять? И с какой целью?). Докладчик просто ничего не понял» [7].

К сожалению, автор гравитационной теории транспорта наносов М.А. Великанов, ограничил область её применимости относительно низкими концентрациями твёрдой составляющей и поэтому не смог оценить правильность представлений Г.В. Иванова и М.С. Гагошидзе о ходе селевых процессов при изменении содержания воды в селевой массе. Произошло это, прежде всего, потому, что в период создания гравитационной теории транспорта наносов практически отсутствовали данные о степени влияния концентрации твёрдой фазы на величину гидравлической крупности частиц, её гранулометрического состава на вязкость селевой массы и проявление архимедовой силы.

Современная теория существования селевой массы, являющаяся результатом развития теории М.А. Великанова, позволяет ответить на вопросы: в каких ситуациях был прав Г.В. Иванов, а в каких – М.С. Гагошидзе, как будет развиваться селевой процесс при изменении уклона русла и плотности селевой массы, глубины потока и гранулометрического состава твёрдой составляющей селевой массы.

На рис. 4 представлена зависимость между плотностью (концентрацией твёрдой фазы) селевой массы и минимальным уклоном (глубина потока постоянная), на котором она может существовать без распада и остановки, а так же приведены примеры, поясняющие, как изменяется ход селевых процессов в различных ситуациях.

Кривая *OABC*, характеризующая обсуждаемую зависимость (для конкретных значений глубины потока, гранулометрического и минералогического составов твёрдой составляющей селевой массы), состоит из трёх участков: *OA* и *BC* – участки устойчивого состояния селевой массы и *AB* – участок неустойчивого состояния селевой массы. Ход селевого процесса

определяется тем, больше или меньше величина плотности селевой массы относительно значений плотности в точках, лежащих на кривой $OABC$ при различных уклонах пути движения селя.

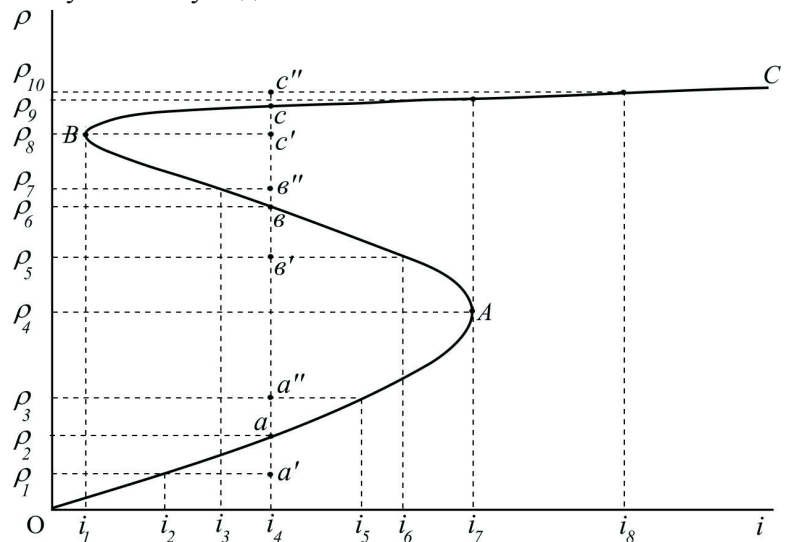


Рис. 4. Характерная форма кривой зависимости между плотностью (концентрацией твёрдой фазы в селевой массе) селевой массы и минимальным уклоном, на котором она может существовать без распада и остановки, при глубинах потоков, представляющих практический интерес.

Например, уклону i_4 соответствуют точки a , b и c , в которых энергия, необходимая для поддержания всех частиц во взвешенном состоянии, равна энергии потока, которую он может затрачивать на поддержание этих частиц в упомянутом состоянии. Пусть, в силу каких либо обстоятельств, на уклоне i_4 оказался сель с плотностью ρ_1 (точка a'_1). Но сель с плотностью ρ_1 , как это следует из рис. 4, может существовать без остановки и распада на уклоне i_2 . Так как $i_2 < i_4$, избыточная энергия потока будет затрачена на увеличение плотности селевой массы до значения ρ_2 . Подобный процесс будет происходить для всех значений плотности, больших нуля в интервале уклонов от нуля до i_7 , если плотность меньше значений, определяемых ветвью OA .

Пусть на уклоне i_4 оказался сель с плотностью ρ_3 (точка a''_2); но поддержание плотности ρ_3 требует энергетических затрат, существующих на уклоне i_5 . Поскольку $i_5 > i_4$, из-за недостатка энергии потока на

уклоне i_4 произойдёт частичный распад селевой массы до значения плотности ρ_2 . Подобный процесс будет происходить для всех значений плотности, (в интервале уклонов от нуля до i_7), если значения плотности больше значений ветви OA , но меньше значений ветви AB .

Обратная ситуация будет наблюдаться, если значения плотности селевых масс будут превышать значения (при соответствующих значениях уклонов), определяемые ветвью AB , но будут меньше значений, определяемых ветвью BC .

Превышение плотности, определяемой ветвью BC , будет приводить к частичному распаду либо остановке селей.

Если в интервале уклонов Oi_1 плотность селевой массы окажется меньше ρ_8 , плотность селевой массы уменьшится до значения, определяемого отрезком OA .

Наличие отрицательного наклона у кривой, характеризующей зависимость плотности (концентрации твёрдой фазы) селевой массы от минимального уклона, на котором она может существовать без распада и остановки (при глубинах потоков, представляющих практический интерес), может приводить к тому, что с ростом плотности селевой массы поток обретает способность увеличивать свои характеристики при уменьшении (до определённого предела) уклона пути его движения. Это обусловило существование неизвестного ранее явления скачкообразного изменения предельно возможного значения плотности селевой массы при превышении уклоном пути движения селя критического значения.

Если анализировать функцию, характеризующую зависимость максимально возможной плотности селевой массы от уклона пути движения селя, то скачкообразное изменение плотности означает, что при превышении уклоном русла критического значения бесконечно малое увеличение уклона приводит к конечному изменению плотности селевой массы (функция претерпевает разрыв). Критическим значением уклона на рис. 4 является i_7 . Бесконечно малое увеличение (относительно i_7) уклона приведёт к возрастанию предельно возможного значения плотности до значения ρ_9 .

Скачкообразное изменение плотности не означает, что плотность селевой массы изменится мгновенно, для этого потребовалась бы бесконечно большая энергия и конечные (по величине) запасы селеформирующих пород на бесконечно малом (по размерам) участке пути движения селя.

Обнаружение явления скачкообразного изменения плотности селевой массы (при превышении уклоном критического значения) затруднялось отсутствием математически строгой теории селеформирования, базирующейся только на фундаментальных физических законах. В этой теории теория турбулентности являлась бы лишь составной частью (о сложности создания теории турбулентности высказался один из выдающихся физиков 20 века, который, скорее всего Р. Фейнман, сказал, что если хочешь всю жизнь заниматься интересным делом и ничего не сделать – займись турбулентностью).

Отсутствие фундаментальной теории селеобразования практически исключало возможность и экспериментального обнаружения явления скачкообразного изменения плотности селевой массы из-за отсутствия критериев подобия, т.к. потребовало бы создания грандиозного сооружения, которое позволяло проводить эксперименты в натуральном масштабе (глубина потока – метры, ширина потока – десятки метров, длина – сотни метров, диапазон изменения наклона лотка – несколько градусов, расход потока – сотни кубометров в секунду, объём селевой массы, образуемой в смесителе – десятки тысяч кубометров), Если бы такая установка всё же была создана (при этом осуществлялось автоматическое поддержание глубины потока за счёт изменения ширины потока), то суть экспериментов свелась к следующему:

1. Для заданного минералогического и гранулометрического составов твёрдой составляющих селевой массы и глубины потока, по методике, изложенной выше, определялись плотность селевой массы ρ_4 и уклон i_4 , соответствующие точке A .
2. В смесителе формировалась селевая масса с плотностью ρ_4 и производительностью, обеспечивающей поддержание заданной глубины потока на протяжении нескольких сот секунд.
3. Селевая масса подавалась в лоток (дно которого выстилалось рыхлообломочными породами, имеющими состав, идентичный составу твёрдой составляющей селевой массы), а уклон превышал i_4 на бесконечно малую величину.
4. Увеличение плотности селевой массы на конечную величину по мере удаления створа взятия пробы от подачи исходной селевой массы в лоток свидетельствовало бы о скачкообразном изменении плотности селевой массы.

Зависимость предельно возможной плотности селевой массы от уклона русла (соответствующая зависимости между плотностью и минимально возможным углом, на котором не происходит частичный распад селевой массы или её остановка, приведённой на рис. 4), изображена на рис. 5.

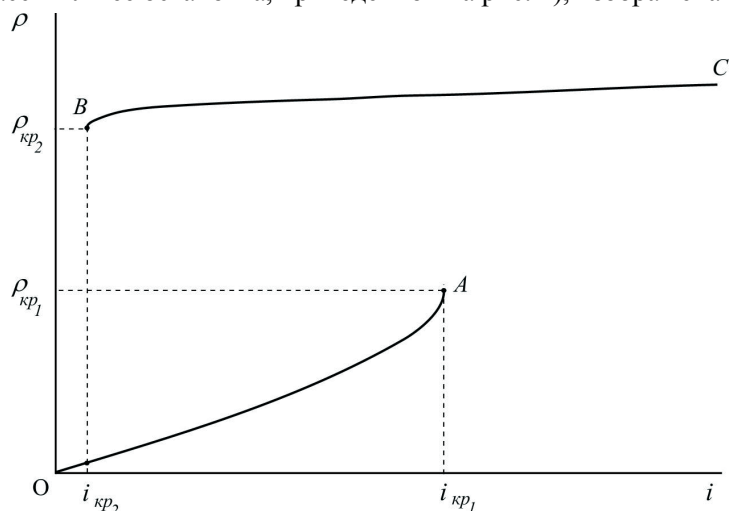


Рис. 5. Зависимость предельно возможной плотности селевой массы) от уклона русла.

Результаты экспериментов, осуществлённых в менее строгой постановке, приведены в [9]. Расчёты, выполненные с использованием приведённых выше математических моделей, описывающих зависимость между плотностью (концентрацией твёрдой фазы) селевой массы и минимальным уклоном, на котором она может существовать без распада и остановки (при глубинах потоков, представляющих практический интерес), для условий, при которых размеры частиц твёрдой фазы селевой массы изменяются от долей микрона до нескольких метров (бассейны рек Иле Алатау), и условий, при которых частицы близки по размерам (пустыня Жаманкум), свидетельствуют о хорошей сходимости явлений, наблюдаемых в природе и вытекающих из теоретических построений.

Заключение

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлена неоднозначная зависимость плотности селевой массы от уклона русла, на котором не происходит её частичный распад или остановка при глубине потока, представляющей практический интерес. Координаты точек перегиба функции, описывающей эту зависимость, определяются глубиной потока, гранулометрическим и минералогическим составом твёрдой составляющей селевой массы.

Выявление наличия отрицательного наклона у функции, описывающей зависимость между плотностью селевой массы и минимальным уклоном русла, на котором не происходит её частичный распад или остановка, позволило теоретически обосновать существование неизвестного ранее природного явления: скачкообразного увеличения плотности селевой массы при превышении уклоном критического значения (скачкообразного уменьшения плотности, если уклон станет меньше критического значения). Установлено, что величина критического значения уклона русла зависит от плотности селевой массы (при неизменной глубине потока и постоянном гранулометрическом и минералогическом составе твёрдой составляющей селевой массы).

Открытие явления скачкообразного изменения плотности селевой массы имеет большое практическое значение, так как математические модели, разработанные для выявления его природы, могут быть использованы для оценки селевых процессов, обусловленных изменением условий их протекания: формы и уклона русла, изменения плотности и расхода селевой массы в результате слияния селя с водным потоком, изменения гранулометрического и минералогического состава селеформирующих пород степени их увлажнения и т.д. Эти факторы, влияя на ход селевых процессов, определяют в пространстве и времени объём и расход селя, скорость его движения, плотность селевой массы, а, следовательно, и степень угрозы, создаваемой селом.

Характеристики селей и селевой массы, как и характеристики пути их движения изменяются как во времени, так и пространстве. Главными факторами, ответственными за эти изменения, являются морфометрические характеристики пути движения селя, его расход, гранулометрический и минералогический составы твёрдой составляющей. Индикатором состояния селевой массы является плотность. Таким образом, теория существования селевой массы является ключевым элементом математического моделирования селевых процессов, позволяющим характеризовать селевой процесс от момента его зарождения до деградации, выражающейся в распаде селевой массы или её остановке на относительно малых уклонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Искусственное воспроизведение селевых потоков на экспериментальном полигоне в бассейне р. Чемолган // Селевые потоки. – 1976. – № 1. – С. 3-7.

2. Виноградов Ю.Б. К методике расчета характеристик селевых потоков // Тр. ГГИ. – 1985. – Вып. 304. – С. 83-89.
3. Виноградов Ю.Б., Земс А.Э., Хонин Р.В. Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке // Селевые потоки. – 1976. – № 1. – С. 60-73.
4. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 386 с.
5. Громов В.А., Кайнер В.Д. Опыт определения максимального селевого выброса в бассейне р. Куллумколсу (КБ АССР) // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1984. – С. 209-215.
6. Кайнер В.Д., Громов В.А. Инженерно-геологические особенности селеформирования в бассейне р. Куллумколсу (КБ АССР) // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1984. – С. 202-209.
7. Материалы IV Всесоюзной конференции по селевым потокам / Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959 – 231 с.
8. Степанов Б.С. К природе грязекаменных селей // Гидрометеорология и экология. – 2013. – №2. – С. 40-60.
9. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. – М.: Гидрометеоиздат, 1991. – 380 с.
10. Тевзадзе В.И., Гордезиане Д.Г., Кешелава И.К. Применение численного метода при расчете неустановившегося движения связного селевого потока по водотокам // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 5. – С. 91-97.
11. Takahashi T. (1991): Debris Flow, JAHN Monograph Series, Balkema Publishers, The Netherlands. – 165 p.

Поступила 17.09.2013

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов

ТҰЗ САЛМАҒЫ ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ СЕРКІРМЕЛІ ТҮРДЕ ӨЗГЕРУ ҚҰБЫЛЫСЫ. ОНЫ АШУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

Сел сипаттамаларының тасымалдану мінездемесі олардың генезисі мен қалыптасу механизміне тәуелсіз. Тұз салмағы тығыздығының серкірмелі түрде өзгеру құбылысын ашу, сел сипаттамаларын есептеудің ғылыми негізделген әдісін жақсартуға мүмкіндік берді. Селдің тасымалдану мінездемесі оның қозғалу жолының ағыны мен морфометриясы, сел салмағының реологиялық сипаттамаларымен анықталады.

УДК 556.166/167

Канд. геогр. наук

О.А. Климентьева *

Л.Ю. Чигринец **

**МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ И СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ
ГОРНЫХ РЕК ЖЕТЫСУСКОГО АЛАТАУ**

*РЕДУКЦИЯ, ПЛОЩАДЬ ВОДОСБОРА, СРЕНЕВЗВЕШЕННАЯ
ВЫСОТА ВОДОСБОРА, ПОЛОВОДЬЕ, БАССЕЙН РЕКИ, СЕЛЕ-
ВОЙ ПОТОК, СЕЛЕВОЙ РАСХОД, НАНОСОВОДНЫЙ СЕЛЬ, ГРЯ-
ЗЕКАМЕННЫЙ СЕЛЬ*

Определены статистические характеристики максимальных расходов воды горных рек Жетысуского Алатау по данным фактических наблюдений с использованием материалов сети РГП «Казгидромет» за весь период наблюдений по 2012 г. включительно. Проведена оценка применимости методики В.М. Болдырева [1, 4] для расчета максимальных расходов воды весенне-летнего половодья неизученных рек в условиях Жетысуского Алатау. Рассчитаны характеристики селевых потоков ливневого и гляциального происхождения наносоводных и грязекаменных типов для некоторых рек Жетысуского Алатау.

Горные реки Жетысуского Алатау всё более активно вовлекаются в сферу хозяйственной деятельности человека, характеризуются повышенной водностью и чрезвычайно благоприятным, особенно для нужд орошения, режимом стока. В рассматриваемом регионе интенсивно используются для орошения воды рек Каратал, Коксу, Лепсы, Аксу и др. В бассейнах этих рек водозабор на орошение почти 200 тыс. га оценивается в размере 1,3 км³/год [2]. Территории горных водосборов также представляют большую ценность и интенсивность их использования постоянно увеличивается. В зоне формирования стока вода используется для водоснабжения, развития садоводства, получения электроэнергии, пастбищного животноводства, технических, рекреационных и других целей. В этих условиях в настоящее время уделяется повышенный интерес к изучению гидрологического режима горных рек и в частности к максимальному стоку воды. На реках Жетысуского Алатау, одного из наиболее

* РГП «Казгидромет», г. Алматы,

** КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

селеопасных районов Казахстана и СНГ, максимальные расходы зачастую перерастают в селевые, поэтому селевые потоки на реках данного района также представляют значительный интерес. Основные трудности в изучении максимального стока воды и селевых потоков обусловлены недостатком фактической информации, и её пониженным качеством. В связи с этим большую значимость приобретает совершенствование существующих и разработка новых методов расчёта максимального стока воды неизученных рек, а так же уточнение методик расчёта характеристик селей.

В работе выявлены наиболее важные факторы и закономерности формирования максимального стока рек рассматриваемого района. Реки низкогорно-предгорного пояса Жетысуского Алатау ($H_{cp.} < 1000$ м, $F < 1000$ км²) характеризуются весенним половодьем, которое формируется преимущественно тальми водами сезонных снегов. На реках с площадями водосборов менее 300 км² здесь могут наблюдаться максимальные расходы воды дождевого происхождения. Малые реки среднегорного пояса ($H_{cp.}$ от 1000 до 2800 м и $F < 1000$ км²) характеризуются весенне-летним половодьем с наибольшими расходами воды обычно смешанного (снего-дождевого) происхождения. Здесь также наблюдаются дождевые паводки, которые часто в несколько раз превышают талые [6].

По размерам оледенения Жетысуский Алатау занимает первое место в Казахстане. К 2000 г. в Казахстанской Джунгарии (Жетысуском Алатау) насчитывалось 1298 ледников общей площадью 528,01 км² (в 1956 г. было 1412 ледников общей площадью 841 км²), то есть за период 1956...2000 гг. площадь оледенения уменьшилась на 37,2 %. В ближайшие десятилетия связанные с деградацией оледенения процессы (стаивание ледников, их распад на более мелкие) будут продолжаться не менее интенсивно [3]. Таким образом, реки высокогорного пояса Жетысуского Алатау ($H_{cp.} > 2800...3000$ м) характеризуются тем, что в формировании максимальных расходов воды большую роль играют талые воды высокогорных снегов и ледников. В отдельные годы жидкие осадки могут лишь незначительно их увеличивать. Здесь могут возникать катастрофические паводки от прорыва ледниковых озёр [6].

В работе оценена изученность максимального стока воды рек Жетысуского Алатау по состоянию на 2012 год. Проведен анализ полноты и качества наблюдений. В результате исследований отмечена некоторая неравномерность изученности максимального стока отдельных районов:

большинство гидропостов (около 80 %) находятся в бассейнах рек Каратал, Лепсы, Тентек и Аксу. Их подавляющее число располагается в зоне средних высот 1500...2500 м, слабо освещены наблюдениями верхняя и нижняя зоны. Низким качеством отличаются материалы ведомственной сети. Здесь отсутствуют данные о наибольших срочных расходах воды. Исходными материалами для расчета максимального стока воды послужили данные наблюдений по 21 пункту сети РГП «Казгидромет». Наибольшее количество гидропостов находится в бассейне реки Каратал при выходе из гор, где пункты наблюдений расположены в различных высотных зонах и освещают значительный диапазон площадей водосборов. Основным недостатком исходных данных является небольшое количество пунктов наблюдений в районе бассейна реки Лепсы и Тентек, а также неравномерное их размещение по высотным зонам. Авторами были собраны среднемесячные, среднегодовые и максимальные расходы воды с датами их наступления за весь период наблюдений по 2012 г. включительно. Длительность рядов максимального стока воды колеблется от 4 до 73 лет. Наиболее продолжительные периоды наблюдений имеются по гидропостам р. Сарканд – г. Сарканд (73 года), р. Тентек – клх. Тункуруз (68 лет), р. Каратал – ж.д. ст. Уштобе (62 года) и р. Карой – г. Текели (60 лет). Пропуски в рядах максимальных расходов воды были восстановлены следующими методами: по связи среднегодовых и максимальных расходов воды по одному и тому же гидропосту; по связи максимальных расходов воды исследуемого створа с максимальными расходами рек-аналогов; по связям максимальных расходов воды со среднесуточными расходами воды за те дни, когда наблюдался максимальный расход; по связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов воды; по графикам связи максимальных расходов воды с объемом стока за половодье и др.

Ряды наблюдений за максимальным стоком воды по каждому пункту подвергались тщательному анализу, проверялись на репрезентативность и однородность. Суммарные интегральные кривые максимальных расходов воды, а также расчётные критерии Фишера, Стьюдента и Вилкоксона показали, что рассматриваемые ряды в основном однородны. Лишь в некоторых случаях однородность нарушается попаданием в рассматриваемые ряды наносоводных селевых расходов. Однородность рядов максимального стока объясняется тем, что рассматриваемые пункты наблюдений находятся в зоне формирования стока, где он мало искажен хозяйственным использованием. Это подтверждено анализом сведений о водозаборах из рек в зоне

формирования стока и на ее границе, который показал, что по различным гидропостам Жетысуского Алатау водозаборы в среднем составляют от 1 % до 5 % от среднегодовых значений расходов воды [10]. Эти значения сопоставимы с ошибками измерений расходов воды и с точностью определения нормы стока воды в этих гидросторах [8, 9].

Анализ многолетних колебаний максимального стока воды и выбор репрезентативных периодов для расчета нормы максимального стока воды по различным створам проводился с использованием разностных интегральных кривых модульных коэффициентов максимальных расходов воды. Совмещенные разностные интегральные кривые максимальных расходов воды по гидропостам с наиболее длительными периодами наблюдений приведены на рис. 1. Выявлено, что колебания максимальных расходов воды в различных створах в основном синхронны. Асинхронность в отдельные периоды обусловлена неравномерным выпадением осадков по территории и различием в питании рек.

Одним из основных этапов работы было определение статистических характеристик максимальных расходов воды по данным фактических наблюдений. Норма максимальных расходов воды, коэффициенты вариации и асимметрии рассчитаны методом моментов и графоаналитическим методом Г.А. Алексева. Основные характеристики максимального стока воды и их отклонения от [6] приведены в табл. 1. Отклонения расходов 1 % обеспеченности ($Q_{\max 1\%}$) от данных, приведенных в [6], в среднем составляют $\pm 14\%$. Большие отклонения в некоторых случаях объясняются значительным удлинением рядов наблюдений по сравнению с [6]. Норма максимального стока воды рек рассматриваемого региона колеблется от 4,28 м³/с (р. Каиндысай – с. Березовка) до 304 м³/с (р. Тентек – клх Тункуруз).

Коэффициент вариации C_v максимального стока воды находится в диапазоне от 0,35 до 2,2, а коэффициент асимметрии C_s – от 0 до 3,3. Параметры кривых обеспеченности были рассчитаны графо-аналитическим методом Г.А. Алексева. При значительном отклонении экстремальных точек от кривой применялось усеченное распределение [3, 7]. Максимальные расходы воды различной обеспеченности приведены в табл. 2.

Результаты исследований показывают, что полученные характеристики максимального стока воды могут быть использованы для проектирования на стадии предварительного расчета и подлежат уточнению на более обширном фактическом материале.

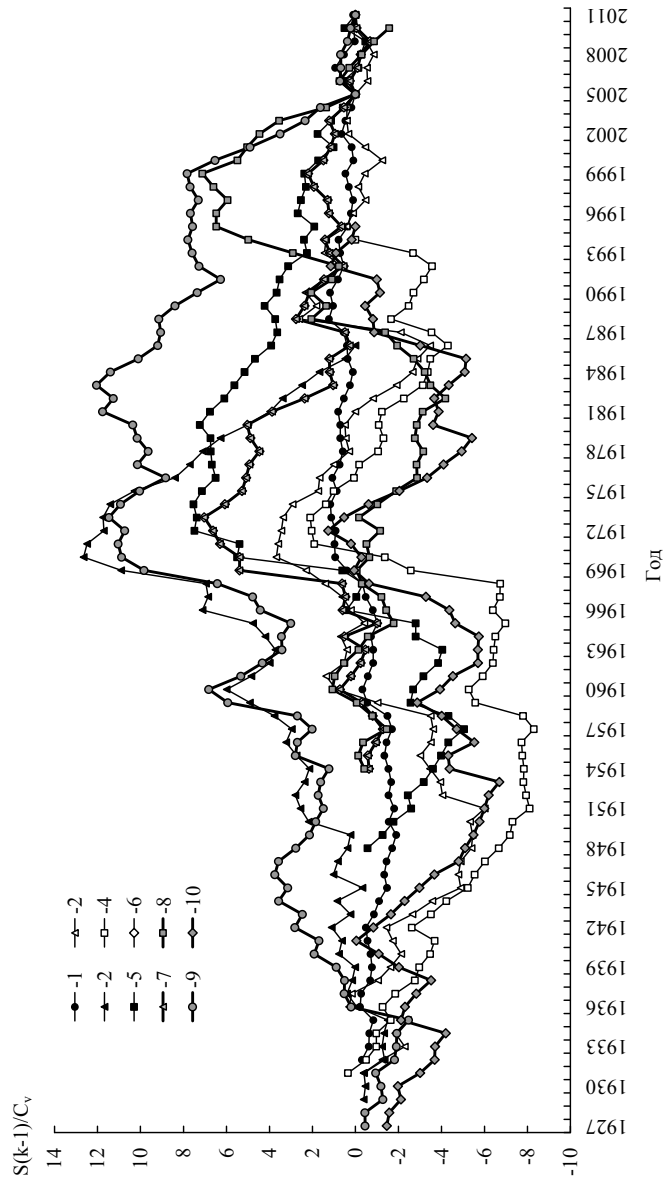


Рис. 1. Совмещенные разностные интегральные кривые максимальных расходов воды горных рек Жетысуйского Алатау:
 1 – р. Лепсы – г. Лепсинск; 2 – р. Тентек – клх Гункуру; 3 – р. Аксу – с. Джансуурова; 4 – р. Каратал – ж.-д. ст Уштобе;
 5 – р. Бйже – свх Красногоровка; 6 – р. Коктал – с. Араитобе; 7 – р. Коксу – с. Коксу; 8 – р. Карой – г. Текели;
 9 – р. Сарканд – г. Сарканд; 10 – р. Баскан – с. Новотокровка.

Таблица 1
Средние за многолетний период максимальные расходы воды рек Жетысуского Алатау и их отклонения от данных, опубликованных в [6]

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Высота водосбора, м	Период наблюдений	Число лет	$Q_{\max, \text{расч.}}$, м ³ /с	$Q_{\max, \text{из [2]}}$, м ³ /с	отклонение от [6], %
р. Лепсы – г. Лепейск	1220	2330	1932...2012	73	121,9	114	-6,48
р. Каратал – ж/д ст. Ушгобе	13200	-	1931...1994	63	323,4	295	-8,78
р. Теректы – с. Веселое	498	1720	1951...1991	40	70,62	62,0	-12,2
р. Баскан – с. Новопакровка	883	2265	1927...1972	69	42,43	40,9	-3,61
р. Сарканд – г. Сарканд	645	2490	1927...2012	78	36,03	37,1	2,97
р. Аксу – с. Джанеугурова (Абакумовка)	1330	2240	1929...1983	57	69,22	72,1	4,16
р. Кызылагаш – с. Кызылагаш	1080	1260	1949...1991	43	30,3	24,5	23,7
р. Карой – г. Текели	1080	1260	1940...2012	65	84,25	73,5	-12,8
р. Тентек – клх Тункуруз	3300	-	1931...2012	74	273,7	304	11,1
р. Каиндысай – с. Березовка	25,5	1380	1951...1990	39	4,28	6,30	47,2
р. Коку – с. Коку	1590	2950	1954...2012	51	190	210	10,5
р. Коку – ущ. Кук-Креу	3670	2310	1929...1969	41	297,3	277	-6,83
р. Коктал – с. Аралтобе	293	2910	1946...2012	59	51,63	56,0	8,46
р. Бижэ – с. Красногоровка	8252	1490	1948...2012	57	17,65	22,2	25,8
р. Жангыз – с. Жангызгаш	90,4	1680	1947...1991	46	7,23	7,05	-2,49
р. Чиже – г. Текели	680	2190	1952...2012	34	72,1	86,8	20,4

Таблица 2

Максимальные расходы воды различной обеспеченности рек Жетысуского Алагау

Река – пункт	Q_{0max} , м ³ /с	C_v	C_s	Расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с				
				0,1 %	1 %	3 %	5 %	10 %
р. Лепсы – г. Лепсинск	122	0,40	1,1	350	272	233	214	187
р. Аганакты – с. Жаланаш	49,7	0,62	3,3	279	178	132	110	83,0
р. Теректы – с. Веселое	70,6	0,57	1,9	303	214	171	151	123
р. Каратал – ж.-д. ст. Ушгобе	323	0,48	0,2	2312	1545	1150	960	666
р. Сарканд – г. Сарканд	36,0	0,35	0,6	93,2	74,1	64,4	59,7	52,9
р. Аксу – с. Джансугурова (Абакумовка)	69,2	0,45	1,6	237	175	145	130	111
р. Кызылагаш – с. Кызылагаш	43,0	1,25	2,9	419	258	186	150	105
р. Карой – г. Текели	84,2	2,20	0,8	240	190	160	145	122
р. Карой – 13 км выше устья	53	0,20	0,2	91,8	80,7	74,6	71,6	67,0
р. Тентек – клх Тункуруз	274	0,42	0,7	1600	1000	750	600	471
р. Коксу – с. Кокеу	190	2,20	0,0	1000	600	420	340	268
р. Коксу – ущ. Кук-Креу	297	0,51	2,0	1193	843	678	601	494
р. Коктал – с. Аралтобе	51,6	2,20	0,6	201	128	102	90,0	73,6
р. Биже – с. Красногоровка	17,6	0,63	1,5	240	140	90	65	41
р. Жангыз – с. Жангызгаш	7,23	0,88	2,4	47,8	31,3	23,8	20,0	15,2
р. Чиже – г. Текели	72,1	0,36	1,0	189	150	130	120	106
р. Биен – бр.3 клх Арасан	17,94	0,53	2,0	74,0	52,4	42,0	37,2	30,0
р. Жаманты – с. Жаманты	35,22	0,62	1,5	149	108	87,4	78,0	64,3

Как было отмечено выше, расчет максимальных расходов воды, особенно для горных рек, является сложной и трудоёмкой задачей. Основные трудности в её разрешении обусловлены недостатком фактической информации и её качеством, получение которой связано с организацией специальных трудоёмких и продолжительных наблюдений. В этих условиях большое значение приобретает использование, уточнение существующих и разработка новых методов расчёта характеристик максимального стока воды неизученных рек, что явилось одной из следующих главных задач работы.

Авторами проведен анализ существующих методов расчета максимальных расходов воды при отсутствии фактических данных наблюдений и предложены уточнения к ним для рек рассматриваемого района. Методологической основой исследований явилось использование методики расчёта максимальных расходов воды весенне-летнего половодья для горных рек с питанием смешанного типа, учитывающей зависимость слоя стока половодья от средневзвешенной высоты водосбора, а также редукцию максимального модуля стока с возрастанием площади водосбора. Новизна работы состоит в проверке применимости в условиях Жетысуского Алатау, с использованием фактических данных, методики расчета максимальных расходов воды весенне-летнего половодья неизученных рек, предложенной в [6] и апробированной В.М. Болдыревым для рассматриваемой территории [1,4].

В основу данной методики на исследуемой территории положена эмпирическая редукционная зависимость максимального модуля стока от обуславливающих его факторов – площади водосбора, высоты водосбора, слоя стока за половодья и др.

Формула выражается зависимостью максимального модуля стока 1 % обеспеченности от определяющих факторов и имеет вид:

$$q_{1\%} = \frac{B_{1\%}}{(F+1)^n} = \frac{k_0 h_{1\%}}{(F+1)^n} = \frac{A h_{1\%}}{H_{cp.}^3 (F+1)^n}, \quad (1)$$

где $q_{1\%}$ – максимальный модуль стока 1 % обеспеченности, в л/с км²; F – площадь водосбора, км²; $B_{1\%}$ – суммарный параметр, пропорциональный максимальному модулю притока; n – показатель степени, характеризующий редукцию (уменьшение коэффициента дружности половодья в зависимости от площади водосбора); $h_{1\%}$ – слой стока за половодье, обеспеченностью 1 %, в мм; k_0 – коэффициент дружности половодья; A – район-

ный параметр, характеризующий совокупность местных особенностей;
 $H_{ср.взв}$ – средневзвешенная высота водосбора, (максимальный модуль притока $B = q_0$ при $F \rightarrow 0$, $r = \sigma = 1$).

Для расчета максимального расхода воды по формуле (1) используются зависимости слоя стока за половодье 1 % обеспеченности от средневзвешенной высоты водосбора (рис. 2).

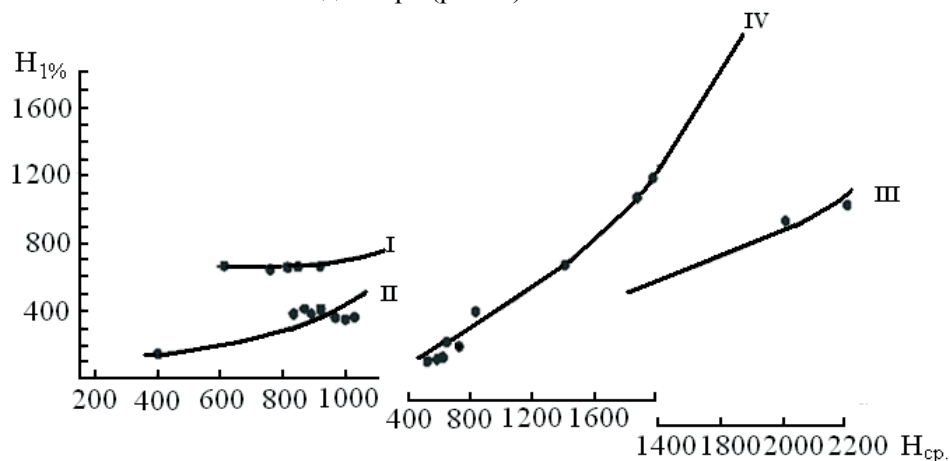


Рис. 2. Зависимость слоя стока половодья 1 % обеспеченности от средней высоты водосбора для рек Жетысуского Алата [6].

В [6] на рассматриваемой территории было выделено 4 зависимости $h_{1\%} = f(H_{ср.взв.})$: I – бассейны рек Тентек, Лепсы, Баскан, Жаманты; II – бассейны рек Аксу, Биен, Сарканд, Кызылагаш; III – бассейн реки Каратал (Карой, Чиже, Каиндысай); VI – бассейн реки Каратал (Каратал, Биже, Жангыз, Коксу, Коктал).

Нашими исследованиями это районирование подтвердилось (рис. 3А).

В формуле (1) значение B изменяется в зависимости от высоты и орографии местности в значительных пределах. В среднегорной зоне Жетысуского Алатау ($1000 < H_{нд.а́са} < 3000$ м) $B = 3,5 \text{ м}^3/\text{с} = 12,6 \text{ мм/час}$. Для высокогорной зоны, где максимальный модуль притока обуславливается таянием снега и льда, $B = 0,71 \text{ м}^3/\text{с} = 2,56 \text{ мм/час}$.

Увеличение параметра B в среднегорной зоне по сравнению с высокогорной объясняется одновременным участием в формировании максимальных расходов рек среднегорной зоны дождевых и талых вод. Схема районирования параметра A приведена на рис. 3Б.

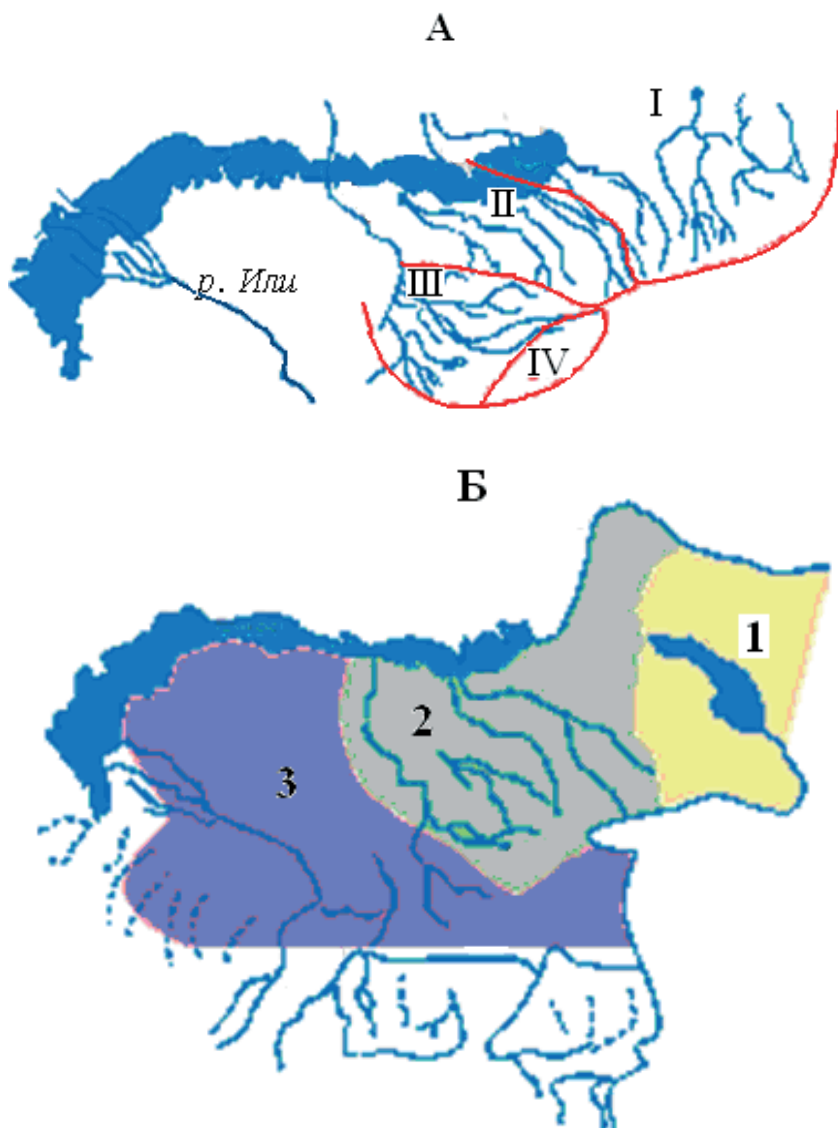


Рис. 3. Схемы к расчёту максимальных расходов воды по методике В.М. Болдырева [1,6].

А – схема районирования территорий бассейнов рек Жетысуского Алатау по зависимости $H_{1\%} = f(H_{ср.636})$; Б – схема районирования параметра А:

$$1 - A = 10, 2 - A = 20, 3 - A = 30.$$

Для определения показателя степени редукции нами была построена зависимость (рис. 4):

$$\frac{q_{1\%}}{h_{1\%}} = f(F). \quad (2)$$

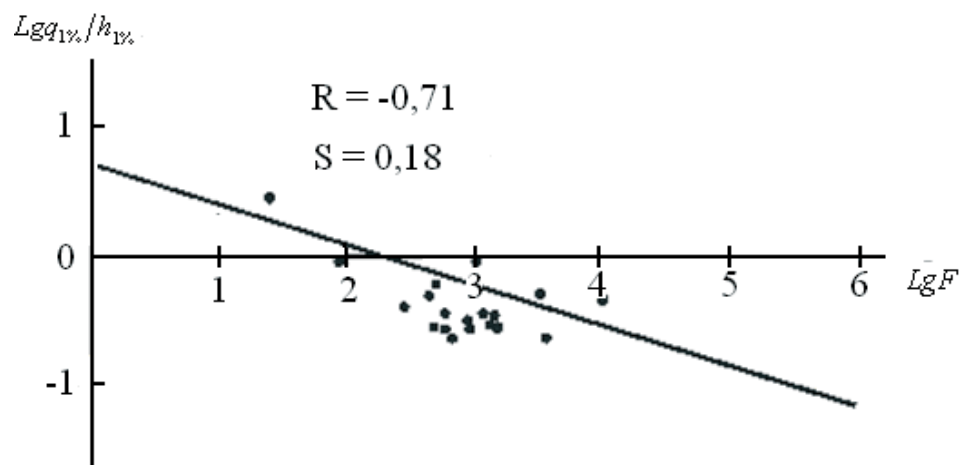


Рис. 4. Зависимость $\frac{q_{1\%}}{h_{1\%}} = f(F)$ для рек Жетысуского Алатау с

$$H_{\text{ср.взв}} = 1000 \dots 3000 \text{ м } LgF.$$

Зависимость степени редукции, полученная из графика связи $h_{1\%} = f(H_{\text{ср.взв.}})$, имеет вид:

$$H = 0,50 - 0,1 \cdot H_{\text{ср.взв}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{ср.взв}}$ – средневзвешенная высота водосбора в км.

Уменьшение показателя степени редукции с увеличением высоты водосбора объясняется характером водоотдачи в различных высотных зонах. В низкогорных и среднегорных зонах, где формирование максимальных расходов воды обуславливается интенсивностью таяния сезонных снегов и ливневыми осадками, коэффициент редукции, выражающий зависимость дружности половодья от площади водосбора, велик. В высокогорных зонах влияние площади бассейна на дружность половодья сводится к минимуму, что объясняется несоизмеримостью наибольших расходов половодья в период таяния снежников и ледников с общей площадью водосбора [1, 6].

Коэффициент дружности половодья K является сборным параметром, включающим влияние ряда факторов (форма водосбора, экспозиция, средняя высота водосбора и др.). Величина K изменяется в значительных пределах и уменьшается в зависимости от высоты водосбора. Аналитическая зависимость $K = f(H_{\text{ср.}})$ выражается уравнением:

$$K = \frac{A}{H_{cp}^3} . \quad (4)$$

Отношение $\frac{Q_{1\% \text{ расч.}}}{Q_{1\% \text{ факт.}}}$ в среднем составляет 0,8. Следовательно, по

нашим расчетам, для горных рек Жетысуского Алатау формула (1) занижает максимальный расход воды в среднем на 20 %. Наши исследования показали, что методика [1, 4] для расчета максимальных расходов воды рек Жетысуского Алатау требует уточнения с применением более обширного объема фактических данных.

Жетысуский Алатау является одним из наиболее селеопасных районов Казахстана, максимальные расходы воды рек могут переходить в селевые вследствие большого насыщения твёрдым материалом. Селевые расходы более катастрофичны, чем максимальные расходы воды, поэтому расчёт их характеристик весьма актуален. В связи с этим значительная часть работы посвящена антологии селей горных рек Жетысуского Алатау, анализу факторов их формирования и расчёту основных параметров.

По данным РГП «Казгидромет» и «Казселезащиты» из 788 селей, прошедших с 1841 года на территории Казахстана, 114 приходится на Жетысуский Алатау [10]. В Жетысуском Алатау в современный период наиболее селеносны бассейны рек его северо-западной территории, особенно бассейн р. Текели, случаи прохождения селей отмечены также в бассейнах рек Аксу, Жангыз, Сарканд, Тентек, Жаманты, Чиже и некоторых других. Для Жетысуского Алатау характерны наносоводные и грязекаменные селевые потоки, причем наиболее мощные сели чаще всего – грязекаменные. Выявлено, что преобладают сели ливневого происхождения, а в последние десятилетия участились сели гляциального происхождения в связи с деградацией оледенения.

Селеопасный период в Жетысуском Алатау – апрель – первая половина сентября. Повторяемость селей характеризуется эпизодичностью и внезапностью. Продолжительность действия селей в большинстве случаев от нескольких десятков минут до нескольких часов. Сели, продолжительностью 1...2 часа составляют около 50 %, 2...4 часа – около 20 %, 4...6 часов – около 10 %. Для условий Жетысуского Алатау предельные значения плотности селей составляют 2400...2540 кг/м³. Селевые выносы в данных районах достигают 6 млн. м³ и даже более. Некоторые сведения о выдающихся селях рассматриваемого района приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сведения о выдающихся селях на горных реках Жетысуского Алатау

Река	Дата	Происхождение	$Q_{\max}, \text{ м}^3/\text{с}$
Баскан	16.03.2009 г.	интенсивное таяние, повышенные температуры	76,3
Биен	12.07.1988 г.	ливневые дожди	100
Борохудзир	23.05.1985 г.	интенсивный продолжительный ливень	60...70
Борохудзир	27.06.1988 г.	сильные дожди, интенсивные снеготаяния	80
Бурхан	04.07.1982 г.	сильный дождь	140...150
Каратал	09.06.1978 г.	сильный дождь	150
Каратал	14.07.1988 г.	сильные дожди	400
Лепсы	12.05.1990 г.	сильные осадки	120
Лепсы	15.04.2007 г.	сильные осадки	220
Сарканд	08.09.1982 г.	прорыв моренного озера	120...150
Текели	07.04.1959 г.	снеготаяние, сильный ливень	99
Текели	08.04.1959 г.	снеготаяние, сильный ливень	16...250
Текели	28.04.1959 г.	ливневой дождь	44
Тентек	16...18.05.1998 г.	интенсивное таяние, дожди	500
Осек	23...24.07.2007 г.	сильные осадки	220
Осек	12.06.2010 г.	интенсивное таяние, осадки	120
Коргос	20.06.2010 г.	интенсивное таяние, осадки	160
Чиже	28.05.1980 г.	ливневой дождь	80

При выполнении исследований авторами кроме максимальных расходов воды рассчитаны характеристики селевых потоков ливневого и гляциального происхождения наносоводных и грязекаменных типов для некоторых рек Жетысуского Алатау.

Расчёт водной составляющей селевых потоков ливневого происхождения производился по формуле предельной интенсивности стока, адаптированной к исследуемому району [6]:

$$Q_{1\%} = 16,67 \varphi \cdot \overline{\psi}(\tau) \cdot H_{1\%} \cdot F, \quad (5)$$

где $Q_{1\%}$ – максимальный (срочный) расход обеспеченности 1 %, в м³/с; 16,67 – коэффициент размерности; φ – сборный коэффициент максимального стока определяется в зависимости от высоты водосбора; $\overline{\psi}(\tau) = \frac{\psi(\tau)}{\tau} = \frac{H_\tau}{\tau H_p}$ – параметр редукции; $\psi(\tau) = \frac{H_\tau}{H_p}$ – коэффициент редукции, выражающий отношение между максимальным слоем дождя H_τ за время τ минут и максимальным суточным слоем дождя H_p , мм; $H_{1\%}$ – максимальные суточные слои дождя; F – площадь водосбора в км².

Безразмерный коэффициент φ равен произведению трёх коэффициентов:

$$\varphi = \varphi_\tau \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2, \quad (6)$$

где φ_τ – коэффициент стока для наибольшего слоя осадков $\varphi_\tau = J_\tau \tau$ за расчетную продолжительность осадков; $\varphi_1 \leq 1$ – коэффициент, зависящий от неравномерности выпадения осадков по площади бассейна; φ_2 – коэффициент, зависящий от регулирующего влияния бассейна (склонов и русловой сети).

Сборный коэффициент стока, полученный обратным путем:

$$\varphi = \frac{q_{1\%}}{16,67 \overline{\psi}(\tau) H_{1\%}}, \quad (7)$$

определяется в зависимости от высоты водосбора.

При проведении расчётов максимальных расходов воды по формуле (5) использованы уточнённые данные суточных максимумов осадков. Для их получения авторами проведена большая, скрупулёзная работа по выбору суточных максимумов осадков за конкретные годы по 9 метеостанциям и дождемерным пунктам за весь период наблюдений по 2012 год включительно. Построены кривые обеспеченности суточных

максимумов осадков, по которым определены суточные максимумы осадков 1 % обеспеченности, построены их зависимости от высоты местности (рис. 6). Среднее отклонение суточных максимумов осадков 1 % обеспеченности, полученных авторами по фактическим данным, с суточными максимумами осадков, приведёнными в [6], составляет в среднем 21,7 %, причём осадки, полученные по уточнённым данным, выше приведённых в [6].

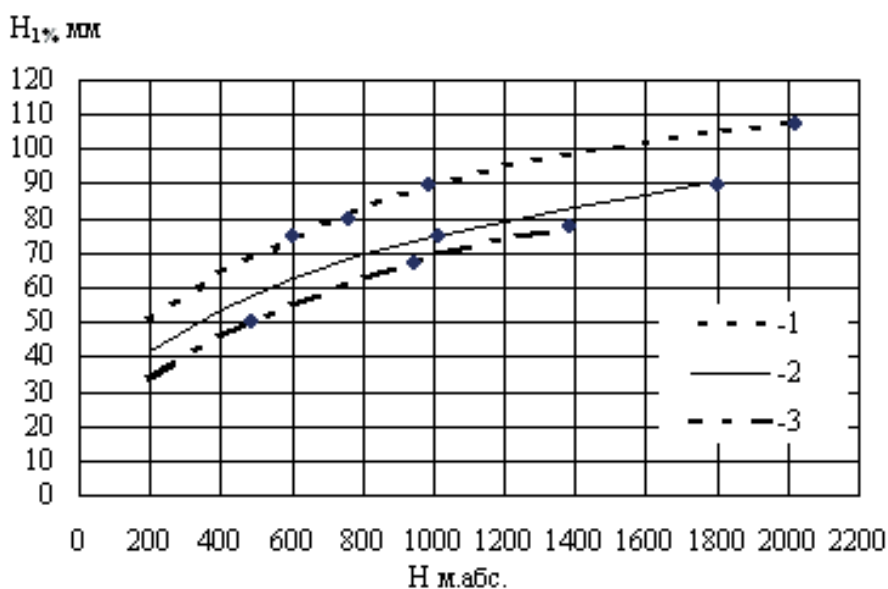


Рис. 6. Зависимость суточных максимумов осадков 1 % обеспеченности от высоты местности для бассейнов рек Жетысуского Алатау за период 1920...2012 гг. 1 – бассейн рек Сарканд, Текели, Каратал; 2 – бассейн рек Лепсы, Баскан; 3 – бассейн рек Кызылагаши, Биже.

Расчёт водной составляющей селевых потоков ливневого происхождения приведён в табл. 4.

Водная составляющая селевого потока гляциального происхождения рассчитана в двух вариантах, согласно [5].

При прорыве моренного озера или при прорыве открытых водоёмов на ледниках (формула КазНИГМИ) [5]:

$$Q_{\max 1\%} = 220(F_{\text{л}} - 0,5)^{0,8}, \quad (8)$$

$$W_{\max 1\%} = 0,31(F_{\text{л}} - 0,5)10^6, \quad (9)$$

где F_d – площадь наибольшего ледника в расчетном бассейне; $Q_{\max 1\%}$, $W_{\max 1\%}$ – соответственно расход и объём водной составляющей селевого потока 1 % обеспеченности.

При прорыве внутриледниковых ёмкостей или скрытых водоёмов:

$$Q_{\max 1\%} = 110(F_{\bar{e}} - 0,5)^{0,8}, \quad (10)$$

$$W_{\max 1\%} = 0,14(F_{\bar{e}} - 0,5)10^6. \quad (11)$$

Расчет водной составляющей селя гляциального происхождения приведен в табл. 5.

Расчет характеристик наносоводного селя 1 % обеспеченности производился по формулам КазНИИГМИ (Ю.Б. Виноградов, Б.С. Степанов), приведённым в [5].

Максимальный селевой расход 1 %-ной обеспеченности определялся по формуле:

$$Q_{\max 1\%, \text{селевой}} = \frac{Q_{\max 1\%, \text{воды}}}{(1 - S_T)}. \quad (12)$$

Максимальный объём селя 1 %-ной обеспеченности определялся по формуле:

$$W_{\max 1\%, \text{селевой}} = \frac{W_{\max 1\%, \text{воды}}}{(1 - S_T)}, \quad (13)$$

где S_T – предельная объемная концентрация твердой составляющей наносоводного селевого потока.

$$S_T = 2,33 \sin \alpha, \quad (14)$$

α – уклон русла на участке длиной 300 м выше расчетного створа.

Плотность селя определялась по формуле:

$$\rho_{\text{селя}} = \rho_0 + S_T(\rho_T - \rho_0), \quad (15)$$

где ρ_0 – плотность воды; ρ_T – плотность твердой составляющей селя.

$$\rho_T = 2,73 \div 2,75 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}; \quad \left(\frac{\text{м}}{\text{м}^3} \right) = 2750 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (16)$$

Расчет характеристик грязекаменного селя производился по следующей формуле:

$$Q_{\max 1\%, \text{селевой}} = K_{\bar{e}} \cdot K_1 \cdot Q_{\max 1\%, \text{воды}}, \quad (17)$$

где $K_{\bar{e}}$ – коэффициент валообразования, принимается равным 2, если $K_{\bar{e}} Q_{\max} > 1000$ и 2,5 если $K_{\bar{e}} Q_{\max} < 1000$; K_1 – коэффициент, который

определяется по графику $K_1 = f\left(\frac{H}{y}\right)$, приведённому в [5]; H – превышение начала участка над его концом (падение на участке); y – устойчивость грунта к эрозии.

Таблица 4

Расчет водной составляющей селевого потока ливневого происхождения по гидропостам на реках Жетысуского Алатау [5]

Река – пункт	L , км	F , км ²	i , ‰	N_{cp} , м	$N_{1\%}$, мм	φ	V , м/с	τ_p	τ_0	Q , м ³ /с
р. Сарканд – г. Сарканд	43	645	58	2490	111	0,15	2,48	289	607	0,00155
р. Текели – устье р. Черкасай	9	29,7	118	2080	107	0,15	2,97	51,0	107	0,00592
р. Тамды – с. Каратальское	12	17,3	102	1600	102	0,15	2,86	70	147	0,00444
р. Теректы – с. Малиновка	14	46,9	74	1670	82	0,15	2,64	88	185	0,00389

Таблица 5

Расчет водной составляющей селевых потоков гляциального происхождения по гидропосту р. Теректы – с. Малиновка

Река – пункт	$F_{наиб.ледн.}$, км ²	$Q_{max1\%}$, м ³ /с	$Q_{max0.1\%}$, м ³ /с	λ	$W_{1\%}$, м ³
р. Теректы – с. Малиновка	0,241	70,5	89,5	1,27	74710
р. Теректы – с. Малиновка	0,241	35,2	44,8	1,27	33740

Таблица 6
 Расчет характеристик наносоводного селевого потока по гидростам на реках Жетысууского Алагау

Река – пост	F , км ²	L , км	Водная составляющая		St	$Q_{селев.1\%}$, м ³ /с	$W_{селев.1\%}$, м ³	ρ , кг/м ³
			$Q_{водн.1\%}$, м ³ /с	$W_{водн.1\%}$, м ³				
Селевые потоки ливневого происхождения								
р. Сарканд – г. Сарканд	645	43	277	10965000	0,14	321	12678353	1236
р. Текели – устье р. Черкасай	29,7	9	47,0	476685	0,27	64,9	657442	1481
р. Тамды – с. Каратальское	17,3	12	19,6	264690	0,24	25,7	347207	1416
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	37,4	576870	0,17	45,2	697056	1302
Селевые потоки гляциального происхождения при прорыве моренного озера								
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	70,5	74710	0,17	84,9	90012	1302
Селевые потоки гляциального происхождения при прорыве внутриледниковых ёмкостей								
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	35,2	33740	0,17	42,5	40651	1302

Таблица 7

Расчет характеристик грязекаменного селевого потока по гидропостам на реках Жетысуского Алатау

Водоток	F , км ²	L , км	H , м	Водная составляющая		K_1	K_b	Селевой поток	
				$Q_{водн.1\%}$, м ³ /с	$W_{водн.1\%}$, м ³			$Q_{селев.1\%}$, м ³ /с	$W_{селев.1\%}$, м ³
р. Сарканд – г. Сарканд	645	43	2490	277	10 965 000	4,5	2,5	3122	49 342 500
р. Текели – устье р. Черкассай	29,7	9	2080	47	1 397 157	4,5	2,5	529	6 287 207
р. Тамды – с. Каратальское	17,3	12	1600	20	338 924	4,0	2,5	196	1 355 696
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	1670	37	1 754 430	4,0	2,5	374	7 017 719
Селевые потоки ливневого происхождения									
Селевые потоки гляциального происхождения при прорыве моренного озера									
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	1670	70,5	74 710	4,0	2,5	705	298 840
Селевые потоки гляциального происхождения при прорыве внутриледниковых ёмкостей									
р. Теректы – с. Малиновка	46,9	14	1670	35,2	33 740	4,0	2,5	352	134 960

$$y = 0,3n + (1 - n)A_{y.зр}, \quad (18)$$

где $A_{y.зр}$ – коэффициент устойчивости грунта к эрозии, определяется по характеристике грунта, приняты равным 2; n – коэффициент, учитывающий обрушение бортов русла, равен 0.5; $\rho_{селя}$ – плотность селя определяется по графику $\rho_{селя} = f\left(\frac{H}{y}\right)$, приведённому в [5].

Расчеты характеристик наносоводного и грязекаменного селевого потока приведены в табл. 6 и 7.

Полученные характеристики селевых потоков можно использовать для проектирования противоселевых сооружений, селезащитных мероприятий и других целей. При этом необходимо выбирать наибольший расход из селя ливневого и гляциального происхождения, учитывая при этом тип селя (наносоводный или грязекаменный).

Расчёт характеристик селевых потоков всегда остаётся сложной задачей, так как ряды наблюдений за селевыми расходами отсутствуют, а существующие методы расчёта параметров селевых потоков требуют дальнейшего совершенствования, особенно расчёты максимальных расходов селей гляциального происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырев В.М. Региональные эмпирические формулы в гидрологических расчетах. – Алматы: Казак университеті, 1998. – 56 с.
2. Вилесов Е.Н., Морозова В.И., Северский И.В. Оледенение Джунгарского (Жетысу) Алатау: прошлое, настоящее, будущее. – Алматы: 2013. – 244 с.
3. Гальперин Р.И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических рядов // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Матер. междунаучно-практ. конф. – Алматы: КазНИИМОСК, 2001. – С. 103-105.
4. Практикум по дисциплине «Гидрологические расчеты» (часть 2): Учебное пособие для студентов специальности «Гидрология». – Алматы: Казак университеті, 2001. - 67 с.

5. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. – М.: Гидропроект, 1985. – 110 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – Т. 13. – Вып. 2. – 643 с.
7. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 269 с.
8. СН 435-72. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 111 с.
9. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
10. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 2000. – 24 с.

Поступила 27.05.2013

О.А. Климентьева

Геогр. ғылымд. канд. Л.Ю. Чигринец

ЖЕТІСУ АЛАТАУЫ ТАУЛЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЖОҒАРҒЫ АҒЫНДАРЫ ЖӘНЕ СЕЛДІК АҒЫМДАРЫ

Таудағы ең жоғары ағындының ықпалы жөнінде маңызды жергілікті факторлар мен оның қалыптасуы анықталған. 2012 жылға дейінгі барлық бақылау кезеңі қамтылған «Қазгидромет» РМК мәліметтер желісін пайдаланып, нақты мәліметтер бойынша Жетісу Алатауының таулы өзендерінен ең жоғары су өтімдерінен статистикалық сипаттамалары анықталды. В.М. Болдыревтың зерттелмеген өзендерінің көктемгі-жазғы су тасуының ең жоғары су өтімдерін есептеу әдісінің Жетісу Алатауы шарттарына қолдануға жарамдылығы тексерілген. Жетісу Алатауының бірқатар өзендері үшін шығу тегі жаңбырлы және гляциалдық тасынды-сулы және лайлы-тасты, тіпті сел тасқындарының сипаттамалары есептелінген.

УДК 556.166/167

Д.В. Уваров *
Канд. геогр. наук Л.П. Мазур **

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКОВОГО СТОКА Р. КИШИ АЛМАТЫ (МАЛАЯ АЛМАТИНКА)

ЛЕДНИК, ГЛЯЦИАЛЬНАЯ ЗОНА, АБЛЯЦИЯ, ФИРНОВАЯ ЛИНИЯ, ОБЛАСТЬ АККУМУЛЯЦИИ, ОБЛАСТЬ АБЛЯЦИИ, ЯЗЫК ЛЕДНИКА, МОРЕНА, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ТАЯНИЯ, ДЕГРАДАЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ, СТОК РЕКИ

Произведен анализ существующих методов оценки ледникового стока и высоты фирновой линии. Рассчитан ледниковый сток р. Киши Алматы за конкретные годы многолетнего периода и рассмотрена его динамика с учетом деградации оледенения и изменения основных климатических характеристик в этом бассейне. Проанализировано изменение доли ледникового стока в общем стоке р. Киши Алматы. Определена доля ледникового стока каждого ледника в общей величине ледникового стока реки. Выявлены новые закономерности, зависимости, уточнены некоторые формулы, используемые при расчетах ледникового стока.

Глобальное потепление климата, деградация оледенения требуют неотложного решения ряда практических и научных гидрологических задач. Одной из них является оценка стока с горных ледников. Несмотря на то, что в последние десятилетия решению этой задачи уделялось много внимания, она остается весьма актуальной и сложной, а общепринятые утвержденные указания, тем более «Наставление» по расчету ледникового стока отсутствуют.

Такое положение обусловлено труднодоступностью высокогорий, недостаточной изученностью горных ледниковых районов, трудностями наблюдений и измерений методического и технического характера, зачастую неопределенностью и неуверенностью в полученных результатах, анализ которых требует глубочайших знаний физических процессов, происходящих на ледниках, а также местных условий.

* Институт географии, г. Алматы

** КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Так, например, кажущийся с первого взгляда простой вопрос – наблюдения стаявания с поверхности ледника, является на практике сложным из-за наличия микрорельефа и микроэкспозиции, образования ледяной щетины, периодического выпадения снега, выбора места и способа установки реек и других причин. Зачастую большие различия имеют место в показаниях осадкомерных и других приборов, установленных в высокогорной зоне примерно на одинаковой высоте. Эти обстоятельства при расчетах ледникового стока заставляют делать ряд допущений.

К трудностям определения ледникового стока добавляет отсутствие единства в трактовке понятия «ледниковый сток» различными учеными. Так, В.Л. Шульц [22] под этим термином подразумевал сток, формирующийся только от таяния льда на языках ледников. По мнению О.П. Щегловой [24], такое определение не совсем верно и может применяться только для ледников с низким энергетическим балансом, где климатическая снеговая линия занимает высокое положение, и сток с фирновой области незначителен. За ледниковый сток ею предложено принимать суммарный сток от таяния льда и фирна. Согласно точке зрения Т.С. Абальян [1], основной сток с гляциальной зоны осуществляется с фирновых полей, поэтому за ледниковый сток ею предложено принимать его величину. Однако такое определение приемлемо только для ледников с очень высоким энергетическим балансом.

В.Г. Коновалов [8] к ледниковому стоку относит сток от таяния льда под мореной, открытого льда и старого фирна. Сток от таяния сезонного снега на поверхности ледников, по его мнению, следует относить к снеговому питанию реки.

Интенсивное развитие воднобалансовых исследований в горных районах Казахстана в 60е-70е годы прошлого столетия было невозможно без количественной оценки ледникового стока. По этой проблеме, прежде всего, выполнены исследования учеными АН КазССР [3] и КазНИГМИ [18, 19]. В указанных работах предложены методики расчета ледникового стока и дана трактовка понятия «ледниковый сток».

За ледниковый сток, как по методике АН КазССР [3], так и по методике КазНИГМИ [18, 19] предложено принимать сток от таяния снега и фирна в зоне аккумуляции ледников, сток от таяния сезонного снега на языках ледников и фронтальных моренах, сток от таяния льда на языках ледников, сток от подледникового таяния на нижних поверхностях ледников и сток от жидких осадков.

В последнее время в ряде работ, например в [4] при расчетах ледникового стока площадь ледника берется без учета морены «фернау».

В наших исследованиях за ледниковый сток принимается трактовка, изложенная в [3].

Для расчетов и определений величин ледникового стока к настоящему времени существуют следующие методы:

- метод вертикального расчленения гидрографов стока;
- метод водного баланса;
- метод непосредственных наблюдений за стоком с ледников;
- генетический метод;
- метод расчета ледникового стока по суммам положительных температур воздуха и температурным коэффициентам таяния снега и льда;
- расчет по эмпирическим и полуэмпирическим формулам, с применением различных гидрометеорологических характеристик (средней летней температуры воздуха, атмосферных осадков и др.)

Впервые метод выделения ледникового стока на гидрографе стока горной реки применен в 1938 г. М.М. Львовичем для рек Средней Азии. Далее различные способы расчленения гидрографа стока горных рек по типам питания с выделением ледникового стока предложены рядом ученых (Шеглова О.П., 1960; Лаврентьев П.Ф. и Соседов И.С., 1961; Литовченко А.Ф., 1963; Комлев А.М., 1966; Голубев Г.Н, 1968; Кеммерих А.О., 1974 и др.). Однако до настоящего времени нет ни общепризнанного метода расчленения гидрографа стока горной реки с ледниковым питанием, ни единого мнения по выделению ледникового стока на гидрографе.

Применение метода водного баланса ограничено трудностями получения всех составляющих воднобалансового уравнения для определения ледникового стока с приемлемой точностью. По указанной причине данный метод может применяться на репрезентативных ледниках, в районе которых производится большой комплекс гляциогидрометеорологических наблюдений и измерений.

Метод непосредственных наблюдений и измерений ледникового стока представляет собой весьма трудоемкую и сложную в методическом отношении задачу. Его применение требует больших физических и материальных затрат и зачастую не приводит к желаемым результатам. При организации гидрологических постов на приморенных участках русел рек

с ледниковым питанием может недоучитываться значительная часть ледникового стока из-за наличия подрусового стока (20...40 % и более от общего стока с гляциальной зоны). При измерениях ледникового стока непосредственно на леднике, где имеется несколько водотоков и ручейковая сеть приходится открывать несколько гидростов. Измерения стока при этом также сложны из-за частой и значительной деформации русел.

Генетический метод определения ледникового стока физически достаточно обоснован. При расчете этим методом весь ледниковый бассейн разбивается на элементарные площадки (участки местности) по принятым критериям дифференциации. Для каждой площадки с применением метода теплового баланса, с учетом потерь, определяется водоотдача за каждые сутки, которая далее суммируется в пространстве и во времени. Полученная сумма принимается за общую величину ледникового стока. Метод сложен и трудоёмок, так как требует много информации как при разбивке на элементарные площадки, так и для последующих расчетов, поэтому пока не нашел широкого применения. Однако он перспективен для дальнейших исследований ледникового стока, особенно в условиях широкого использования компьютерной техники. Идея данного метода еще в 1958 году высказана Пальговым Н.Н. [15].

Метод расчета ледникового стока по суммам положительных среднемесячных температур воздуха и температурным коэффициентом таяния снега и льда – один из наиболее распространенных. Он основан на физической зависимости таяния льда и снега от температуры воздуха. Метод имеет ряд разновидностей, отличающихся схемами расчета, предложенными различными авторами. Идея этого метода разработана М.А. Великановым еще в 1932 году [2], при этом формула для расчета ледникового стока там была дана в виде:

$$W = F \cdot a \sum (+Q_{cp}), \quad (1)$$

где F – площадь оледенения; $\sum (+Q_{cp})$ – сумма положительных среднесуточных температур в ледниковой области; a – коэффициент стаивания.

Формула (1) может быть пригодна только для ледников малого размера, так как она не учитывает гипсографическое распределение оледенения и вертикальные градиенты абляции.

Наиболее известными последующими вариантами данного метода, учитывающими гипсометрию ледников, являются методы В.Л. Шульца, А.С. Щетинникова, П.А. Черкасова, Р.Г. Шенгелия, Б.А. Камалова,

В.А. Семёнова, метод АН КазССР (Е.Н. Вилесова, И.С. Соседова, К.Г.Макаревича) и ряд других.

К методам расчета абляции ледникового стока с применением эмпирических и полуэмпирических формул следует отнести, прежде всего, метод А.Н. Кренке и В.Г. Ходакова, которые предложили следующую зависимость для расчета годовой суммарной абляции по средней летней температуре на расчетном уровне:

$$A_{\text{л}} = (t_{VI-VIII} + 9,5)^3, \quad (2)$$

где $A_{\text{л}}$ – суммарная годовая абляция на расчетном высотном уровне, т.е. слой в основном стаявшего и в незначительной части испарившегося за весь сезон снега и льда, в мм; $t_{VI-VIII}$ – средняя температура над ледником за летние месяцы на расчетном высотном уровне, в °С.

На основе глобальной формулы (2) Мазур Л.П. [23] получены две региональные формулы (3) и (4) для расчета суммарной абляции поверхности ледника в условиях Илейского Алатау, которые имеют вид:

$$A_{\text{л}} = 644 \cdot 1,44^{t_{VI-VIII}}, \quad (3)$$

$$A_{\text{л}} = 933 \cdot 1,46^{t_{V-IX}}, \quad (4)$$

где $t_{VI-VIII}$ и t_{V-IX} – средняя температура воздуха на заданной высоте ледника.

Для ледника Туюксу региональные формулы расчета суммарной годовой абляции разработаны Е.Н. Вилесовым и В.Н. Уваровым и приведены в [4].

Формулы (2) – (4) могут быть применены для воднобалансовых и гидрологических расчетов, а также для решения ряда практических задач по использованию речного стока, когда достаточно знать лишь суммарный объем стока с гляциальной зоны, который можно определить по суммарной абляции поверхности ледников.

В результате проведенного анализа методов расчета ледникового стока можно сделать вывод, что наиболее приемлемым с точки зрения качества, требований к наличию исходной информации, масштабов применения, является метод расчета ледникового стока рек по суммам положительных среднесуточных температур воздуха и температурным коэффициентам таяния льда, снега и смешанного таяния. Он может быть использован как для оценки отдельных составляющих ледникового стока, так и для его общего объема. Широкое применение получил также метод А.Н. Кренке - В.Г. Ходакова. Этот метод может использоваться отдельно

или в комплексе с другими методами для оценки ледникового стока, его доли в общем стоке реки, расчетах водного баланса горных водосборов и других целей.

Отметим, что для применения любого метода расчета ледникового стока необходимо, прежде всего, иметь морфолого-морфометрические характеристики ледниковой зоны, сведения о её гляциогидрометеорологической изученности и глубоко изучить особенности оледенения и режима таяния ледников в исследуемом бассейне реки.

Данная работа посвящена оценке ледникового стока в репрезентативном для северного склона Илейского Алатау горном бассейне р. Киши Алматы. Репрезентативность бассейна р. Киши Алматы для Илейского (Заилийского) Алатау по физико-географическим условиям, гипсометрии, условиям формирования стока воды показана в трудах ряда ученых (Коровина В.И., Пальгова Н.Н., Соседова И.С., Литовченко А.Ф., Макаревича К.Г., Вилесова Е.Н., Федюшиной Л.П., Мазур Л.П. и др.).

В бассейне р. Киши Алматы расположен ледник Центральный Туюксу, значимость которого для исследований ледников убедительно показана, например, в работах Вилесова Е.Н., Уваро В.Н. [4] и Макаревича К.Г. [14]. Согласно этим работам ледник Туюксу прежде всего репрезентативен для ледниковой системы северного склона Илейского Алатау, т.к. имеет близкие к средним для хребта гипсометрические, морфометрические, экспозиционные и другие показатели. Баланс массы ледника Центральный Туюксу близок к средней величине баланса массы, определенной по 30 ледникам мира, имеющим многолетние ряды наблюдений и находящимся в различных условиях, и в некоторой степени мировую тенденцию в режиме оледенения в условиях глобального потепления климата. Исследованиями охвачены все стороны режима и жизни ледника. Ледник Туюксу – самый изученный в Казахстане и Центральной Азии и входит в число десяти наиболее исследованных ледников Земли, период изучения которых продолжается более 50 лет. Библиография по леднику Туюксу, составленная Е.Н. Вилесовым, включает 400 названий, в том числе значительная часть – публикации в дальнем зарубежье.

Установленная гляциогидрометеорологическая репрезентативность ледника Туюксу свидетельствует о необходимости сохранения, усовершенствования и дальнейшего развития комплекса наблюдений и измерений на этом опорном, эталонном леднике, который является одним из тестовых ледников Мировой службы мониторинга ледников (WGMS).

В результате анализа многочисленных методов оценки ледникового стока, как уже было отмечено выше, для его расчетов нами избран метод, разработанный в Академии Наук КазССР [3] с уточнениями, приведенными в работе Е.Н. Вилесова, В.Н. Уварова [4].

Этот метод учитывает целый комплекс факторов формирования ледникового стока, наиболее обоснован фактическими данными наблюдений в ледниковой зоне, требует небольшой объем исходной информации, как при расчетах в среднем за многолетний период, так и за конкретные годы. В настоящее время он широко применяется и имеет значительные возможности для дальнейшего усовершенствования. Подробный анализ метода приведен в работах [10-12]. Метод основан на результатах предыдущего детального изучения ледников.

Суммарная величина стока с гляциальной зоны (y) по указанному методу складывается из следующих величин: стока от таяния сезонного снега на языках ледников (s) и фронтальных моренах (m); стока от таяния снега и фирна в зоне аккумуляции ледников (f); стока от таяния льда на языках ледников (i) и фронтальных моренах (d); стока от подледникового таяния на нижних поверхностях ледников (g), т.е.:

$$y = f + s + m + i + d + g . \quad (5)$$

Величина g на 2...3 порядка меньше остальных составляющих ледникового стока и ею обычно пренебрегают [3]. Для получения объема ледникового стока необходимо слой стаивания умножить на соответствующую ему площадь, а полученные результаты суммировать.

При расчетах стока с гляциальной зоны по этой методике использованы значения градиентов температуры воздуха, сведения о которых приведены в работах [10, 13], а также учтен коэффициент стока с морен, согласно исследованиям Г.Н. Голубева. В остальном она была принята без изменений согласно [3, 4]. В методике имеются некоторые недостатки: принятие постоянных во времени температурных коэффициентов таяния снега и льда, принятие равномерности распределения осадков по площади ледниковой зоны, отсутствие рекомендаций по расчету высоты фирновой линии за конкретные годы при отсутствии данных наблюдений и аэрофотосъемок. Тем не менее она дает достаточно реальные результаты не только при расчете общего объема стока с гляциальной зоны, но и при расчете его составляющих. Это было установлено сопоставлением расчетных слоев стаивания льда, сумм осадков в гляциальной зоне и суммарных объемов

стока с гляциальной зоны с фактическими данными наблюдений в ледниковой зоне бассейна р. Киши Алматы [10, 12].

Расчет стока с гляциальной зоны бассейна р. Киши Алматы произведён за конкретные годы периода 1957...1996 гг. Предварительно был проведён анализ изменения площади оледенения бассейна за многолетний период колебаний основных метеорологических характеристик (температуры воздуха и атмосферных осадков) в гляциальной зоне, а также методов определения высоты фирновой линии за конкретные годы.

Первый Каталог ледников северного склона Илейского Алатау по их состоянию на 1955 г. составлен Е.Н. Вилесовым и Р.В. Хониным. Второй каталог оледенения этого района составлен под руководством П.А. Черкасова в 1974 г. Следующие морфолого-морфометрические характеристики ледников составлены по состоянию на 1974 г. Е.Н. Вилесовым, совместно с К.Г. Макаревичем и В.Г. Поляковым, а по данным аэрофотосъемки (АФС) 1990 г. – Е.Н. Вилесовым и В.Н. Уваровым. По материалам 1990 г. на основе карт М 1:25000 П.А. Черкасовым составлен очередной каталог. Площади ледников северного склона Илейского Алатау, в том числе бассейна р. Киши Алматы, на 2008 г. приведены в Каталоге ледников, составленном и подготовленном к публикации А.Л. Кокаревым и И.Н. Шестеровой. Вышеизложенные сведения о каталогах ледников содержатся в работе [7], а размеры площадей оледенения на 2008 г., динамика площадей в многолетнем разрезе и другие сведения в работах [6, 7, 17]. В табл. 1 приведены данные о размерах площадей ледниковой зоны бассейна р. Киши Алматы на различные годы, характеризующие эволюцию оледенения этого бассейна.

Таблица 1
Площади открытой части ледников бассейна р. Киши Алматы за период с 1955...2008 гг., км² [7]

Год					Изменение площади, %		Площадь морены на 2008 г, км ²
1955	1974	1979	1990	2008	за весь период	за год	
9,3	7,4	8,1	6,5	5,7	-39	-0,74	2,7

На рис. 1 наглядно показано изменение площади оледенения бассейна р. Киши Алматы. Наиболее сильная деформация наблюдается в диапазоне высот от 3400 до 3750 м. Также следует отметить две скачкообразных деформации на высотах 3950 и 4150 м. Площадь оледенения уменьшилась за период 1955...1990 гг., примерно на 30 %, а за период 1955...2008 гг. на 39 % (см. табл. 1).

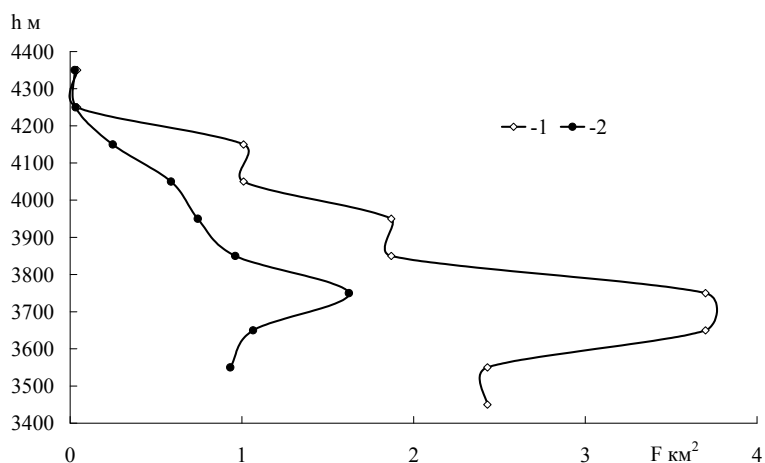


Рис. 1. Изменение площади оледенения бассейна р. Киши Алматы.
1 – 1960 г., 2- 1990 г.

На рис. 2 приведено совмещенное распределение по высотным зонам площади оледенения бассейна р. Киши Алматы и ледника Туюксу по состоянию на 1990 г. Данный график еще раз свидетельствует о репрезентативности ледника Туюксу для оледенения бассейна р. Киши Алматы.

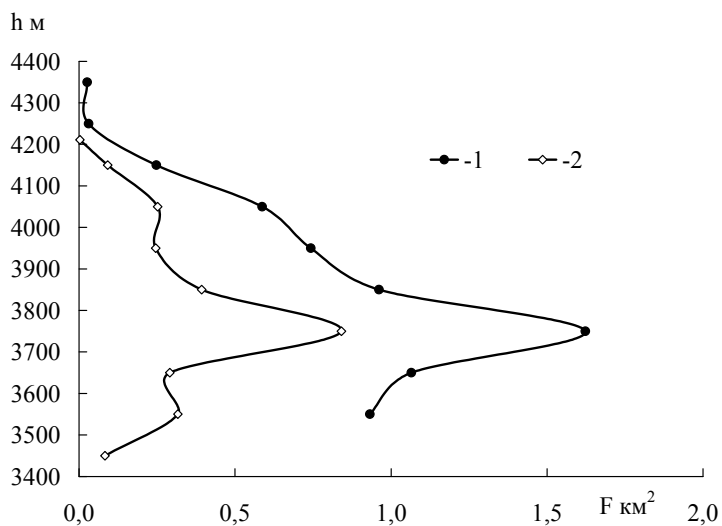


Рис. 2. Совмещенный график распределения площади оледенения р. Киши Алматы (1) и ледника Туюксу (2) по состоянию на 1990 г.

Для характеристики оледенения большой интерес имеют сведения о моренном покрове, который представляет собой незадернованные обломочные покровно-грядовые образования в виде морен современных лед-

ников и морен оледенения стадии фернау (середина 19 века), представляющих собой сложный геоморфологический комплекс [16]. Толщина моренного покрова изменяется в значительных пределах. На боковых и срединных моренах вблизи границы питания слой щебня и мелких камней составляет 1...3 см, в средней части ледников – 5...10 см, в нижней части – 20...30 см. На фронтальных моренах толщина чехла колеблется от нескольких десятков сантиметров до 1...2 м и более. На фронтальных моренах под поверхностным чехлом почти всюду имеются ядра законсервированного моренного льда, который обычно состоит не из одного монолита, а из серии дифференцированных блоков реликтовых «мертвых» льдов [4].

По данным, приведенным в работе Т.Г. Токмагамбетова [20], при выполнении настоящих исследований Д.В. Уваровым были построены графики зависимости площади морен и заморенности от площади оледенения в бассейнах рек северного склона Илейского Алатау и получены полуэмпирические формулы этих зависимостей в виде:

$$y = -0,0016x^2 + 0,263x + 0,3683, \quad (6)$$

$$y' = 278733x_1^{-3,061}, \quad (7)$$

где y и x_1 – соответственно заморенность (км²) и x_1 – степень заморенности (в %); x и y' – площадь бассейна.

На рис. 3 приведена зависимость площади морен от площади ледников для северного склона Илейского Алатау.

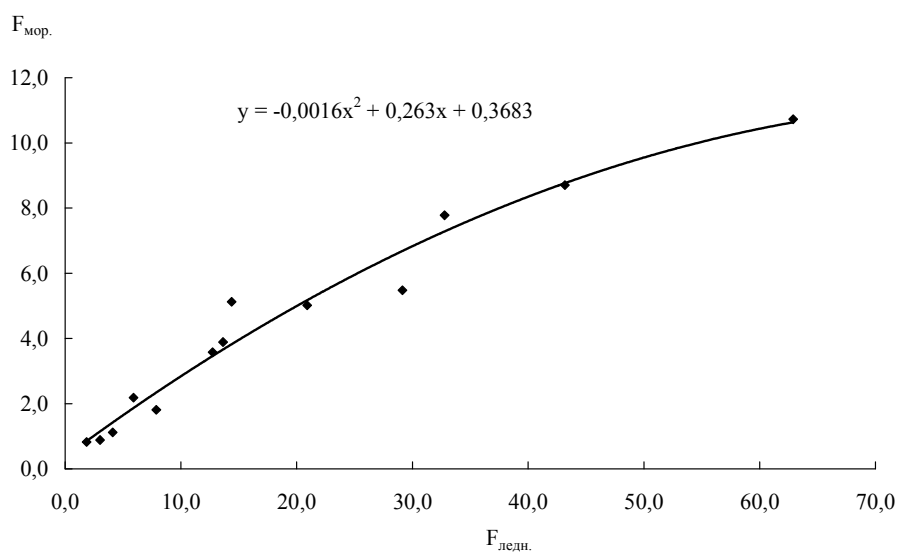


Рис. 3. Зависимость площади морен от площади ледников северного склона Илейского Алатау по состоянию на 1990 год.

Как следует из анализа методов расчета ледникового стока, большое значение для определения абляции и стока с гляциальной зоны имеет определение высоты фирновой линии, которая является границей питания и разделяет области питания и таяния ледников.

Методы определения высоты фирновой линии в среднем за многолетний период и за конкретные годы содержатся в работах Н.Н. Пальгова [15], О.П. Щегловой [23], Е.Н. Вилесова, В.Н. Уварова [4] и др. Высоту фирновой линии можно оценить по данным о таянии ледника, по аэрофотосъемкам и космическим снимкам, по непосредственным наблюдениям.

Проведенный авторами анализ существующих методов определения высоты фирновой линии показал, что для её расчета в условиях северного склона Илейского Алатау наиболее целесообразно применять методы О.П. Щегловой [23, 24] и Е.Н. Вилесова - В.Н. Уварова [4], а для расчета за конкретные годы наилучшие результаты можно получить по формуле Н.Н. Пальгова [15], в которую входит сумма атмосферных осадков за период с сентября предыдущего года по август текущего и средняя летняя температура воздуха (VI – VIII) по М Мынжилки. Однако эта формула из-за деградации оледенения требует уточнения.

На основании имеющихся материалов наблюдений за высотой фирновой линии на ледниках бассейна р. Киши Алматы и концепции формулы Н.Н. Пальгова [15], Л.П. Мазур было предложено несколько формул для расчета высоты фирновой линии за конкретные годы [11-13]. Формула, предложенная в [13], была уточнена с использованием более обширного фактического материала о высоте фирновой линии. Уточненный вариант формулы имеет вид:

$$\Phi = 3800 + 70\Delta t - 0,56\Delta x, \quad (9)$$

где Φ – высота фирновой линии за конкретный год; Δt – отклонение от нормы средней за VI–VIII температуры воздуха по М Мынжилки за конкретный год, в $^{\circ}\text{C}$; Δx – отклонение от нормы осадков, в мм за период с сентября по август по той же метеостанции. Средняя ошибка расчёта по формуле(9) ± 25 м.

На рис. 4 показан совмещенный многолетний ход величин высоты фирновой линии в ледниковой зоне бассейна р. Киши Алматы, годовых (сентябрь – август) атмосферных осадков и летней температуры воздуха (средней за июнь – август) по М Мынжилки.

График наглядно демонстрирует повышение тренда высоты фирновой линии (1937...1997 гг.) с 3650 м до 3750 м, значительное

изменение летней температуры воздуха (с 6,2 до 7,5 °С), а также увеличение колебаний высоты фирновой линии по годам, начиная с 1977. Это требует дополнительного анализа.

Трендовая линия осадков за исследуемый период показывает, что годовая сумма осадков практически не изменилась и их колебания из года в год компенсируются друг другом. Ярко выраженный минимум наблюдался в 1944 г. максимум был в 1966 г.

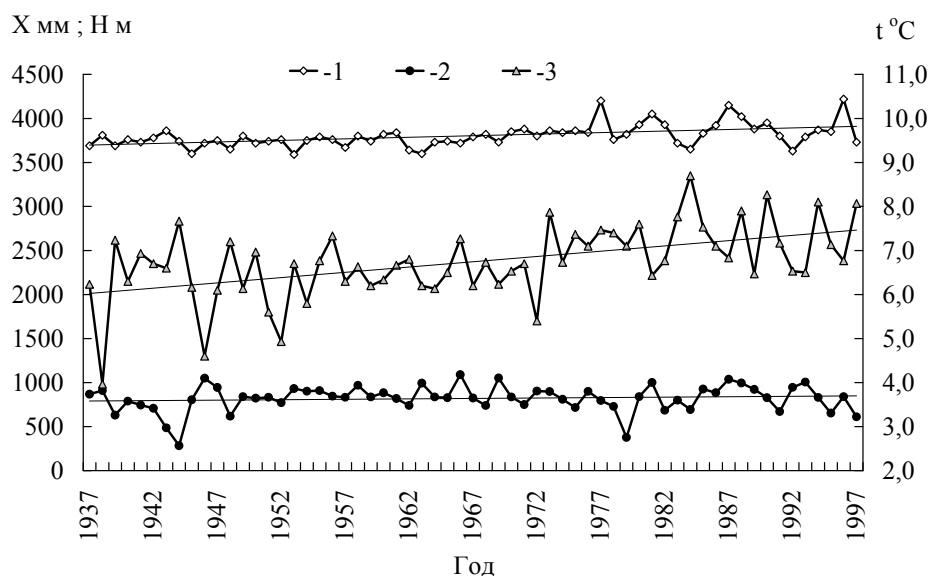


Рис. 4. Совмещенный график многолетнего хода высоты фирновой линии (1), атмосферных осадков (2) и температуры воздуха (3) за период с 1937...1997 гг.

В табл. 2 приведены результаты расчета ледникового стока р. Киши Алматы за конкретные годы 40-летнего периода (1957...1996 гг.)

Таблица 2

Результаты расчёта ледникового стока р. Киши Алматы за конкретные годы периода 1957...1996 гг. по методике АН КАЗССР [3]

Год	Составляющие стока					У _л , млн. м ³
	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>g</i>	
1957	0,62	2,62	1,39	3,01	0,08	7,72
1958	1,99	2,08	2,57	1,58	0,08	8,30
1959	1,23	5,21	2,74	4,38	0,14	13,70
1960	0,80	3,10	1,69	3,19	0,09	8,87
1961	0,78	4,68	2,08	5,33	0,13	13,00
1962	0,74	4,67	2,09	4,67	0,12	12,29
1963	1,95	2,12	2,46	1,87	0,08	8,48

Год	Составляющие стока					У _л , млн. м ³
	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>g</i>	
1964	1,83	1,97	2,34	1,1	0,07	7,31
1965	0,90	3,60	2,10	3,30	0,10	10,00
1966	1,42	5,68	2,98	3,98	0,14	14,20
1967	0,72	2,52	1,8	2,97	0,09	8,10
1968	0,55	4,07	1,76	4,51	0,11	11,00
1969	0,91	3,62	1,9	2,45	0,18	9,06
1970	0,73	3,43	1,77	4,26	0,21	10,40
1971	0,54	3,67	1,62	4,75	0,22	10,80
1972	0,56	3,44	1,6	2,62	0,18	8,40
1973	0,76	4,41	3,29	1,23	0,08	9,77
1974	0,69	4,33	3,07	1,17	0,08	9,34
1975	0,76	4,25	2,54	0,99	0,08	8,62
1976	0,79	4,17	3,81	1,51	0,08	10,36
1977	0,71	5,22	2,65	1,07	0,11	9,76
1978	0,35	8,92	2,15	0,89	0,18	12,49
Среднее за 1957...1978 гг.	0,88	3,82	2,19	2,64	0,11	9,65
1979	0,68	3,93	1,13	0,47	0,08	6,29
1980	0,84	5,12	3,01	1,29	0,11	10,37
1981	0,56	3,78	3,06	1,34	0,08	8,82
1982	0,68	3,70	1,85	0,83	0,08	7,14
1983	0,50	3,56	2,60	1,19	0,08	7,93
1984	0,74	3,54	2,48	1,16	0,08	8,00
1985	0,66	4,24	2,60	1,24	0,10	8,84
1986	0,70	4,31	2,71	1,33	0,11	9,16
1987	0,82	4,21	3,43	1,72	0,11	10,29
1988	0,61	4,11	2,51	1,29	0,11	8,63
1989	0,63	2,88	2,39	1,26	0,08	7,24
1990	0,50	3,91	2,09	1,13	0,11	7,74
1991	0,59	3,81	1,19	0,66	0,11	6,36
1992	0,63	2,91	2,11	1,2	0,08	6,93
1993	0,55	3,61	2,26	1,32	0,11	7,85
1994	0,46	2,75	2,08	1,25	0,08	6,62
1995	0,45	2,67	1,35	0,84	0,08	5,39
1996	0,41	5,43	1,82	1,16	0,17	8,99
Среднее за 1978...1996 гг.	0,61	3,80	2,26	1,15	0,10	7,92
Среднее за 1957...1996 гг.	0,78	3,91	2,28	2,04	0,11	9,11

На рис. 5 изображен многолетний ход полученных расчетных величин ледникового стока, который свидетельствует о его значительном изменении за 40-летний период. Основная причина этого изменения – увеличение температуры воздуха, вследствие которого к настоящему времени уже растаяла значительная часть площади ледников бассейна р. Киши Ал-

маты. Максимальное значение ледникового стока наблюдалось в 1966 г. и составило 14,2 млн. м³, минимальное же составило 5,4 млн. м³ в 1995 г. Учёт данных о ледниковом стоке р. Киши Алматы за годы вошедшие в рассматриваемый расчётный период, позволяет сделать вывод, что он колебался в диапазоне от 5 до 15 млн. м³.

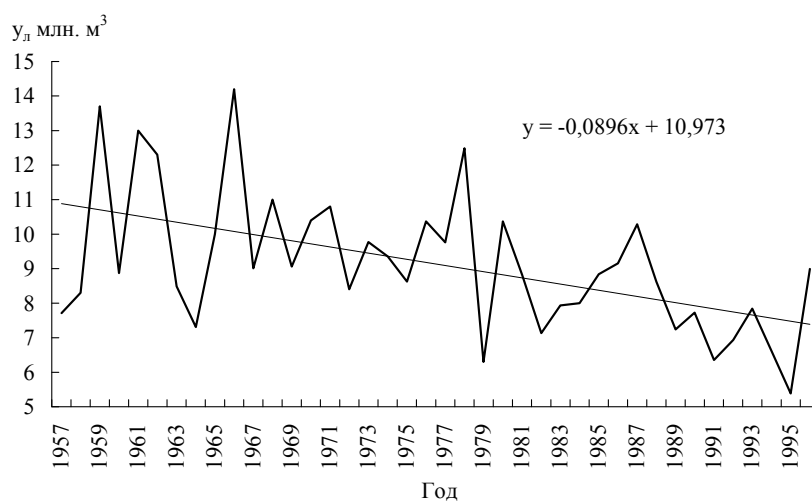


Рис. 5. Изменение ледникового стока р. Киши Алматы за период 1957...1996 гг.

На рис. 6 приведена разностная интегральная кривая модульных коэффициентов ледникового стока р. Киши Алматы, построенная по расчетным данным. Кривая свидетельствует о том, что от начала расчетного периода по 1978 г. включительно наблюдался период с ледниковым стоком выше среднемноголетнего значения, а позже наблюдается понижение ледникового стока, несмотря на повышение температуры воздуха, вследствие постепенной деградации оледенения бассейна. Особенно чётко тенденция уменьшения ледникового стока прослеживается по графику скользящих десятилетних средних значений величин ледникового стока р. Киши Алматы (рис. 7). Тренд на этом рисунке показывает, что ледниковый сток постепенно уменьшается и за 40 лет уменьшился почти в 1,4 раза, то есть с уменьшением площади оледенения в бассейне уменьшается и сток со всей площади гляциальной зоны.

Кроме общего стока с гляциальной зоны р. Киши Алматы, был рассчитан сток с каждого ледника в отдельности. По этим расчётам наибольший объём стока даёт ледник Центральный Туяксу – 34,3 % от всего ледникового стока бассейна. На ледник Иглы Туяксу приходится 25,9 %, на

ледник Молодёжный – 20 %, то есть на 3 этих ледника приходится 80,2 % ледникового стока реки. Самый малый объём стока имеет ледник Партизан (1,1 %), что можно объяснить тем отсутствием у него площади абляции.

Как известно, одной из важнейших задач исследования ледникового стока является оценка его роли в питании рек. Одним из способов такой оценки может быть сопоставление объёма ледникового стока с общим объёмом стока реки. В табл. 3 приводится такое сопоставление.

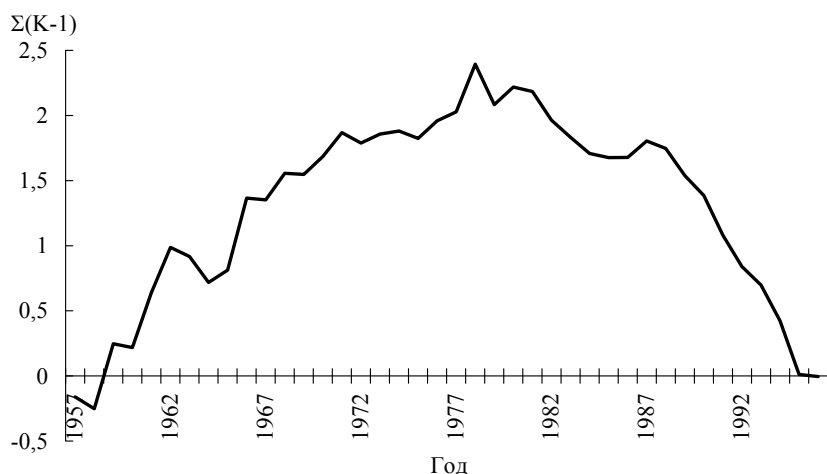


Рис. 6. Разностная интегральная кривая модульных коэффициентов ледникового стока р. Киши Алматы за период 1957...1996 гг.

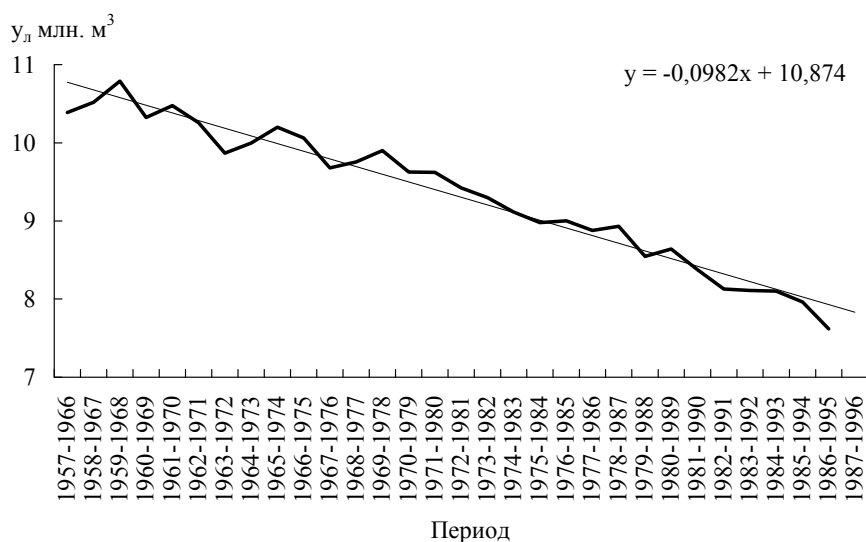


Рис. 7. Скользящие десятилетние средние значения величины ледникового стока.

Таблица 3

Сопоставление ледникового стока р. Киши Алматы с её общим стоком в створах различных гидропостов (г/п)

Год	Ледниковый сток $U_{л}$, млн. м ³	Название поста и объем стока		% от общего стока реки	
		г/п ниже устья р. Сарысай (до 1973 г. – выше устья)	г/п г. Алматы, ниже устья р. Бутаковка	г/п Сарысай	г/п Алматы
1957	7,72	34,1	58	22,6	13,3
1958	8,30	33,1	96,4	25,1	8,6
1959	13,70	41,6	88,8	32,9	15,4
1960	8,87	40,3	83,5	22	10,6
1961	13,00	31,5	68,7	41,3	18,9
1962	12,29	34	64,9	36,2	19
1963	8,48	30,9	85,4	27,5	9,9
1964	7,31	28,4	75,6	25,8	9,7
1965	10,00	29,3	53,9	34,1	18,6
1966	14,20	43,2	87,3	32,9	16,3
1967	8,10	36,9	69,9	24,4	12,9
1968	11,00	29,9	52	36,8	21,2
1969	9,06	38,7	70,6	23,4	12,8
1970	10,40	30,6	58	34	17,9
1971	10,80	33,7	52,3	32	20,7
1972	8,40	28	65,5	30	12,8
1973	9,77	41	72,1	23,8	13,5
1974	9,34	38,4	56,1	24,3	16,7
1975	8,62	31,8	48,8	27,1	17,7
1976	10,36	35,3	58,6	29,4	17,7
1977	9,76	38,1	50,7	25,6	19,2
1978	12,49	35,3	56,1	35,4	22,3
1979	6,29	32,4	61,7	19,4	10,2
1980	10,37	31,2	66,5	33,2	15,6
1981	8,82	38,7	68	22,8	13
1982	7,14	32,1	40,6	22,2	17,6
1983	7,93	37,2	56,1	21,3	14,2
1984	8,00	31,8	38,1	25,1	21
1985	8,84	41,3	51	21,4	17,3
1986	9,16	42,2	47,9	21,7	19,1
1987	10,29	46,6	60,5	22,1	17
1988	8,63	57,6	64,9	15	13,3
1989	7,24	45	57	16,1	12,7
1990	7,74	53,2	61,7	14,5	12,5
1991	6,36	45,4	38,7	14	16,4

Год	Ледниковый сток $u_{л}$, млн. м ³	Название поста и объем стока		% от общего стока реки	
		г/п ниже устья р. Сарысай (до 1973 г. – выше устья)	г/п г. Алматы, ниже устья р. Бутаковка	г/п Сарысай	г/п Алматы
1992	6,93	50,1	42,5	13,8	16,3
1993	7,85	51,3	55,8	15,3	14,1
1994	6,62	50,4	42,5	13,1	15,6
1995	5,39	42,8	24,6	12,6	21,9
1996	8,99	45	41,3	20	21,8
Среднее	9,11	38,4	59,8	23,7	15,2

Следует отметить, что опубликованные величины стока воды по гидропосту р. Киши Алматы – ниже устья р. Бутаковка с 1982 г. явно занижены.

В заключение следует отметить, что подробное изучение ледников, реализация программы гляциогидрометеорологического мониторинга, усовершенствование методов расчета ледникового стока и его отдельных составляющих являются важнейшими задачами в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абальян Т.С. Прогноз стока рек Чуйского бассейна. // Тр. ЦИП. – 1958. – Вып. 67. – С. 11-16.
2. Великанов М.А. Метод расчета стока для рек с ледниковым питанием. – Изд. ГГИ, п.47, 1932. – С. 21-23.
3. Вилесов Е.Н., Соседов И.С., Макаревич К.Г., Чехонадская В.А., Шабанов П.Ф. Опыт оценки ледникового стока рек северного склона Заилийского Алатау // Вестник АН КазССР. – 1973. – №11. – С. 25-31.
4. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: Казак Университеті, 2001. – 252 с.
5. Камалов Б.А. Современное оледенение и сток с ледников // Тр. САНИГМИ. – 1974. – Вып. 12.
6. Кокарев А.Л. Мониторинг гляциального пояса северного склона Илейского Алатау с использованием космической информации и ГИС // Вестник КазНУ, сер. географ. – №2 (29). – 2009. – С. 20-27.
7. Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Изменение ледниковых систем северного склона Заилийского Алатау за полувековой период // Лед и снег. – 2011. – №4 (116). – С. 39-46.

8. Коновалов В.Г. Расчет и прогноз таяния ледников Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 230 с.
9. Кренке А.Н., Ходаков В.Г. О связи поверхностного таяния ледников с температурой воздуха // МГИ. – Вып. 12. – 1966. – С.153-164.
10. Мазур Л.П., Осовекая В.П. К методике расчета стока с гляциальной зоны на северном склоне Заилийского Алатау. // Тр. КазНИГМИ. – 1976. – Вып. 57. – С. 126-133.
11. Мазур Л.П. К расчету абляции ледников в условиях северного склона Заилийского Алатау// Использование и охрана природных ресурсов Казахстана. Алма-Ата: КазГУ, 1979 - С. 124 – 129.
12. Мазур Л.П. Анализ и расчет элементов водного баланса горных водосборов (на примере северного склона Заилийского Алатау): Дис. канд. геогр. наук – Алма-Ата, 1988. – 316 с.
13. Мазур Л.П. Расчет ледникового стока в условиях Заилийского Алатау // Вопросы гидрологического и гидравлического режима рек Казахстана. – Алма-Ата: КазГУ, 1993. – С. 62-65.
14. Макаревич К.Г. Фотоатлас ледников Иле Алатау (Северный Тянь-Шань). Снимки XX – начала XXI века. – Алматы. 2012. – 155 с.
15. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312 с.
16. Попова Г.З. Геоморфология Туяксуйской морены Заилийского Алатау // Гляциологические исследования в период МГГ. Заилийский и Джунгарский Алатау. Вып. 3. – Алма-Ата: АН КазССР, 1963. – С. 96-109.
17. Северский И.В., Вилесов Е.Н., Кокарев А.Л., Шестерова И.Н., Морозова В.И., Когутенко Л.В., Усманова З.С. Ледниковые системы Балкаш-Алакольского бассейна: состояние, современные изменения // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы: 2012. – №2. – С. 31-40.
18. Семенов В.А. О воднобалансовых исследованиях в Казахстане // Материалы по проблеме теории и методов расчета водных балансов речных бассейнов. 2-4 декабря 1970 г. Валдай, 1971. – С.242-251.
19. Семенов В.А. Особенности методики и возможности расчета водного баланса в бассейнах горных рек засушливой зоны / Воднобалансовые исследования на территории Казахстана. // Тр. КазНИГМИ. – Вып. 50. – 1973. – С. 20-46.
20. Токмагамбетов Т.Г. Ледниково-моренный комплекс гор Юго-Восточного Казахстана: современное состояние, возможные изменения на примере Заилийского Алатау. – Алматы: 2004. – 26 с.

21. Черкасов П.А. Абляция ледников с учетом экспозиции и высоты их залегания (на примере Джунгарского Алатау) / Гляциогидроклиматология горных стран. – М: Наука, 1973. – № 25. – С. 152-160.
22. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 302 с.
23. Щеглова О.П. Об одном методе определения высоты снеговой линии на леднике // Тр. САГУ. – 1954. – Вып. 1. – С. 43-47.
24. Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии // Тр. САГУ. – 1960. – Вып. 167. – 243 с.

Поступила 5.09.2013

Д.В. Уваров

Геогр. ғылымд. канд. Л.П. Мазур

КІШІ АЛМАТЫ ӨЗЕНІНІҢ МҰЗДЫҚ АҒЫНЫН ЗЕРТТЕУ

Қиыршық мұз сызығының биіктігі мен мұздықтар ағындарын бағалаудың бар әдістеріне талдау жасалды. Көпжылдық кезеңдердің нақты жылдарындағы Кіші Алматы өзенінің мұздықтар ағыны есептелінген және осы бассейндердің негізгі климаттық сипатының өзгеруі және мұзбасу деградацияларын есепке ала оның динамикасы қаралған. Өзен мұздықтары ағындарының жалпы шамасынан әрбір мұздықтағы мұзды ағындардың үлесі анықталды. Мұздықтар ағындарын есептеу кезінде пайдаланылатын бірнеше формулалар анықталынып, жаңа тәуелділіктер, заңдылықтар айқындалды.

УДК 551.34.09.341.608

Доктор геогр. наук А.В. Чередниченко *
Канд. геогр. наук Алексей В. Чередниченко *
А.Ю. Смирнова **
А. Мунайтпасова **

ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ГИДРОФТОРУГЛЕРОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

МОНРЕАЛЬСКИЙ ПРОТОКОЛ, НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, ТАБЛИЦЫ ОТЧЕТНОСТИ, СБОР ДАННЫХ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХЛАДОНОВ

Используя дополнительные данные, полученные путем анкетирования предприятий занимающихся обслуживанием холодильной техники в Казахстане, предложен метод восстановления данных на Национальном уровне для проведения Национальной инвентаризации парниковых газов в Казахстане.

Национальная инвентаризация является обязательным документом, которым Казахстан отчитывается по выполнению международного договора в Секретариат Киотского протокола [3, 5, 6, 8]. Соответственно, имея особый статус Национальная инвентаризации ПГ в РК должна быть максимально достоверной и полной, все это зависит от качества исходной информации, которую предоставляют различные Министерства, ведомства и отдельные предприятия [3, 7, 8]. Национальной инвентаризации парниковых газов (ПГ) в Республики Казахстан уже без малого 20 лет. За это время качество инвентаризации существенно изменилось. В первую очередь увеличилось количество отчетных подкатегорий. На национальном уровне предложены методики по расчету ПГ от предприятий включая специфические отрасли. Однако некоторые позиции в инвентаризации все еще остаются не достаточно охваченными.

Нельзя сказать, что все вопросы по инвентаризации на сегодня решены, есть масса моментов, которые могут повлиять на результат. Одним из них является учет гидрофторуглеродов (ГФУ). Вещества группы ГФУ являются фреонами, т.е. холодильными агентами, которые пришли на смену озонораз-

* АО Жасыл Даму МООС РК, г. Алматы

** КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

рушающим веществам (ОРВ) [3, 4, 5, 7]. Такая ситуация привела к тому, что вся группа веществ ГФУ уже относится не к Монреальскому протоколу (как ОРВ), а попадает под действие Киотского протокола и, соответственно, должна иметь отражение в национальной инвентаризации ПГ.

К сожалению, внутри страны контроль потребления ГФУ почти не ведется, поэтому при оценке спроса на него реальный показатель может быть не всегда объективным. В сложившейся ситуации оценка внутреннего рынка происходит экспертным путем. Однако даже экспертные данные должны базироваться на информации, которой можно было бы доверять и при необходимости проверять [1, 8].

Такими данными может быть анкетирование предприятий. В целом, в рамках Национальной инвентаризации, такой путь не является лучшим, но при необходимости может быть использован. Основным критерием, который стоял в приоритете, при использовании данного метода, была полнота собранной информации, ее достоверность и получение из «первых рук». Прямое анкетирование было проведено на ежегодной конференции «Холод», проводимой Казахстанской Академией холода и ведущими университетами Республики. Дистанционное анкетирование не использовалось.

Для оценки внутреннего рынка в 2011 и 2012 гг. было проведено анкетирование 46 предприятий. В 2011 г. было опрошено 31, а в 2012 г. – 15 предприятий. Данные анкетирования были суммированы и проанализированы, результаты опроса легли в основу экспертной оценки.

Анкета составлялась так, чтобы каждый вопрос освещал определённый раздел общей темы, и в тоже время был подстрахован соседними вопросами, для пассивной проверки информации. Для исключения случайных людей или фирм, участвующих в анкетировании, были включены вопросы «фильтры».

Первый вопрос в анкете «Сколько лет на рынке обслуживания холодильной техники Вы работаете?» как раз был таким фильтром, чтобы еще на первом этапе исключить новых людей и фирмы, которые не занимаются прямым обслуживанием техники.

На него были предложены 5 вариантов ответов (рис. 1). 19 предприятий из 46 указали, что в данной сфере работают более 10 лет, что составило 41,3 % от общего количество предприятий. От 2 до 10 лет работают 44,3 % предприятий. Меньше года и от 1 до 2 лет работают всего 2 предприятия, что составляет 4,4 % процента от общего количества.

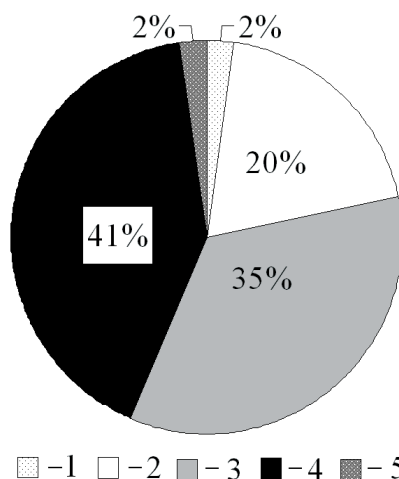


Рис. 1. Период работы предприятий в сфере обслуживания холодильной техники. 1 – менее года, 2 – более 2 лет, 3 – более 5 лет, 4 – более 10 лет, 5 – Ваш вариант: от 1 до 2 лет.

На вопрос «Какую технику чаще всего Вы ремонтируете?» опрошенные указали несколько вариантов ответа, в связи с этим процентное соотношение было посчитано от общего количество ответов (рис. 2). В результате анкетирования было выявлено, что чаще всего ремонтируют промышленные холодильные системы, работающие на фреоне, что составляет 52 % от общего количества ремонтируемой техники. Меньше всего ремонтируют коммерческие холодильники и лари (10,4 %).

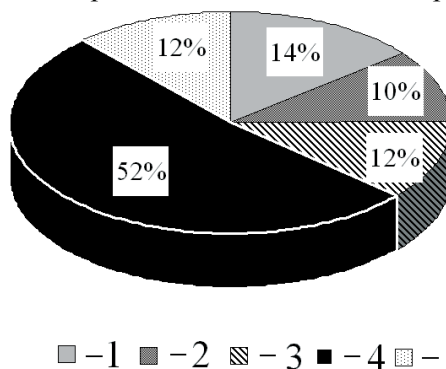


Рис. 2. Наиболее часто ремонтируемая специализируемым предприятиями холодильная техника. 1 – бытовые холодильники, 2 – коммерческие холодильники и лари, 3 – автомобильные кондиционеры, 4 – промышленные холодильные системы, работающие на фреоне, 5 – промышленные холодильные системы, работающие на аммиаке.

На вопрос: «Какой холодильный агент Вы чаще всего используете?» были предложены в качестве вариантов ответа агенты R11, R12,

R134a, R600, R145a (R146б) и «Ваш вариант». Участники анкетирования предложили другие используемые ими холодильные агенты: R410a, R22, R404, R407a, R507 и R717.

Наиболее часто используемым холодильным агентом является R134a, он составляет 41,3 % от общего количества указанных холодильных агентов (рис. 3). Предложенные агенты R11, R600, R145a (R146б) в качестве вариантов ответа ни одним предприятием не были указаны. 2,2 % составили холодильные агенты R12 и R717.

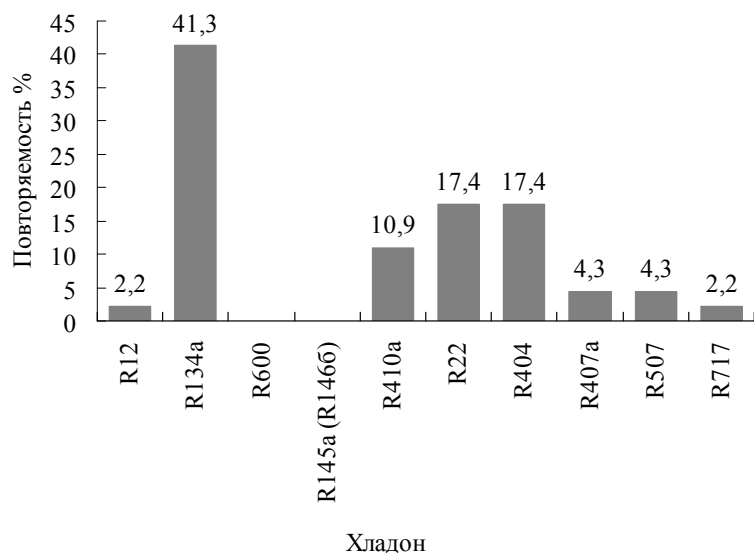
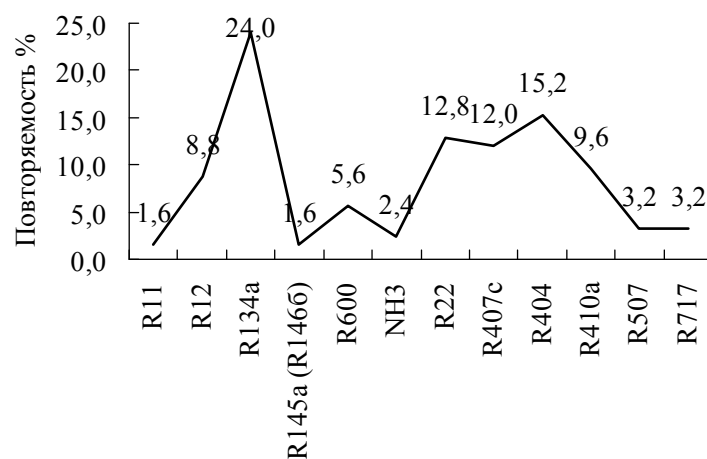


Рис. 3. Повторяемость наиболее часто используемых холодильных агентов.

В следующем вопросе анкеты было предложено записать примерное процентное соотношение фреонов, используемых в работе на предприятиях. Это было сделано с целью перепроверки предыдущего вопроса.

В вариантах ответа были фреоны: R11, R12, R134a, R600, R145a (R146б) и «Ваш вариант». Участники анкетирования предложили следующие фреоны: NH₃, R22, R407с, R404, R410a, R507, R717. По результатам анкетирования было выявлено, что больше всего в работе предприятий используется фреон R134a. Его указали 30 предприятий из 46, что составило 75 % от общего количества предприятий и 24 % от общего количества указанных фреонов. Фреон R404 составил 15,2 %, R22 – 12,8 %, а R407с – 12 % от общего количества фреонов (рис. 4). Наименьший процент составили фреоны R507 и R717, а также R145a (R146б) (3,2 % и 1,6 % соответственно).



Хлодон

Рис. 4. Повторяемость фреонов, используемых на предприятиях.

Для выявления осведомленности предприятий о ратификации Казахстана международных договоров, касающихся непосредственно их деятельности, были заданы вопросы о международных протоколах, регулирующих распространение фреонов. На вопрос: «К какой группе международных протоколов, регулирующих распространение фреонов, относится R11 и R12?» правильно ответили только 19,6 % предприятий, неправильно – 30,4 % и не ответили 50 % участников анкетирования.

На вопрос: «К какой группе международных протоколов, регулирующих распространение фреонов, относится R134a и R145 (a) или 146(б)?» верно ответили всего 6,5 % опрошенных, неверно – 21,7 % и не ответили – 71,8 % предприятий.

На вопрос о методе закупки холодильных агентов 2 из 16 ответивших предприятий отметили вариант «самостоятельно у производителей», 11 – «у фирм-поставщиков в Казахстане», 1 предприятие предложило свой вариант ответа: «ответственность подрядной организации», 2 предприятия не ответили на вопрос.

Следующий вопрос был направлен на выяснения метода утилизации тары из-под холодильных агентов. Были предложены несколько вариантов ответов (рис. 5). 18,7 % опрошенных предприятий хранят тару на складе, либо сдают поставщику агентов. Такой же процент не ответил на данный вопрос. 12,5 % пришлось на каждый из ответов: «выбрасывается в общий бытовой мусор» и «сдается на металл», 3 предприятия предложили

свои варианты ответа: «используем для личных целей», «ответственность подрядной организации», «оставляем заказчику».

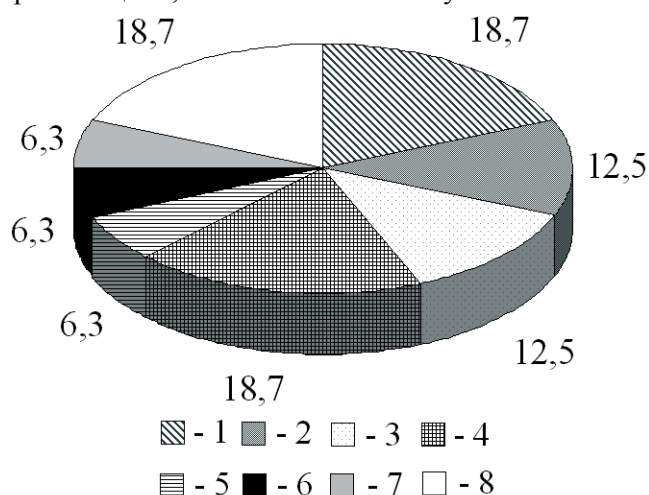


Рис. 5. Методы утилизации тары из-под холодильных агентов. 1 – храним на складе, 2 – выбрасывается в общий бытовой мусор, 3 – сдается на металл, 4 – сдается поставщику агентов, 5 – используется для личных целей, 6 – ответственность подрядной организации, 7 – оставляют заказчику, 8 – не ответили.

Предприятиям также было предложено в табличной форме указать, какую массу хладонов (кг) они использовали в среднем за последние 5 лет (2007...2011 гг. для анкет 2011 г. и 2008...2012 гг. для анкет 2012 г.). На данный вопрос ответили не все участники анкетирования, соответственно при обработке результатов анкетирования были сделаны корректировки.

В результате расчетов было выявлено, что за последние 5 лет больше всего использовался фреон R134a, его процентное соотношение по сравнению с другими хладагентами за 5 лет варьировалось от 45 (2011 г.) до 75,1 % (2008 г.). Также большую долю составляет хладагент R22 (рис. 6). Его доля в общем перечне используемых фреонов в году составляла от 6 % (2008 г.) до 23,9 % (2010 г.).

Меньше всего использовались R12, R600, R410a и R507 – в среднем они составили не более 1 % в год каждый. Хладагенты типа R11, R145a на предприятиях не использовались.

По результатам анкетирования было подсчитано, какой холодильный агент чаще всего используется в ремонте каждого типа холодильной техники. Было выявлено, что в ремонте всех предложенных типов холодильной техники, (бытовые холодильники; коммерческие холодильники и лари; автомобильные кондиционеры; промышленные холодильные систе-

мы, работающие на фреоне; промышленные холодильные системы, работающие на аммиаке) предприятия наиболее часто используют R134a и R22.

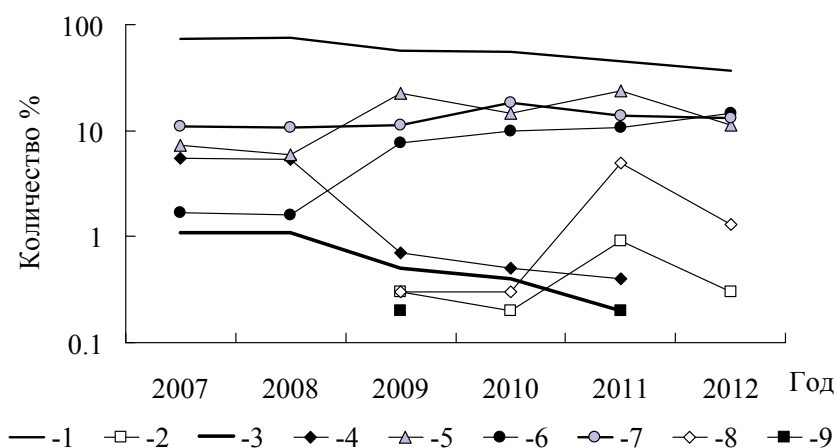


Рис. 6. Доля используемых хладонов на предприятиях в период 2007...2012 гг. 1 – R12, 2 – R134a, 3 – R600, 4 – NH₃, 5 – R22, 6 – R407c, 7 – R404, 8 – R410a, 9 – R507.

В ремонте бытовых холодильников данные хладоны составляют 36,4 % каждый от общего количества хладонов, используемых в ремонте. В коммерческих холодильниках и ларях R134a составляет 50 %, R22 – 37,5 %, в автомобильных кондиционерах – 44,5 и 33,3 % соответственно. В ремонте холодильных систем, работающих на фреоне, R134a составляет 40 %, на долю R404 приходится 20 %, на R22 – 17,5 %. Также в ремонте данной техники были указаны хладоны R507c и R407a (5 % каждый). В промышленных холодильных системах, работающих на аммиаке, предприятия чаще всего используют также R134a (33,3 %). На долю остальных указанных хладонов приходится по 11,1 %. Это хладоны R12, R407a, R404, R410a, R717, R507.

Для оценки массы эмиссии ГФУ был использован балансовый метод. Он заключался в оценке всего, необходимого объема хладонов на внутреннем рынке РК, такая оценка была возможна после изучения материалов отчета: «Оценка современного развития секторов потребителей озоноразрушающих веществ и их воздействие на озоновый слой и изменение климата. Возможности адаптации секторов к мерам, принимаемым для выполнения обязательств по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой», выполненного отраслевым институтом КазНИИЭК МОС РК в 2008-2010 гг.

Оценив общий объем хладонов, который необходим ежегодно для Казахстана, эксперты поделили этот объем по типам используемых хладонов [9]. Соотношение было взято по итогам анкетирования.

По результатам обработки анкет были выделены новые агенты, которые не участвовали в инвентаризации ПГ за прошлые годы. Кроме того, подтвердилось предположение экспертов о 30 % доли хладона 134а в общем объеме экспортируемых хладонов. В табл. дано фактическое потребление хладонов, с учетом их содержания в смесях от других агентов. Долевое соотношение определялось по технической спецификации, указанной для каждого из хладонов [2, 7], так в хладогенте R407% содержится: R32 (23 %), R125 (25 %) и R134а (52 %); в R 404: R-143а (52 %), R-125 (44 %) и R-134а (4 %), в R410: R32 и R125 (50 % и 50 %), в R507: R-143а (50 %) и R-125 (50 %).

Как уже говорилось, прямого учета фтористых заменителей ОРВ, через таможенные органы или другие службы в Казахстане не ведется. Это сильно усложняет оценку количества таких веществ на рынке. Ситуация на рынке фреонов постоянно меняется по ряду причин, и, в целом, сравнительно небольшие объемы рынка позволяют достаточно динамично реагировать, на внешние и внутренние изменения. С другой стороны, имеющееся в стране оборудование является определённым стабилизирующим фактором при таких изменениях. Тем не менее, постепенный отказ от использования R22 – переходного вещества, заставляет обслуживающие фирмы искать новые решения именно для уже используемого оборудования. В целом важную роль здесь стали играть 404а, 404, 600, 134а, и др.

Неопределенность оценок эмиссий ГФУ от холодильного оборудования доходит до 100 % от исходных данных, (по оценкам международных экспертов). К сожалению, предложенный подход весьма условный и не дает полной картины о потреблении хладагента в рассматриваемой категории.

Предложенный метод позволяет прояснить ситуацию на рынке фреонов, а также уменьшить пробелы в данных при проведении Национальной Инвентаризации ПГ в Казахстане. Всех сложившихся проблем представленный метод не решает, так пока нет возможности оценить объемы рынка гидрофторуглеродов 5...7 лет назад. Как правило, фирмы неохотно делятся своей информацией. В то же время, представленная методология позволяет поднять достоверность экспертных оценок.

Таблица

Потребление хладонов в Республике Казахстан, т

Хлодон	Год													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ГФУ 23														
ГФУ 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,01	1,86	9,55	13,15	30,35
ГФУ 41														
ГФУ43-10														
ГФУ 125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,41	29,33	38,49	63,19	59,30
R134														
R 134a	32,67	13,51	126,33	151,63	123	136,04	181,38	182,44	300,06	323,96	325,84	342,40	331,86	362,27
ГФУ 143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0,61
ГФУ 143a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,36	28,40	29,56	51,78	44,10
ГФУ 152a														
ГФУ 227ea														
ГФУ 236fa														
ГФУ 245fa														
ГФУ 365 mfc														
ГФУ 43-10 mee														

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998.
2. Баранник В.В., Маринюк Б.Т., Овчаренко В.С., Афонский В.П. Новый хладоноситель, особенности и перспективы применения. // Холодильный бизнес, 2001, №1.
3. Вопросы Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан: Постановление Правительства РК от 28.10.2004. №1113.
4. Крюкова В.П. Озоновый слой и Монреальский протокол. // Гидрометеорология. – 2003. – № 2. – С. 18-24.
5. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой – ЮНЕП, Секретариат по озону, 2000. – 55 с.
6. Национальный доклад по Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой за 2008 г. МООС РК. Астана, 2009. – 27 с.
7. Об утверждении перечня экологически опасных видов хозяйственной деятельности и Правил их обязательного государственного лицензирования: Постановление РК от 08.01.2004 № 19 // Казахстанская правда от 11.02.2004 г. № 28.
8. Руководство по представлению данных в рамках Монреальского протокола – Многосторонний Фонд для осуществления Монреальского протокола, ЮНЕП, 1999. – 114 с.
9. Чередниченко А.В. Прогноз потребления Казахстаном озоноразрушающих веществ. // Гидрометеорология и экология. – 2011. – №3 – С. 7-29.

Поступила 6.09.2013

Геогр. ғылымд. докторы А.В. Чередниченко
Геогр. ғылымд. кандидаты Алексей В. Чередниченко
 А.Ю. Смирнова
 А. Мунайпасова

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ГИДРОФТОРКӨМІРТЕКТІ ІШКІ ТҰТЫНУЫН БАҒАЛАУ

Қазақстандағы тоңазыту техникаларымен қызмет көрсету өнеркәсіптерінде сауалдама жүргізу жолымен алынған қосымша мәліметтерді қолданып, Қазақстандағы парникті газдарды Ұлттық тізімге алуды жүргізу үшін Ұлттық дәрежеде мәліметтерді қалпына келтіру әдісі ұсынылды.

УДК 614.8.084+504.061.2:69.05(075.8)

Доктор техн. наук
Доктор геогр. наук

М.Ж. Бурлибаев *
Н.А. Амиргалиев **
И.В. Шенбергер *
А.С. Перевалов *
Д.М. Бурлибаева ***

**СОВРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСГРАНИЧНОГО
СТОКА РЕКИ СЫРДАРЬИ И ХАРАКТЕР ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ В
ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОДОТОКА, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ, РЕЧНАЯ ЭКОСИСТЕМА

В настоящее время в переговорных процессах по р. Сырдарье, по линии Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК) стран Центральной Азии качество стока трансграничного водотока не рассматривается. Акцент, при вододелинии стока данной реки сосредоточен на количественной характеристике. Между тем известно, что качество воды р. Сырдарьи не пригодно не только для питьевых целей, но и для орошения. Поэтому данная статья посвящается анализу гидрохимического режима и токсикологических показателей рассматриваемого водотока.

Оценка режима гидрохимических и токсикологических показателей трансграничного притока р. Сырдарья – поселок Кокбулак

Согласно данным РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 и 2011 гг., в трансграничном стоке реки концентрация органических веществ (по БПК₅) невысокая, в пределах нормативного уровня (табл. 1). Значения бихроматной окисляемости в отдельные сезоны колебались в пределах от 3,0 до 21,0 мгО₂/дм³. Максимум отмечался в январе – марте.

* Казахстанское агентство прикладной экологии, г. Алматы

** Институт Географии, г. Алматы;

*** Казахский национальный аграрный университет МОН РК, г. Алматы.

Внутригодовой режим этого показателя зависит от стока воды и взвешенных наносов, наибольшие значения которых в последние годы регистрируются в зимний период. Из соединений группы азота превышают уровень ПДК только нитриты в пробах, отобранных в январе – марте, как это характерно для бихроматной окисляемости. Следовательно, зависимость гидрохимического режима и отдельных показателей от стока воды и наносов очевидна.

Концентрация тяжелых металлов в трансграничном стоке в целом невысокая, превышение ПДК по цинку (до 12,0 мкг/дм³) отмечено лишь в апреле. Среднее содержание меди составило 2 ПДК. Более повышена концентрация Fe²⁺, среднее содержание которого составило 4 ПДК, а максимальное достигало 8 ПДК в мае. Наиболее высокие концентрации летучих фенолов (до 7 ПДК) зарегистрированы в мае, а в зимнее время они снижались до 0,003 мг/дм³, т.е. на уровне 3 ПДК.

В трансграничных стоках Сырдарьи постоянно присутствуют нефтяные углеводороды, максимальная концентрация которых 0,25 мг/дм³ (5 ПДК) отмечалась в январе и марте 2010 г., в остальные сезоны – в пределах ПДК. Присутствие фторидов в речной воде регистрируется во все сезоны года, а их концентрация, превышающая ПДК (0,75 мг/дм³), отмечалась в апреле и ноябре, т.е. прослеживается определенная зависимость их режима от стока воды.

Среднегодовая минерализация трансграничного притока 2010 г. составила 956 мг/дм³ (табл. 1). Минимальное ее значение 639 мг/дм³ наблюдалось в марте, а значения, превышающие 1000 мг/дм³ – в апреле, мае, октябре и ноябре. Такое внутригодовое распределение минерализации воды, видимо, обусловлено не только природными факторами. Рост ее в осенние периоды можно объяснить влиянием коллекторно-дренажных вод, поступающих в речную систему из орошаемых массивов, расположенных в верхней части течения реки.

Внутригодовое распределение минерализации воды на приграничном створе по данным 2005 г. имеет тесную зависимость от изменения водности реки. Это иллюстрируется на рис. 1 (по данным РГП «Казгидромет» МООС РК). В зимний период (январь – март) при достижении месячных значений расходов воды 3...3,5 км³ минерализация трансграничного стока реки снижалась до 700...800 мг/дм³.

Сокращение расходов воды в летний период сопровождается ростом её минерализации до 1600 мг/дм³. Постепенный подъем объема речного стока вызывает снижение минерализации воды осенью и зимой [2].

Гидрохимические и токсикологические показатели трансграничного стока р. Сырдарья и их трансформация по течению реки в 2010 и 2011 гг.

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	с. Кокбулак (ств. 1)				Шардаринское влхр. (г. Шардара) (ств. 2)				г. Шардара (2 км ниже плотины влхр.) (ств. 3)	г. Кызылорда (3 км ниже города) (ств. 4)	г. Казалинск (в створе водпоста) (ств. 5)	с. Каратерень (в створе водпоста) (ств. 6)
		среднее	min	max	среднее	min	max	среднее	среднее				
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	1,130	0,740	1,420	1,916	1,200	3,350	1,710	2,325	1,710	2,325	2,606	1,808
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,045	0,020	0,130	0,054	0,020	0,200	0,053	0,105	0,053	0,105	0,138	0,088
Азот нитритный	мг/дм ³	0,078	0,007	0,168	0,035	0,024	0,069	0,032	0,010	0,032	0,010	0,012	0,008
Фосфаты	мг/дм ³	0,023	0,008	0,045	0,009	0,0	0,017	0,011	0,108	0,011	0,108	0,112	0,261
Кремний	мг/дм ³	5,917	4,100	8,000	5,029	3,300	7,100	5,200	-	5,200	-	-	-
Железо общее	мг/дм ³	0,042	0,030	0,080	0,032	0,020	0,040	0,027	0,192	0,027	0,192	0,213	0,199
Железо (2+)	мг/дм ³	0,023	0,020	0,040	0,018	0,010	0,020	0,015	-	0,015	-	-	-
Медь	мкг/дм ³	2,250	2,000	2,600	2,400	2,000	3,200	2,500	2,500	2,500	2,500	2,833	2,750
Цинк	мкг/дм ³	5,683	2,600	12,00	6,783	2,000	14,00	6,967	-	6,967	-	-	-
Летучие фенолы	мг/дм ³	0,004	0,003	0,007	0,004	0,003	0,007	0,005	-	0,005	-	-	-
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,097	0,020	0,250	0,048	0,010	0,140	0,052	-	0,052	-	-	-
Фториды	мг/дм ³	0,635	0,170	0,840	0,818	0,400	1,420	0,795	-	0,795	-	-	-
Сумма ионов	мг/дм ³	956,3	639	1180	941,6	699,0	1223	901,7	1380	901,7	1380	1082	1054
Окисляемость бихроматная	мгО ₂ /дм ³		3,000	21,00		6,000	20,00	14,08					

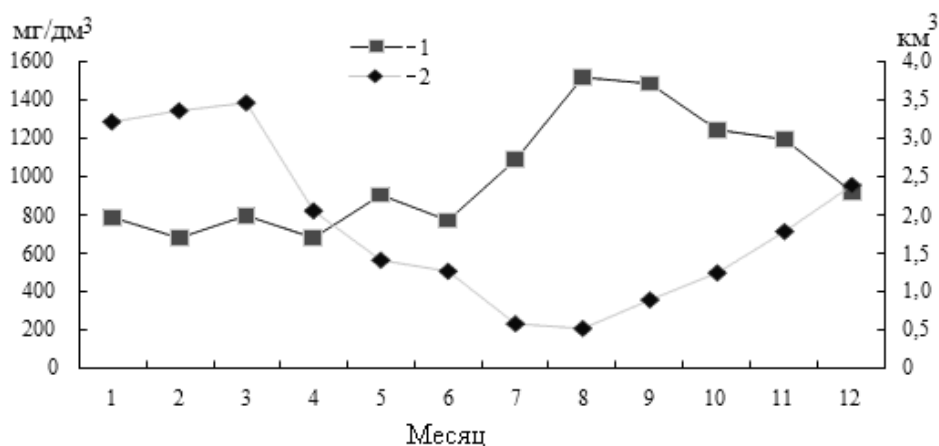


Рис. 1. Внутригодовое распределение минерализации в зависимости от стока воды на ГП Кокбулак в 2005 г. 1 – минерализация, 2 – сток воды.

Из сказанного выше следует, что трансграничный приток по р. Сырдарье загрязнен преимущественно соединениями органического происхождения. Среди тяжелых металлов повышена концентрация двухвалентного железа. В режиме ряда гидрохимических параметров (минерализация и др.) прослеживается влияние антропогенных факторов. Согласно данным Информационных бюллетеней [8, 9], в 2011 г. в воде р. Сырдарьи у с. Кокбулак наблюдались повышенные концентрации фенолов (4 ПДК), меди (3 ПДК), нитритов (2,1 ПДК). Далее приводятся сведения по объему трансграничного стока некоторых приоритетных тяжелых металлов по нашим расчетам [3, 4] на основании данных РГП «Казгидромет» МООС РК.

Для расчета трансграничного притока тяжелых металлов (меди и цинка) авторы так же использовали данные РГП «Казгидромет» МООС РК по створу Кокбулак за 2001...2004 гг. Расчеты производились по методике О.А. Алекина и Л.В. Бражниковой [1]. Концентрация цинка в 2001...2003 гг. находилась в пределах ПДК и ниже, лишь в единичных случаях отмечалась на уровне 1,2...1,5 ПДК. В 2004 г. она была значительно выше, часто доходила до 1,7 ПДК. Содержание меди практически за все месяцы наблюдений превышало ПДК от 2 до 10 раз.

Суммарные годовые объемы притока тяжелых металлов через приграничный створ изменялись от 62,7 до 115 т для меди и от 69,3 до 213,2 т для цинка (табл. 2). Сток меди в целом соответствует водному стоку за отдельный год, а увеличение стока цинка, особенно в 2004 г., обусловлено повышением его концентрации в речной воде, о чем сказано выше. Из

приведенных данных также следует, что из-за превышения нормативного уровня ПДК меди в трансграничном стоке, приток этого элемента через приграничный створ превысил допустимые нормативы в 3,2 раза в 2004 г. и в 4,9 раза – в 2002 г., в среднем за 2001...2004 гг. – в 4,3 раза. Приток по цинку за эти годы, рассчитанный по материалам РГП «Казгидромет» МО-ОС РК, находился в пределах нормативных уровней.

Таблица 2

Годовые объемы притока воды и тяжелых металлов на приграничном створе р. Сырдарья в 2001...2004 гг.

Показатель	Всего	в т.ч.			
		2001	2002	2003	2004
Водный сток, км ³	85,10	13,43	21,18	27,21	23,28
Сток меди, т	357,8	62,7	104,6	115,4	75,05
Сток цинка, т	549,6	69,3	135,9	131,2	213,2

По мнению авторов, представляет интерес анализ внутригодовой динамики трансграничного притока загрязняющих веществ. Данные рис. 2 показывают, что изменение стока рассматриваемых элементов в течение года зависит в основном от внутригодового колебания водного стока. Однако даже незначительные изменения концентрации металлов в речной воде вызывают заметные колебания объема их стока. Это достаточно четко проявляется, например, по внутригодовой динамике цинка за 2002, 2003 и 2004 гг. Сток меди распределяется в течение года более равномерно, за исключением единичных пиков, зависящих в основном от колебания водного стока.

Как известно, на р. Сырдарье и ее главных притоках функционирует ряд крупных водохранилищ, основные из них: Токтогульское (объем 19,5 км³), Чарвакское (2 км³), Андижанское (1,9 км³), Кайраккумское (4,03 км³) и Шардаринское (5,7 км³). Водный режим реки в среднем и нижнем течениях главным образом зависит от объема и сезона попусков из Токтогульского водохранилища, сооруженного на территории Кыргызской Республики. Согласно имеющимся сведениям [14], функционируя в ирригационном режиме, три четверти годового объема попусков из этого водохранилища (9,4 км³) осуществлялись в вегетационный период (рис. 2), а в зимний период водохранилище пропускало вниз не более 180 м³/с (2,85 км³), что в целом сохраняло благоприятную экологическую обстановку.

Однако в последний десятилетний период в связи с переводом Токтогульского гидроузла на энергетический режим резко возросли зимние попуски из него в целях увеличения вырабатываемой электроэнергии.

Этот новый режим приводит на участках ниже Шардаринского водохранилища к ежегодному зимнему затоплению обширных территорий и другим нарушениям экологической устойчивости водных систем бассейна.

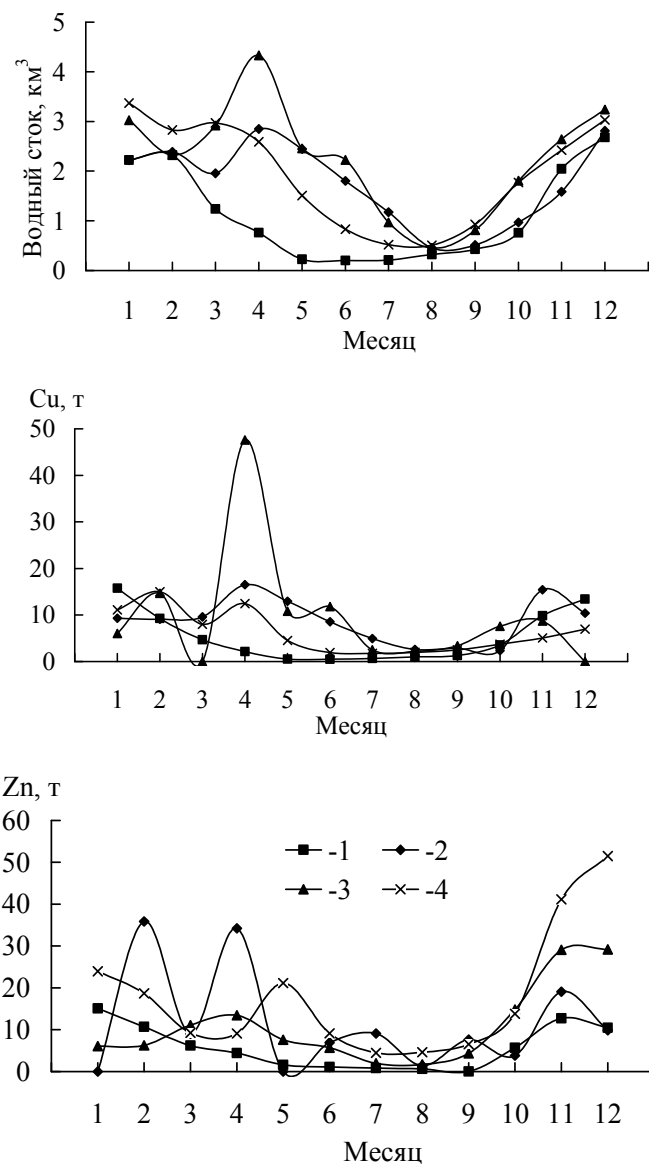


Рис. 2. Внутригодовое распределение водного стока и стока цинка, меди на р. Сырдарье в приграничном створе Кокбулак. 1 – 2001 г.; 2 – 2002 г., 3 – 2003 г., 4 – 2004 г.

Эти обстоятельства в существенной мере повлияли на внутригодовую динамику стока загрязняющих веществ по приграничному створу. Из

данных табл. 3 видно, что в среднем около 40 % объема годового стока металлов проходит в зимний период, такой же удельный вес характерен и для водного стока. В 2001 г. сравнительно маловодном году доля зимнего водного стока достигала 54 % от годового. Как видно на рис. 2, высокие расходы воды на данном створе регистрируются не только в декабре, январе и феврале, но и в ноябре, марте. Следовательно, объем стока воды в холодные периоды года значительно выше, чем в вегетационный период, соответственно и приток загрязняющих и других химических веществ через приграничный створ.

Таблица 3

Сезонные изменения водного стока и стока тяжелых металлов (%) на приграничном створе р. Сырдарьи в 2001...2004 гг.

Показатели	Год	Сезоны			
		зима	весна	лето	осень
Водный сток	2001	54	17	5	24
	2002	35	34	16	15
	2003	32	36	13	19
	2004	40	30	8	22
Среднее:		40	29	10	20
Сток меди	2001	61	12	4	23
	2002	28	37	15	20
	2003	18	51	14	17
	2004	44	33	8	15
Среднее:		38	33	10	19
Сток цинка	2001	52	18	4	26
	2002	34	32	12	22
	2003	32	24	7	37
	2004	44	18	9	29
Среднее:		40	23	9	28

Следует отметить, что нежелательные последствия существенного роста речного стока в зимний период ограничивается не только затоплением территории и другими обстоятельствами. Это явление может привести к нарушению качества водной среды водоемов.

Приоритетные для р. Сырдарьи токсиканты цинк и медь относятся, с одной стороны, к необходимым элементам, участвующим в работе жизненно важных ферментов, однако в больших количествах они токсичны. Избыток меди разрушает витамин С и А, способствует образованию токсичных продуктов окисления липидов. ПДК цинка в воде водоемов санитарно-бытового водопользования составляет 100 мкг/дм³, а в воде рыбохо-

зайственных водоемов – 10 мкг/дм³. Повышение температуры водной среды с одновременным снижением содержания кислорода в воде увеличивает отрицательное воздействие цинка на состояние многих видов рыб. Такое состояние водной среды наблюдалось нами в осенний период в верховье р. Сырдарьи, т.е. выше Шардаринского водохранилища (снижение насыщения кислородом с одновременным повышением содержания диоксида углерода до 11,4 мкг/дм³ и температуры воды). Органами-мишенями при больших концентрациях Zn в воде становятся: жабры, испытывающие интоксикацию цинком, почечная ткань. В результате такого воздействия снижаются темпы роста, максимальные размеры и плодовитость рыб. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Избыточные концентрации меди до 100 мкг/дм³ приводят к процессам замедления роста большинства водных растений.

Уменьшение потребления углекислоты и кремния наблюдается уже при содержании Cu 3,0...30,0 мкг/дм³. Токсичность меди снижается в водах с более высокой минерализацией по сравнению с пресными водами, и в организмы рыб она поступает главным образом с пищей. Без специальных исследований в настоящее время по уровню ее содержания в воде р. Сырдарьи и Шардаринского водохранилища, где минерализация достигает 800...1400 мкг/дм³, затруднительно говорить о степени влияния этого компонента на биоценозы. Постоянное воздействие доз меди в размере 20...200 мкг/дм³ снижает выживаемость рыб и темпы воспроизводства различных видов рыб. Повышенная концентрация этих элементов в воде и органах, тканях рыб вредно и для здоровья людей.

В итоге приведенной выше информации можно заключить, что транзитный сток р. Сырдарьи загрязнен различными токсичными соединениями. В связи с нарушением естественного внутригодового режима притока воды по реке, содержащиеся в ней загрязнители поступают в водоемы Казахстана в зимний период, что удлиняет сроки самоочищения воды в водных объектах.

Характер трансформации химического состава и токсичных показателей воды р. Сырдарьи в пределах равнинной части ее течения

Изменение химического состава и концентрации токсичных параметров воды р. Сырдарьи в пределах расположенных ниже территорий показано в табл. 1. В воде приплотинной части Шардаринского водохранилища сохраняется повышенная концентрация органических веществ. Здесь в 2 раза увеличиваются минимальные значения бихроматной окисляемости (до 6 мгО₂/дм³) по сравнению с транзитным стоком, а макси-

мальные показатели ее практически не меняются. На данном створе также в 2 раза повышена величина БПК₅ – до 3,35 мгО₂/дм³, т.е. она превысила уровень ПДК (3 мгО₂/дм³).

Рост концентрации органических веществ в воде водохранилища может быть обусловлен интенсификацией продукционных процессов в условиях замедленного течения и достаточно высокой температуры воды, достигающий летом 30 °С. Этому также способствует поступление в водохранилище достаточного количества биогенных веществ как по р. Сырдарье, так и с прибрежных территорий.

Повышение средних значений БПК₅ регистрируется и в воде последующих участков реки, т.е. в районе городов Кызылорда (створ 4) и Казалы (створ 5) до 2,33 и 2,61 мгО₂/дм³ соответственно. Максимальные величины этого показателя превышали ПДК в единичных случаях. В воде Шардаринского водохранилища и расположенных ниже створов превышение концентрации биогенных соединений практически не регистрировались.

Из тяжелых металлов, по материалам 2010 г., общее железо незначительно превысило уровень ПДК в воде трех последних створов (см. табл. 1). Средняя концентрация двухвалентного железа составила в воде Шардаринского водохранилища 3,6 ПДК, а в речной воде ниже водохранилища – 3,0 ПДК. В последующих участках реки данные по этому показателю отсутствуют.

Средняя концентрация меди в воде по длине казахстанской части реки постепенно возрастает от 2,95 мкг/дм³ в трансграничном створе реки до 2,83 мкг/дм³ у г. Казалы (рис. 3). Концентрация цинка на уровне 1,4 ПДК отмечалась в воде Шардаринского водохранилища.

В воде Шардаринского водохранилища и нижнего бьефа плотины регистрируются летучие фенолы в тех же концентрациях, что отмечены в транзитном стоке у с. Кокбулак. Средние их концентрации 4 и 5 ПДК, максимальная – 7 ПДК. Наиболее высокая концентрация нефтепродуктов – 2,8 ПДК отмечена в воде Шардаринского водохранилища, а средние их значения были на уровне ПДК. Содержание фторидов до 2 ПДК наблюдалось в воде Шардаринского водохранилища, что примерно на 40 % выше наибольшей их концентрации в трансграничном стоке реки.

Минерализация речной воды по течению реки постепенно возрастает от средних ее значений 956 и 942 мг/дм³ в воде створов 1 и 2 до 1380 мг/дм³ у г. Кызылорды, что наглядно видно на рис. 4. Рост этого показателя по течению реки может быть обусловлен влиянием коллекторно-

дренажного стока, поступающего в речную систему с орошаемых территорий, а также переходом реки на подземное питание в период межени.

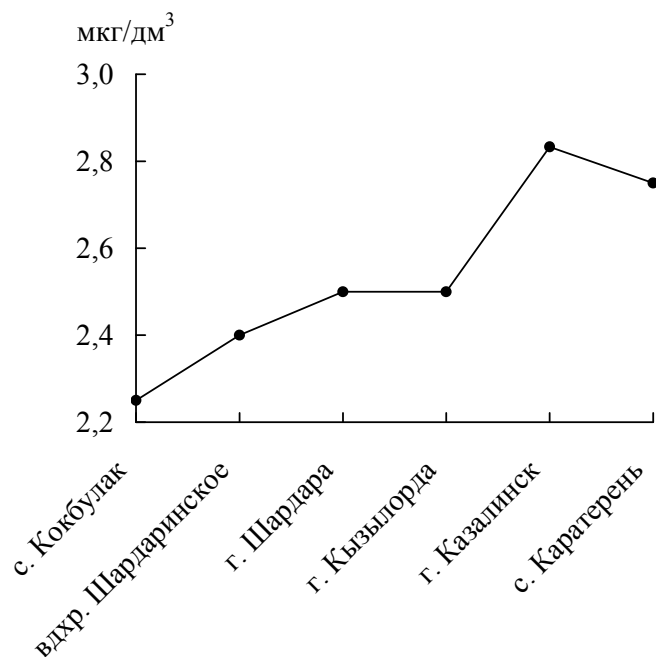


Рис. 3. Изменение средней концентрации меди в воде казахстанской части течения р. Сырдарьи.

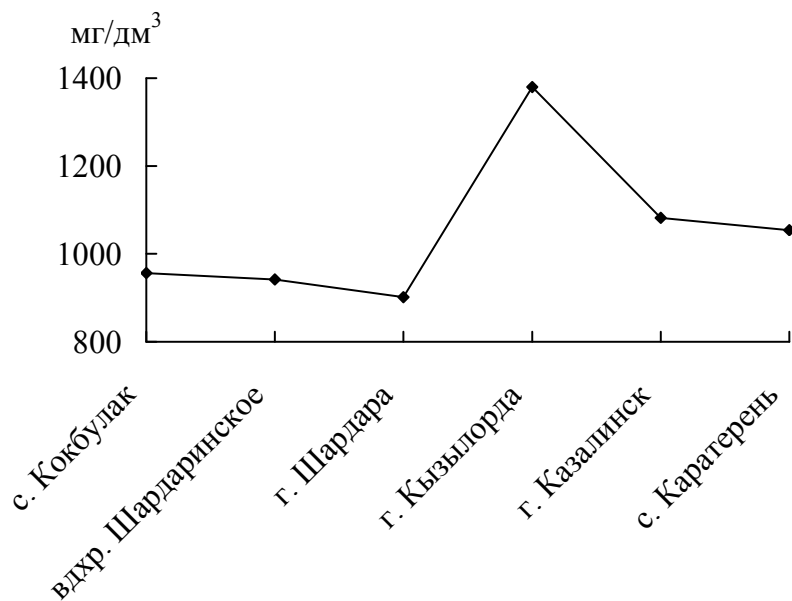


Рис. 4. Изменение средней минерализации воды р. Сырдарьи в пределах казахстанской части ее течения.

В обобщениях РГП «Казгидромет» [8] указано, что в 2011 г. в Шардаринском водохранилище наблюдались превышения ПДК по сульфатам 5,51 ПДК, фенолам 4 ПДК, меди 3 ПДК. Сопоставление этих данных с приведенными выше материалами за 2010 г. показывает их аналогичность, за исключением фенолов, содержание которых в 2011 г. снизилось до 3 ПДК.

В качестве дополнения к приведенным выше материалам ниже приводятся сведения о динамике ряда важных гидрохимических параметров в казахстанской части течения р. Сырдарьи [2].

Минерализация воды является одним из важнейших гидрохимических параметров, отражающим как генетические особенности формирования состава природных вод, так и хозяйственно-питьевых, технических и ирригационных их качеств. Изучение ее режима особенно важно для р. Сырдарьи, поскольку ее водные ресурсы используются комплексно всеми отраслями экономики и река подвержена загрязнению коллекторно-дренажными и другими сточными водами, как на территории сопредельных государств, так и Казахстана. Формирование режима минерализации и ионного состава воды р. Сырдарьи происходит под влиянием ряда факторов. Главные из них это перераспределение речного стока вследствие его зарегулирования, смена питания реки, особенность местных географических условий (засоление почв и подземных вод), поступление в речную сеть коллекторно-дренажных вод.

Результаты наблюдения за изменением минерализации воды по течению реки за ряд лет представлены в табл. 4. Из этих данных также видна неоднородность минерализации воды по годам, а также достаточно высокое количество солей, регистрируемое в отдельные годы в трансграничном стоке, которое ниже по течению подвергается разбавлению под влиянием некоторых притоков реки. Весной 2005...2007 гг. минерализация речной воды в трансграничной зоне заметно снизилась.

Однако, в нижнем течении реки особенно в последние два года она существенно увеличилась, достигая в вегетационный период значений 2840...3025 мг/дм³ в 2006 г. и 2018 мг/дм³ – 2007 г. В 2007 г. в отличие от предыдущих лет в нижнем течении реки минерализация воды к началу осени (в августе) значительно снизилась по сравнению с весенним периодом. Это может быть результатом изменения попусков воды из расположенных выше водохранилищ.

Более интенсивное возрастание минерализации речной воды происходило, как известно, в периоды усиления влияния коллекторно-дренажных вод на водную экосистему реки в условиях сокращения речного стока.

Таблица 4

Изменение минерализации воды (мг/дм³) р. Сырдарья в пределах территории Казахстана

Участок реки	2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.	
	V	IX	V-VI	VIII-IX	V-VI	VIII-IX	V-VI	VIII
Г/п Кокбулак	1097	1329	1012	1357	998		675	
Пос. Целинный			828	1281	918	1360		
Байркумский мост	1058	1381	811	1160	898	1360		
Коксарайский мост			943		924	1396		
Пос. Балтаколь			823					
Пос. Басыкара			1063	1356	1410	1352	1372	1049
Пос. Кызылжар			1135	1309	2824	2805	1368	1158
Пос. Аманоткел		1838	1599	1807	3025	2642	1974	1131
Пос. Аклак		2119	1510	1657	2732	2686	2005	1270
Устье		2580	1608	1764	2658	2840	2018	1230

По имеющимся сведениям [11], в 1970...1980 гг. доля возвратных вод в сырдарьинской воде увеличилась до 50...70 %, а в маловодные годы – до 100 %. На выходе из долины среднегодовые значения минерализации воды составляют 1,0...1,2 г/дм³ (при максимальных 1,6...1,8 г/дм³). В среднем течении речная вода обогащалась солями за счет возвратных вод Голодной и Дальверзинской степей, что обусловило трансформацию ионного состава воды на сульфатно-натриевый вместо гидрокарбонатно-кальциевой. В районе г. Казалы и ниже по течению минерализация речной воды составляла 2,0 г/дм³, достигая часто 3,0 г/дм³.

По данным гидрохимических наблюдений [10], в верховьях минерализация воды р. Сырдарья равнялась 0,3...0,5 г/дм³, при выходе из Ферганской долины достигала 1,2...1,4 г/дм³, в створе Шардара – 1,4...1,6 г/дм³, в пределах Кызылорды и Казалы – до 2,3 г/дм³. Все эти данные свидетельствуют о росте минерализации воды по течению реки, причиной является развитие в бассейне орошаемого земледелия.

Однако вполне очевидно, что коллекторно-дренажные стоки не являются единственным фактором, повышающим минерализацию речной воды. Засушливый климат и засоленные почвы, сложные геологические и геоморфологические условия территории обуславливают высокую степень засоленности вод подземных горизонтов. Согласно литературным сведениям [7, 13], в низовьях Сырдарьи повсеместно распространены грунтовые воды аллювиальных отложений, залегающие на глубине до 7 м. Минерализация их изменяется в широких пределах от 0,6...1,3 до 75...90 г/дм³. Установлено также, что эти водоносные горизонты дополни-

тельное питание получают и за счет фильтрационных оросительных вод. По данным К.А. Омарова [12], в настоящее время в пределах Тогускенского массива орошения (Кызылординская область) грунтовые воды залегают на глубине 2,5...3,0 м и минерализация их повысилась до 3...5 г/дм³.

Многообразие природных и антропогенных факторов обуславливает глубокие изменения в ионном составе речной воды и придает определенную направленность его метаморфизации. По данным РГП «Казгидромет» МООС РК за 1911...1978 гг., с ростом минерализации воды содержания кальция, магния и щелочных металлов возрастают (абсолютно) в 2,5, 7,5 и 10 раз соответственно; сульфатов в 9, хлора – в 11 раз, а гидрокарбонатов существенно не изменилось.

Эти данные свидетельствуют о том, что в период наибольшей нагрузки антропогенных воздействий на экосистему реки хлориды по темпу своего роста значительно опережали рост сульфатов и щелочных металлов, хотя концентрация последних также интенсивно возрастает. В 2005...2007 гг. концентрация биогенных веществ в воде р. Сырдарьи характеризовалась большой динамичностью, как во времени, так и в пространстве. Значительные сезонные колебания отмечались для аммонийного азота. Наиболее высокое его содержание, превышающее в ряде случаев уровень ПДК, регистрируется в мае-июне. Однако в рассматриваемые сезоны довольно часто отмечалось снижение концентрации этих соединений до 0,02...0,04 мг/дм³ (табл. 5).

По течению реки концентрация нитратов заметно не меняются, хотя максимальные ее значения (9,5...12,5 мг/дм³) зарегистрированы в воде приграничного створа и в пределах территории Южно-Казахстанской области.

Из приведенных данных в табл. 5 четко прослеживается увеличение в речной воде концентрации минерального растворенного фосфора в последние годы. На участке от гидропоста Кокбулак до границы Кызылординской области максимальная концентрация этих соединений достигала в периоды весеннего повышения расходов воды до 0,075...0,080 мг/дм³. В некоторых случаях, в основном в летний период, они отсутствовали. В воде самого нижнего течения реки содержание фосфора увеличивалось в ряде случаев до 0,200...0,250 мг/дм³.

Однозначно назвать причины, обуславливающие рост фосфорных соединений, затруднительно. Заметное увеличение содержания фосфора в последние годы было зарегистрировано и в воде расположенных выше участков р. Сырдарьи.

Динамика биогенных и органических веществ в воде р. Сырдарьи в 2005...2007 гг.

Участок реки	Время отбора проб	Окисляемость, мгО ₂ /дм ³	Биогенные соединения, мг/дм ³			
			NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P _{PO4}
Г/п Кокбулак	1	1,6...3,6	0,08...0,18	0,067...0,139	8,40...12,50	0,042...0,075
	2	2,0...4,0	0,08...0,40	0,110...0,111	5,00...8,00	0,010...0,030
Ниже Шардаринской ГЭС	1	3,5...4,4	0,04...1,40	0,030...0,040	1,10...5,60	0,020...0,050
	2	5,0	0,18	0,070	4,60	0,040
Пос. Целинный	1	5,8	0,50	0,040	0,07	0,050
	2	5,0...7,6	0,18...0,90	0,089...0,111	3,60...4,60	0,020...0,080
Байркүмский мост	1	2,6...5,8	0,50...0,70	0,000...0,040	0,02...0,09	0,006...0,063
	2	3,3...4,5	0,01...0,36	0,030...0,073	6,40...9,50	0,030...0,050
Коксарайский мост	1	3,3...3,6	0,02...0,90	0,020...0,030	0,08...6,30	0,000...0,040
	2	6,5	0,08	0,000	0,35	0,010
Пос. Балтаколь	1	3,0...7,4	0,70...1,65	0,006...0,062	1,38...5,30	0,015...0,028
	2	4,3...4,8	0,09...0,53	0,021...0,025	0,48...3,40	0,016...0,200
Пос. Кызылжар	1	4,5...11,9	1,06...1,63	0,008...0,060	0,06...0,68	0,065...0,220
	2	4,5...5,4	0,10...0,48	0,015...0,020	0,24...2,50	0,013...0,250
Аманоткел	1	2,1...5,6	0,58...1,13	0,001...0,052	0,32...4,80	0,023...0,040
	2	4,8...6,0	0,05...0,45	0,003...0,021	0,52...2,50	0,028...0,190
Аклак	1	1,6...7,4	0,43...1,75	0,007...0,160	1,40...2,30	0,019...0,025
	2	3,9...8,2	0,07...0,82	0,003...0,010	0,48...2,90	0,023...0,200
Устье	1	1,5...6,4	0,42...1,37	0,006...0,070	0,20...3,60	0,005...0,088
	2	4,2...6,2	0,04...0,64	0,002...0,035	0,52...4,80	0,015...0,065

Примечание: 1 – май-июнь 2005...2007 гг.; 2 – август-сентябрь 2005...2007 гг.

Согласно полученных нами данных [5, 6], в створе Кокбулак концентрация минерального растворенного фосфора отмечена на уровне 0,130 мг/дм³ в мае 2004 г. и 0,073 мг/дм³ в мае 2005 г. Повышенное содержание этого элемента до 0,080...1,300 мг/дм³ зарегистрировано в летний период 2005 г. в воде Шардаринского водохранилища и р. Сырдарья в районе Байркумского моста Южно-Казахстанской области.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что возрастание концентрации фосфорных соединений становится в целом характерным для сырдарьинской воды. Этому, очевидно, способствуют определенные антропогенные факторы, такие как, например, увеличение в последние годы количества используемых в бассейне фосфорных удобрений.

Одной из причин может служить увеличение водного стока реки, которое усилило эрозионные процессы в бассейне, вызвало наводнение и затопление обширных новых территорий, где могли быть хранилища удобрений, животноводческие объекты и другие источники фосфорных соединений.

Согласно исследованиям 2005...2007 гг. (табл. 5), на участке от приграничного створа Кокбулак до пос. Басыкара (район г. Казалы) окисляемость воды изменялась в интервале от 1,6 до 7,6 мгО₂/дм³. Далее вниз по течению в основном в весенний период значение этого показателя возросло до 8,2...11,9 мгО₂/дм³. В летне-осенний период режим органических веществ в целом стабилизируется с заметным сокращением пределов их колебания. Таким образом, данные многолетних наблюдений свидетельствуют о продолжающемся процессе постепенного увеличения содержания органических веществ в сырдарьинской воде.

Этот процесс, очевидно, обусловлен в основном следующими факторами антропогенного характера. Наиболее мощным фактором следует считать поступление в речную сеть коллекторно-дренажных стоков, обогащенных органическими соединениями. Влияние этого фактора усиливается, очевидно, в последние годы в результате увеличения речного стока в зимний период, вызывающего затопление обширных территории суши, населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и т.д. Река Сырдарья принимает также большой объем хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых стоков.

Таким образом, краткий анализ режима основных гидрохимических показателей р. Сырдарья показывает обусловленность его множественностью антропогенных и природных факторов. Вычленив роль последних не всегда представляется возможным в связи с тем, что как сами антропо-

генные составляющие, так и их последствия весьма разнообразны и преобладают над природными факторами в динамике подавляющего большинства гидрохимических параметров.

Оценка качества воды р. Сырдарья

Для оценки качества воды р. Сырдарья использовались данные сети РГП «Казгидромет» МООС РК за 2010 год. Согласно принятым методам, для расчета КИЗВ взяты загрязняющие вещества, средняя концентрация которых превышает собственные ПДК (табл. 6). Оценка качества речной воды дается по четырем створам, данные по которым являются более представительными.

Таблица 6

Концентрация токсичных веществ (мг/дм³), взятых для расчета КИЗВ

Створ	Cu	Fe ²⁺	Fe _{общ.}	F	Летучие фенолы	Нефтепродукты
1. (с. Кокбулак)	0,002	0,023	0,042	0,635	0,004	0,097
2. (Шардаринское вдхр.)	0,002	0,018	0,032	0,818	0,004	0,048
4. (г. Кызылорда)	0,003	-	0,192	-	-	-
6. (с. Каратерень)	0,003	-	0,199	-	-	-
ПДК, мг/дм ³	0,001	0,005	0,1	0,05	0,001	0,05

В соответствии с методикой расчеты произведены по шести загрязняющим компонентам. Главные ионы как сульфаты, магний и некоторые другие для расчета не взяты с учетом того, что формирование их режима происходит в основном под влиянием природных факторов, присущих для данной аридной территории. К числу этих факторов можно отнести засоленных почвогрунтов и вод подземных горизонтов, хотя не исключается влияния коллекторно-дренажных вод.

Наиболее высокие значения КИЗВ зарегистрированы для фторидов и железа по первым двум створам, где имеются данные по этим компонентам (табл. 7). Основной рост значений КИЗВ приходится на элементы третьего класса опасности, что видно из результатов расчета КИЗВ для речной воды с учетом класса опасности загрязнителей (табл. 8). Наибольшие значения средневзвешенного КИЗВ характерны для трансграничного стока р. Сырдарья и воды приплотинной части Шардаринского водохранилища. В последующих створах они снижаются вдвое.

По результатам расчета КИЗВ (табл. 9), сырдарьинская вода и вода Шардаринского водохранилища относятся к «Высокому уровню загрязне-

ния». Вода в районе г. Кызылорды и в замыкающем створе классифицируется «умеренным уровнем загрязнения».

Таблица 7

Комплексный индекс загрязненности вод с учетом класса опасности

Створ	Cu (3)	Fe ²⁺ (3)	Fe _{общ.} (3)	F (2)	Летучие фенолы (4)	Нефтепродукты (4)
1	0,67	1,53	-	6,35	1,00	0,49
2	0,67	1,20	-	8,18	1,00	-
4	1,00	-	0,64	-	-	-
6	1,00	-	0,66	-	-	-

Таблица 8

Комплексные индексы загрязнения воды (КИЗВ) с учетом класса опасности

Створ	Показатель	С учетом K ₀	КИЗВ _{ср. вз.}
1	КИЗВ K2 = $\sum \text{ИЗВ (F)/n}$	6,35	3,35
	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+})/n$	2,20	
	КИЗВ K4 = $\sum \text{ИЗВ (Летучие фенолы + Нефтепродукты)/n}$	1,49	
2	КИЗВ K2 = $\sum \text{ИЗВ (F)/n}$	8,18	3,68
	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}^{2+})/n$	1,87	
	КИЗВ K4 = $\sum \text{ИЗВ (Летучие фенолы)/n}$	1,00	
4	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}_{\text{общ.}})/n$	1,64	1,64
6	КИЗВ K3 = $\sum \text{ИЗВ (Cu+Fe}_{\text{общ.}})/n$	1,66	1,66

Таблица 9

Классификация водных объектов по степени загрязнения по результатам КИЗВ

Створ	Степень загрязнения			
	нормативно чистая ($\leq 1,0$)	умеренная (от 1,1 до 3,0)	высокая (от 3,1 до 10,0)	чрезвычайно высокая ($\geq 10,0$)
1			3,35	
2			3,68	
4		1,64		
6		1,66		

На основе приведенного выше материала следует заключить, что качество воды р. Сырдарьи находится на удовлетворительном уровне особенно на замыкающих створах. Однако следует иметь в виду, что использованные нами материалы РГП «Казгидромет» недостаточно полно отражают круг загрязняющих параметров речных вод, особенно по тяжелым металлам, а

наблюдения за уровнем пестицидного загрязнения реки вообще не ведется. Если оценить качество речной воды с учетом возможных дополнительных загрязнителей, то общее представление по данному вопросу может быть иным.

Качество воды реки Арыс

Река Арыс – правый приток р. Сырдарья, расположен в районе орошаемого земледелия и интенсивного животноводства. В этой связи загрязненность воды биогенными и органическими веществами является характерной чертой водотока. Согласно данным РГП «Казгидромет», в 1988...1991 гг. в речной воде максимальное значение бихроматной окисляемости составляло 30,6...33,9 мгО₂/дм³, а концентрация нитритного азота достигала 6,0...8,6 ПДК. Наибольшие значения этих показателей отмечались преимущественно в период весеннего паводка, иногда осенью, что может быть результатом поступления в речную сеть коллекторно-дренажных вод из орошаемых массивов.

Для реки характерно загрязнение фенолами и нефтепродуктами, концентрации их в указанные годы достигали 4 ПДК и 14 ПДК соответственно. Высокая загрязненность регистрировалась по пестицидам. Содержание метаболитов ДДТ в речной воде у с. Корниловка достигало 0,191 мкг/дм³, гексахлорана 0,228 мкг/дм³, линдана – 0,140 мкг/дм³. Аналогичный порядок концентрации ядохимикатов отмечался и в районе с. Шаулдер.

Река Арыс вносит в р. Сырдарью воду средней (503 мг/дм³) и повышенной (614 мг/дм³) минерализации, умеренно жесткую (5,2...5,4 мг-экв/дм³), символ воды в большинстве случаев ССаII. Однако в отдельные годы минерализация речной воды повышалась в районе с. Шаулдер до 820 мг/дм³, а среднее ее значение составляло 636 мг/дм³.

В более ранних материалах сети РГП «Казгидромет» в воде р. Арыс концентрация тяжелых металлов не достигала высоких значений. По цинку она находилась в интервале 0,003...0,010 мг/дм³, т.е. ниже уровня ПДК, по меди – в пределах 0,001...0,008 мг/дм³, т.е. до 8 ПДК, свинец чаще всего отсутствовал, общее железо обнаруживалось в пределах ПДК.

Однако по материалам РГП «Казгидромет» за 1998...2001 гг. целый ряд элементов обнаружен в речной воде в концентрациях, превышающих уровень рыбохозяйственных ПДК (табл. 10). Стабильное превышение нормативов ПДК в эти годы было характерно для свинца от 25,9 до 26,6 ПДК. Наиболее высокая концентрация молибдена, отмеченная в 2000 г. и достигала 44,2 ПДК. Содержание хрома за эти годы постепенно

возрастало от 162 мкг/дм³ до 210 мкг/дм³, т.е. до 10,5 ПДК. До 8,8 и 14 ПДК зарегистрированы в воде никель и медь соответственно.

Из приведенного выше материала следует, что для воды р. Арыс в целом характерно загрязнение органическими и азотсодержащими соединениями. Возможность пестицидного загрязнения реки, видимо, нельзя исключать и в настоящее время, так как использование ядохимикатов на орошаемых полях постепенно возрастает по всей территории Республики.

Таблица 10

Содержание некоторых тяжелых металлов в воде р. Арыс, мкг/дм³

Элемент	ПДК _{рыбохоз.}	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
Свинец	100	2595	2620	2658	2600
Хром	20	162	168	177	210
Никель	10			88	72
Молибден	1,2			53	
Медь	1			14	
Олово	20			9	

Водные ресурсы данной реки подвергаются достаточно высокому загрязнению тяжелыми металлами, что видно из данных табл. 10. Однако в использованных материалах РГП «Казгидромет» не указаны причины такого роста концентрации элементов. Очевидно, в бассейне реки появились какие-то источники загрязнения речных вод металлами. Природные факторы, приводящие к повышению концентрации металлов в поверхностных водах, как известно, проявляются в пределах рудоносных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А., Бражникова Л.В. Методы расчета ионного стока // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т. 35. – С. 135-148.
2. Амиргалиев Н.А., Гоголь Л.А., Жексенбай Е., Саянов С.Е. Режим гидрохимических показателей р. Сырдарья в условиях антропогенных воздействий // Экология и гидрофауна трансграничных бассейнов Казахстана. – Алматы: Бастау, 2008. – С. 82-92.
3. Амиргалиев Н.А., Гоголь Л.А., Канагатова Ш.Ч. Оценка трансграничного притока загрязняющих веществ по р. Сырдарья // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – № 12. – 2003. – С. 29-31.
4. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Исбеков К.Б. Рыбное хозяйство Казахстана: состояние и перспективы. – Алматы: 2012. – том XIV. – 670 с.
5. Анализ гидрологического режима трансграничных водотоков и определение его влияния на формирование биоресурсов: Отчет о НИР/НПЦ РК. – Алматы, 2004. – 71 с.

6. Анализ гидрологического режима трансграничных водотоков и определение его влияния на формирование биоресурсов: Отчет о НИР/НПЦ РК. – Алматы, 2005. – 61 с.
7. Боровский В.М., Погребинский М.А. Древняя дельта Сырдарьи и Северные Кзылкумы. – Алматы: Изд-во АН КазССР. – 1959. – Т.11. – 379 с.
8. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК за 2011 г. – Астана, 2012. – 210 с.
9. Информационный бюллетень об экологической и радиоэкологической ситуации в приграничных районах трансграничных рек Республики Казахстан за 2011 год. – Астана, 2012. – 76 с.
10. Кипшакбаев Н.К. Региональные проблемы водного хозяйства. – Алматы: ТОО РПИК «Дәуір», 2004. – 466 с.
11. Корниенко В.А., Стародубцев В.М. Изменение ирригационных качеств речных вод и почвенно-мелиоративных условий в низовьях Сырдарьи и пути рационального использования земельно-водных ресурсов // Вестн. АН КазССР. – 1989. – Т.1. – С. 45-50.
12. Омаров К.А. Экологическая оценка работы орошаемых массивов низовьев реки Сырдарьи // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2001. – № 2. – С. 34-37.
13. Посохов Е.В. Соляные озера Казахстана. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 185 с.
14. Хамидов М.Х. 10 лет межгосударственного вододелиения в бассейне Сырдарьи // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 1. – С. 42-47.

Поступила 11.03.2013

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бүрлібаев
Геогр. ғылымд. докторы	Н.А. Амиргалиев
	И.В. Шенбергер
	А.С. Перевалов
	Д.М. Бүрлібаева

ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ АҒЫНЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРІ, ОЛАРДЫҢ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ӨЗГЕРУЛЕРІ

Бүгінгі күнде Мемлекетаралық үйлестіруші сушарауашылық комиссиясы (МУСК) Сырдария өзенінің проблемаларын қарағанда су сапасы туралы ешқандай келіссөз, шешім қабылдамай отыр. Бар проблемалар тек Сырдария өзенінің ағын суын қараумен шектелуде. Біз білетіндей, Сырдария өзенінің су сапасының көрсеткіштеріне бағынатын болсақ бұл суды ауыз су ретінде емес суармалы жерлерде қолдануына шектеу жасау керек. Сол себептен қарастырылып отырылған ғылыми жұмыс Сырдарияның гидрохимиялық режиміне және токсикологиялық көрсеткіштеріне арналады.

УДК 330.15: 631.67

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев *

Доктор техн. наук

А.Т. Козыкеева *

Канд. техн. наук

А.Д. Рябцев *

Канд. экон. наук

К.Ж. Мустафаев *

**ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫХ НОРМ
ВОДОПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ С
УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

*НОРМА ВОДОПОТРЕБНОСТИ, ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ,
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА, ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА*

Современная деградация речных бассейнов показывает, что нормы орошения сельскохозяйственных культур базируются на создании водоемких технологий, не соответствующих принципам мелиорации сельскохозяйственных земель и экологии. На основе принципов малоотходных и безотходных технологий предложено нормирование водопотребности сельскохозяйственных угодий, обеспечивающих создание ресурсосберегающих технологий орошения.

В настоящее время существенное влияние на экологическое состояние основных компонентов природной системы (водные ресурсы, атмосферный воздух, почва, растительный и животный мир) оказывает деятельность человека, являющегося основным потребителем природных ресурсов.

Сельское хозяйство является главным потребителем водных ресурсов, используя до 30 % от общего забора воды в народном хозяйстве, а на орошение и обводнение расходуется около 70 % от водозабора на нужды агропромышленного комплекса.

Приведенная выше информация свидетельствует о высокой роли водных ресурсов в функционировании не только природных, но и природно-техногенных систем, обеспечивающих продовольственную безопасность человечества. В современное время ежегодно растет объем водопотребления, особенно в отраслях сельского хозяйства, несмотря на то, что

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

источники пресной воды на земле являются ограниченными и в связи с изменением климата, их возобновимый уровень каждый год снижается. С учётом этой тенденции сельское хозяйство должно развиваться при постоянном уменьшении удельного водопотребления. Это возможно реализовать за счёт рационализации водопользования, модернизации оросительных систем, совершенствования систем управления и контроля, информационного обеспечения водораспределения, применения водоэнергосберегающих, экологически безопасных технологий и техники орошения.

Однако в результате хозяйственной деятельности за последнее столетие потребление водных ресурсов в орошаемой земледелии (наряду с другими природными ресурсами) в бассейне Аральского моря возросло с 5300 до 15400 м³/га (табл. 1).

Таблица 1

Динамика орошаемых площадей, водозаборов и коллекторно-дренажного стока в бассейне Аральского моря [7]

Период	К концу периода				Удельный водозабор, м ³ /га	Коллекторно-дренажный сток, км ³
	площадь, млн. га	% засоленных земель	водозабор, км ³	минерализация воды, г/дм ³		
1900...1915	3,246	3...5	10...15	0,3...0,4	2...6	
1916...1931	3,071	5...10	20	0,3...0,5	5,3	
1932...1940	4,337	16...20	26,1	0,3...0,5	6,0	
1941...1950	4,545	25...30	32,1	0,3...0,6	7,1	1...2
1951...1960	4,982	56	40,4	0,3...0,7	8,2	5...6
1961...1970	5,129	56	50,3	0,5...1,0	9,8	10...12
1971...1980	6,127	56	65,8	0,7...1,0	10,7	29...30
1981...1985	6,930	51...60	86,0	1,0...1,25	12,4	32...34
1986...1990	6,920	60...62	106,8	1,0...1,8	15,4	
1991...1995	7,600	62...63	106,4	1,2...1,8	14,0	29,6
1996...2000	7,990	63...64	94,7	1,4...1,8	11,9	
2001...2005	7,983	64...65		1,4...1,8		

Следует отметить, что произошло снижение объема безвозвратного водопотребления, увеличение объемов загрязненных возвратных вод и, как следствие, загрязнение водных объектов. Наблюдается низкая эффективность использования водных ресурсов в сельском хозяйстве, оцениваемая удельным водозабором для орошения.

Не способствует эффективному использованию всех видов ресурсов (включая водные) в сельском хозяйстве (орошаемом земледелии) и действующая нормативно-методическая база, т.е. методика и принцип нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий. Кроме того, действующими нормативно-методическими документами предусматривается промывной режим, размер которого составляет 10...25 % от величины оросительной нормы [2, 9].

Затраты оросительной воды, необходимые для поддержания благоприятного водно-солевого режима почв, возрастали по мере увеличения ее минерализации. Закономерность увеличения оросительной нормы (O_p) по мере роста минерализации оросительной воды (C_2) можно раскрыть, преобразовав формулу С.Ф. Аверьянова [1]:

$$\bar{O}_p = O_p / (E - O_c) = \{ [1 / (1 - \bar{C}_2)] [(\bar{C}_o - 1) / \bar{\Delta}] + 1 \},$$

где $\bar{C}_2 = C_2 / C_{дон}$; $\bar{C}_o = C_o / C_{дон}$; $\bar{\Delta} = \Delta / \lambda \cdot m$; \bar{C}_2 – минерализация оросительной воды; \bar{C}_1 – минерализация грунтовых вод; $C_{дон}$ – допустимая минерализация почвенного раствора; Δ – глубина грунтовых вод; λ – параметр гидродисперсии; m – пористость почвы.

Как видно из формулы С.Ф. Аверьянова, чем ближе к поверхности грунтовые воды и чем выше их минерализация, тем больше величины оросительных норм. Из формулы С.Ф. Аверьянова, как частный случай, вытекает зависимость оросительной нормы \bar{O}_p от глубины уровня грунтовых вод $\bar{\Delta}$, когда грунтовые воды пресные ($\bar{C}_1 = 0$) и орошение ведется пресной водой ($\bar{C}_2 = 0$): $\bar{O}_p = 1 - (1 / \bar{\Delta})$.

При минерализованных грунтовых водах зависимость оросительной нормы \bar{O}_p от минерализации поливной воды (\bar{C}_2) имеет следующий вид: $\bar{O}_p = O_p / (E - O_c) = 1 / (1 - \bar{C}_2)$.

Аналогичная зависимость для определения почвенно-мелиоративной нормы орошения земель предложена сотрудниками Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства, которая имеет вид:

$$O_p^m = (O_p - E \cdot K_c \cdot K_c) / K_m,$$

где O_p^m – оросительная норма, обеспечивающая мелиоративное благополучие орошаемых земель, м³/га; O_p – оросительная норма (нетто) при благоприятных почвенно-мелиоративных условиях; E – суммарное водопотребление; K_c – коэффициент, учитывающий долю возможного использования грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных культур; K_c – коэффициент, учитывающий размеры допустимого участия грунтовых вод в субиригации при изменении их минерализации; K_m – мелиоративный коэффициент, учитывающий степень засоления и соленотдачи почв в зоне аэрации.

При этом с одной стороны, с ростом минерализации грунтовых вод величина коэффициента, учитывающая размеры допустимого участия грунтовых вод в субиригации стремится к нулю, т.е. $C_1 \rightarrow \infty$, $K_c \rightarrow 0$, с другой стороны, с ростом степени засоления почвы ($S \rightarrow \infty$), значения мелиоративного коэффициента стремится к нулю ($K_m \rightarrow 0$).

Таким образом, использование биологических оросительных норм неизбежно приводит к искусственному завышению проектного (планового) объема водозабора на орошение и рост нагрузки на природную среду (загрязнение водных объектов, эрозия, засоление и осолонцевание почв, подъем уровня грунтовых вод, сработка запасов и ухудшение состава гумуса, снижение природного плодородия почв и т.д.), и противоречит принципам безотходных и малоотходных технологий, являющихся основой создания ресурсосберегающих технологий орошения.

На основе закона пирамиды энергии Р. Линдемана, можно сформировать пирамиду нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий: транспирация растительного покрова, экологическая водопотребность сельскохозяйственных угодий, биологическая водопотребность сельскохозяйственных культур, почвенно-мелиоративная водопотребность агроландшафтов, обеспечивающих регулирование мелиоративного режима почвы [3].

Ретроспективный анализ научного обоснования нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий показывает, что с целью получения рекордных урожаев, за счет создания комфортных условий для растений, были нарушены основные принципы водосбережения в системе природопользования и мелиорации сельскохозяйственных земель. Вместо того, чтобы искать пути ликвидации физического испарения в составе сум-

марного водопотребления, всегда стремились к его увеличению, с оговорками комплексного регулирования основных факторов среды обитания были направлены не для познаний причины ухудшения почвенно-мелиоративного состояния агроландшафтов, а борьбы со следствием.

На основе принципов создания водоемких технологий орошения разработаны «Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР» [10] и «Отраслевые нормативы удельных затрат воды при регулярном и лиманном орошении по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан» [6], а также в стратегии перспективного развития бассейна Аральского моря, где базовые нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий составляют 11700...14000 м³/га и национальном плане – 9200...1040 м³/га [8], что превышает в полтора раза испаряемость соответствующих энергетических ресурсов региона. По сценарию сохранения существующих тенденций социально-экономического развития и технологии орошения – общее потребление водных ресурсов в бассейне Аральского моря составляет 108,4 км³ в год, в том числе на орошение 96 км³ в год (удельное водопотребление на орошение 12 тыс. м³/га и площадь орошаемых земель 7,85 млн. га), в промышленности – 3,05 км³ и хозяйственно-питьевое водоснабжение – 6 км³ в год. При этом, предназначенные для орошения 96 км³ воды в год непосредственно для формирования биологической массы сельскохозяйственных культур участвуют только 50 %, т.е. около 52,4 км³ в год теряется в технологическом процессе орошения на физическое испарение, потери на фильтрацию, сброс с орошаемого участка и дренажного стока воды, которые резко нарушили практически все естественные процессы в бассейне Аральского моря: изменился режим постоянных и временных водотоков речных систем, многократно усилились геохимические потоки за счет вовлечения в активный круговорот огромных массы солей, ранее «захороненных» природой. В результате, получив в процессе природопользования в системе мелиорации сельскохозяйственных земель невиданное могущество, и противопоставив себя законам природы, человек боролся не с причинами, а со следствиями, которые никогда не дают положительного результата человеческой деятельности.

Ключевыми моментами экологических требований является необходимость оценки экологической значимости составляющих элементов водного баланса агроландшафтов и их средообразующих функций при мелиорации сельскохозяйственных земель.

Для этой оценки можно использовать следующее уравнение [4, 5]:

$$E = (T + I) = \Delta W + O_c + (\overline{P} - \overline{O}) - (\underline{P} - \underline{O}) + O_p \pm g + D_p + \Phi + p,$$

где $\Delta W = O_{o-z-v}$ – продуктивная почвенная влага, образующаяся из осенне-зимне-весенних атмосферных осадков (зеленая вода); O_c – атмосферные осадки за вегетационный период (зеленая вода); $O_{en} = O_{o-z-v} + O_c$ – объем естественной продуктивной влаги (зеленая вода); $\Delta P = (\overline{P} - \overline{O})$ – результирующий поверхностный сток, формирующийся в результате притока и оттока поверхностного стока (желтая вода); $\Delta O = (\underline{P} - \underline{O})$ – результирующий подземный сток, формирующийся в результате притока и оттока подземного стока (желтая вода); g – влагообмен между грунтовыми и почвенными водами (красная вода); $E = T + I$ – суммарная водопотребность сельскохозяйственных угодий, которая состоит из транспирации растительного покрова (зеленая, голубая вода) и физического испарения (белая вода); $O_p^{bp} = O_p \pm g + D_p + \Phi$ – компенсирующая норма брутто потребности растительного покрова (голубая вода) для покрытия дефицита водопотребления сельскохозяйственных угодий, которая зависит от технологического процесса орошения; D_p – дренажный сток; Φ – фильтрационные потери из оросительной сети; p – водообмен между грунтовыми и нижележащими межпластовыми водами (положительное направление – вверх).

В деятельности естественных и антропогенных процессов в ландшафтных и агроландшафтных системах зеленые и голубые воды в зависимости от режима их функционирования, трансформируются в белые, желтые и красные воды.

При этом белая вода (I) практически не участвует в формировании биологических масс растительного покрова, но оказывает косвенную деятельность в их жизнедеятельности. Желтая вода (ΔP) и (ΔO) также практически не участвует в процессе формирования биологических масс растительного покрова, но она формируется в следствие естественного гидрологического процесса. Красная вода, то есть фильтрационные потери из оросительной сети (Φ), дренажного стока (D_p) и фильтрационного стока в процессе аккумуляции голубой воды в почвенных слоях (g),

которая появляется и формируется в результате технологического процесса орошения.

Следовательно, белая (I), желтая (ΔI и ΔO) и красная (Φ , D_p и g) воды, практически не принимают участие в формировании биологических масс растительного покрова, а последние две активно участвуют в разрушении экологической устойчивости природной системы, т.е. их коэффициент полезного действия для сельскохозяйственного производства равен нулю.

Закон «отрицание отрицания», один из основных законов диалектики, характеризующий направление, форму и результат процесса развития, причины и следствия связи в системе природопользования и дает возможность понимания и познания правильности и неправильности принятых решений. Согласно этому закону, развитие любых технологических процессов в области мелиорации осуществляется циклами, каждый из которых состоит из трех стадий: исходное состояние объекта исследования, его превращение в свою противоположность (отрицание), превращение этой противоположности в свою противоположность (отрицание и отрицания). Закон взаимоперехода количественных и качественных изменений раскрывает механизм формообразования нового, еще не существующего. С такими закономерностями развивалась теория нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий. При этом единство и противоположность законов диалектики обеспечивает понимание системности развития внутри расчленяющей целостности природного процесса, что определяет необходимость пересмотра принципа нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий, так как он должен осуществляться в пределах экологической емкости природной системы, характеризующих их качественное состояние.

Для приведения нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий экологическим требованиям есть один путь – формирование этих требований представлять в виде ограничений целевой функции. Орошение сельскохозяйственных культур должно проводиться таким образом, чтобы было исключено негативное влияние на окружающую среду (ограничения функции цели), т.е. орошение обеспечивало бы интенсивность и направленность почвообразовательного процесса соответственно эволюционному при максимальном использовании солнечной энергии на почвообразовательный процесс, с минимальными затратами

водных ресурсов для формирования биологических масс сельскохозяйственных культур.

Следовательно, данные обстоятельства предопределяют необходимость введения новых понятий:

– «нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{ниж}$)», то есть начальные условия нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий;

– транспирационные способности растений, обеспечивающие формирование биологических масс (T);

– «верхний предельно допустимый уровень нормы водопотребности ($O_p^{верх}$)», т.е. их конечные условия;

– экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающих целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях.

В связи с этим при экологическом обосновании мелиорации сельскохозяйственных земель, с учетом экологических факторов, предлагаются три уровня конечных целей нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий, на основе экосистемных подходов к природообустройству:

– 1-й уровень (биоландшафтный) – сохранение благоприятной экологической обстановки в пределах агроландшафта, на основе обеспечения дозированной водоподачи, соответствующей транспирационной способности растений (T_i);

– 2-й уровень (агроландшафтный) – сохранение динамического экологического равновесия в пределах агроландшафта, на основе адаптивно-ландшафтных систем мелиораций, обеспечивающих экологически устойчивые агросистемы:

$$\left(\sum_{i=1}^n T_i \cdot \alpha_i + \sum_{i=1}^n O_{pi} \cdot \alpha_i + \sum_{i=1}^n O_{pi}^э \cdot \alpha_i \leq O_{pcp}^э \right);$$

– 3-й уровень (агроэкосистемный) – обеспечение оптимальных затрат энергии на почвообразования и получение соответствующих им урожаев сельскохозяйственных культур в агроландшафтных системах ($O_p^э$).

Все это свидетельствует о том, что нормирование водопотребности сельскохозяйственных угодий в орошаемом земледелии представляет собой

не столько технологическую, сколько сложную эколого-экономическую проблему. Это необходимо для обоснования плана водопользования хозяйственных систем, включая оптимизацию структуры севооборота (культурооборота) и технологии орошения и в конечном итоге создание устойчивых агроландшафтов, ориентированных на ресурсосберегающие и экологически безопасные производства, обеспечивающие высококачественную продукцию в объемах, соответствующих природному потенциалу региона и сохранению и воспроизводству природных ресурсов.

Определим техническую и экологическую значимость, т.е. нижний порог предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{ниж}$) – транспирация растениями, обеспечивающая формирование биологической массы (T) и необходимая для разработки техники и технологии орошения нового поколения обеспечивающей нормирование водоподачи к корнеобитаемому слою почвы в течение вегетационного периода, соответственно транспирационной способности сельскохозяйственных культур. Верхний предельно-допустимый уровень нормы водопотребности ($O_p^{верх}$) – экологическая норма водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающая целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях при мелиорации [9, 10].

При этом с учетом цикличности возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте (культурообороте) в ротационный период нижний ($O_p^{ниж}$) и верхний ($O_p^{верх}$) порог предельно-допустимого уровня нормы водопотребности будут равны:

$$O_{pc}^{ниж} = \sum_{i=0}^n T_i \cdot \alpha_i \text{ и } O_{pc}^{верх} = \sum_{i=1}^n O_{pi}^э \cdot \alpha_i,$$

где T_i – транспирационная способность i -ой сельскохозяйственной культуры в севообороте; $O_{pi}^э$ – экологическая норма водопотребности i -ой сельскохозяйственной культуры в севообороте; α_i – доля участия i -ой сельскохозяйственной культуры в севообороте.

Для оценки направленности и интенсивности почвообразовательного процесса на орошаемых землях в ротационный период возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте (культурообороте) можно

использовать универсальный гидротермический показатель, т.е. гидротермический индекс (\bar{R}), так как, во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности растений; во-вторых, определяет, в значительной степени, условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий и, в – третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности:

$$\bar{R} = \frac{R}{L(O_c + O_{pc}^{ниж})} = \frac{R}{L(O_c + O_{pc}^{верх})} > 0,7 - 0,8,$$

где O_c – атмосферные осадки, мм; L – скрытая теплота парообразования (кДж/см²).

По степени транспирационной способности растений (T_i), экологическому дефициту водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3) и биологическому дефициту водопотребности сельскохозяйственных культур (O_{pi}) при планировании водопользования хозяйственных систем можно определить степень экологической опасности принимаемых технологий орошения:

– экологически опасная, когда планирование водопользования в хозяйственных системах базируется только на биологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных культур (O_{pi}) в орошаемых агроландшафтах, что ведет к ускорению геологического круговорота, изменению геохимических потоков, ухудшению качеств водных и земельных ресурсов;

– экологически умеренно опасная, когда планирование водопользования в хозяйственных системах базируется на экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3) и биологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных культур (O_{pi}), которые не обеспечивают целенаправленного регулирования и управления почвообразовательными процессами на орошаемых агроландшафтах;

– экологически безопасная, когда планирование водопользования в хозяйственных системах базируется на экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3), который обеспечивает полное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых агроландшафтах, с учетом амплитуды природных ритмов естественного увлажнения;

– экологически малоопасная, когда планирование водопользования в хозяйственных системах базируется на транспирационной способности растений (T_i) и экологическом дефиците водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3), которые не обеспечивают полное использование энергетических ресурсов природной системы на почвообразовательный процесс орошаемых агроландшафтов.

При этом для оценки экологической опасности нормы водопотребности сельскохозяйственных культур (K_i) можно использовать соотношение площади земель в севообороте (F_i) орошаемых нормами транспирационной способности растений (T_i), экологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3) и биологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур (O_{pi}) к общей площади севооборота (F_i), т.е.:

$$KT_i = FT_i / F_o; \quad KO_{pi}^3 = FO_{pi}^3 / F_o; \quad KO_{pi} = FO_{pi} / F_o;$$

$$KT_i + KO_{pi}^3 + KO_{pi} = 1,0,$$

где FT_i – площадь земель в севообороте орошаемых нормами транспирационной способности растений (T_i); FO_{pi}^3 – площадь земель в севообороте орошаемых нормами экологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_{pi}^3); FO_{pi} – площадь земель в севообороте орошаемых нормами биологического дефицита водопотребности сельскохозяйственных культур (O_{pi}).

На основе предложенного метода разработаны регламентации для совершенствования принципов планирования и реализации водопользования хозяйственных систем (табл. 2).

Таким образом, экологическая предельно-допустимая норма водопотребности сельскохозяйственных угодий определяется на основе совместного учета почвенных условий, и регулирования биологического и геологического кругооборотов. Она может быть использована при обосновании параметров оросительных систем в проектах нового строительства, реконструкции действующих систем и при обосновании эксплуатационных режимов работы оросительных систем, что требует полностью преду-

смотреть отраслевые нормативы удельных затрат воды при регулярном орошении по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан.

Таблица 2

Количественная оценка экологической опасности применения различных норм водопотребности сельскохозяйственных культур в агроландшафтных системах

Степень экологической опасности	Коэффициент экологической опасности нормы водопотребности сельскохозяйственных культур		
	KT_i	KO_{pi}^o	KO_{pi}
Опасная	–	–	1,00
Умеренно опасная	–	> 0,50	< 0,50
Мало опасная	> 0,50	< 0,50	–
Безопасная	–	1,00	–

В заключение необходимо отметить, что предложенный метод позволяет обеспечить экологическую безопасность агроландшафтных систем при высокой эффективности использования не только водных, земельных, трудовых, материальных, энергетических и временных ресурсов, а также ресурсного потенциала природной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990.
2. ВСН 33-2.2.03-86. Дренаж на орошаемых землях. – М.: МВХ, 1986.
3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. – 318 с.
4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рябцев А.Д. Методологические основы нормирования водопотребности агроландшафтов // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России: Матер. Междунар. научно-практ. конф. – М, 2009. – С. 261-266.
5. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 528 с.
6. Отраслевые нормативы удельных затрат воды при регулярном и лиманном орошении по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан. – Астана, 2008. – 72 с.
7. Решеткина Н.М. Бассейн Аральского моря – саморегулирующаяся природная система // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – №9. – С. 3-7.

8. Рузиев М.Т., Приходько В.Г. Оценка перспектив устойчивого развития государств бассейна Аральского моря с помощью модельных расчетов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – №1. – С. 54-57.
9. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – М.: МВХ, 1986.
10. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. – М., 1984 – 345 с.

Поступила 15.07.2013

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкеева
Техн. ғылымд. канд.	А.Д. Рябцев
Экон. ғылымд. канд.	Қ.Ж. Мұстафаев

**ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
ФАКТОРЛАРДЫ ЕСЕПКЕ АЛА ОТЫРЫП АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ
ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ЖЕРЛЕРДІҢ СУҒА СҰРАНЫСЫНЫҢ
ШЕКТЕУЛІ МӨЛШЕРІН НЕГІЗДЕУ**

Қазіргі кезеңдегі өзен алабының дағдырысқа тап болу жағдайы көрсеткендей, ауылшаруашылық дақылдарының сугару мөлшері суды ысыраппен пайдалану технологиясына негізделген, ал ол ауылшаруашылық жерлерді мелиорациялаудың және экологияның ұстамдарына сай келмейді. Аз қалдықсыз және қалдықсыз технологияның ұстанымдарына негізделген, суды үнемдеуді қамтамасыз ететін сугару технологиясы құруға арналған, ауыл шаруашылық алқаптың суды тұтыну шамасын мөлшерлеудің ұстанымдары ұсынылған.

УДК 556.574.550.4

А.С. Мукашева *

Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева *

**ОЦЕНКА УРОВНЯ БИОНАКОПЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В
ГИДРОБИОНТАХ ОЗЕРА БАЛХАШ.****Сообщение 3. Водная растительность и ее роль в седиментации и
транзите тяжелых металлов из воды в донные отложения***НАКОПИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ, МАКРОФИТЫ, ФИТО-
ПЛАНКТОН, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДИНАМИКА,
БИОМАССА*

В статье представлен анализ степени накопления тяжелых металлов водной растительностью: фитопланктоном и макрофитами. Изучена многолетняя динамика аккумуляции тяжелых металлов растениями в экосистеме озера Балхаш. Определены некоторые закономерности в распределении тяжелых металлов в растениях, в зависимости от антропогенного загрязнения водоема.

Изучение содержания и динамики тяжелых металлов в экосистеме оз. Балхаш является одной из актуальнейших проблем в связи с существующим техногенным прессом на водоем. Данная статья посвящена накоплению тяжелых металлов в фитопланктоне и макрофитах оз. Балхаш. Материал, представленный в обобщающем виде, является результатом наших исследований в 2001...2011 гг. Для характеристики многолетней динамики бионакопления микроэлементов использованы фондовые материалы исследований в 1992...1994 гг.

В биологической продуктивности водоемов большую роль играют водоросли и высшие водные макрофиты. Они, как создатели первичной продукции водоемов, способствуют повышению продуктивности других трофических цепей водной экосистемы. Водными макрофитами питаются свыше 500 видов водных животных. Фитомасса в пищевом рационе многих рыб составляет 40...100 % (каarp, белый амур, толстолобик) [7].

* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

Растения, также участвуют в равновесных процессах перераспределения тяжелых металлов в системе [6]. Фитопланктон и макрофиты способны накапливать в своем составе широкий спектр микроэлементов, переводя их растворимые формы в труднорастворимую, выпадающую на поверхности растений, а затем с частями отмерших растений и на дно водоема [3].

Фитопланктон, являясь первым звеном трофической цепи и одним из основных продуцентов органического вещества в водоеме, непосредственно определяет структуру функционирования водных экосистем. Загрязняющие вещества ассимилируются водорослями, что предопределяет их роль в процессах самоочищения и оценке состояния водоема [4].

В крупных формах фитопланктона, представленных сине-зелеными и диатомовыми водорослями, активно накапливается марганец в концентрациях 133...463 мг/кг, с коэффициентами накопления 31...112. В меньших концентрациях – от 3,3 до 45 мг/кг кумулируются медь, цинк, свинец, с коэффициентами накопления в пределах 13...65. В небольших количествах 0,40...2,40 мг/кг содержится никель и кадмий, мышьяк обнаружен в количестве 0,17...0,20 мг/кг. Исследования, выполненные в 1992...1994 гг., также регистрировали значительное накопление марганца до 449 мг/кг, в меньших количествах присутствовали медь, цинк, никель, свинец, в пределах 11,2...16,8 мг/кг, с коэффициентами накопления никеля и марганца в пределах 101...105, меди, свинца и цинка до – 51,4. Как показали анализы, заметных изменений в кумуляции тяжелых металлов фитопланктоном в многолетнем аспекте не выявлено.

Динамика распределения водорослей по акватории озера имеет неравномерный характер, что обусловлено различной минерализацией воды западной и восточной частей, содержанием биогенов, термическим режимом, а также изменениями величины прозрачности с запада на восток. Антропогенные факторы, воздействуя на водоем, образуют зоны загрязнения, где нарушаются естественные гидрохимические и гидробиологические процессы. По данным исследований Л.П. Пономаревой [1], в зоне сильного загрязнения экосистемы тяжелыми металлами, включающей бухту Бертис и залив Торангалык, видовой состав водорослей немногочислен и представлен 5...10 видами. Биомасса фитопланктона в этих заливах невысокая и составляет 0,2...0,3 г/м³. На акватории не загрязненной воздушными выбросами биомасса фитопланктона значительно выше и составляет 1,4...1,7 г/м³, видовой состав фитопланктона более разнообразен.

Виды фитопланктона – индикаторы загрязнения в Западном Балхаше составляют 34 % от общего количества, в Восточном – 39 %. В заливах, подверженных техногенному воздействию (б. Бертыс и залив Торангалык), количество видов-показателей загрязнения составляет 90 % от их общего количества. Анализ многолетних исследований свидетельствует, что техногенное загрязнение отдельных заливов приводит к обеднению видового состава и снижению показателей биомассы фитопланктона, что в конечном итоге способствует снижению рыбопродуктивности данных участков.

Значительную роль в очищении воды от тяжелых металлов выполняют макрофиты. Макрофиты занимают важную экологическую нишу: это и среда обитания для многих животных, и пища для них, и место нагула рыб. Их прибрежные заросли создают благоприятные условия для осаждения взвешенных веществ, часть седиментов, скапливаясь на поверхности растений, образуют органо-минеральные комплексы, которые затем поступают в донные отложения. Другая часть подвергается деструкции водными организмами. Однако, в связи с вышеперечисленными положительными свойствами, растения накапливают в себе токсиканты и при отмирании вторично способны загрязнять водную среду и донные отложения.

Нами были обследованы растения из всех районов озера. Воздушно-водные представлены тростником, рогозом, камышом; погруженные – водной сосенкой, роголистником, нитчаткой; плавающие – рдестом, ряской.

Все представленные растения накапливают тяжелые металлы примерно в одинаковых соотношениях. Уровень накопления меди находится в пределах от 5,78 мг/кг до 9,03 мг/кг, цинка от 11,08 мг/кг до 22,06 мг/кг, свинца от 0,92 мг/кг до 2,29 мг/кг, кадмия от 0,08 до 0,18 мг/кг, никеля от 0,90 до 2,65 мг/кг. Анализы показали, что больше всего в растениях содержится цинка – более 50 %, медь составляет 22...29 %, свинец и никель находятся примерно в одинаковых соотношениях (4...5 %). Содержание кадмия составляет минимальный процент – 0,4...0,5.

Среди макрофитов приоритетными накопителями тяжелых металлов являются погруженные растения топняк (хара) и нитчатка. Концентрация меди в отдельных экземплярах может достигать до 37...94 мг/кг, цинка – до 48...54 мг/кг, свинца – до 23 мг/кг, кадмия – до 1,3, что в 1,2...1,5 раза выше, чем в плавающих растениях и в 1,7...2,4 раза, чем в воздушно-водных. Из плавающих доминирует по накоплению цинка и меди – ряска; из погруженных больше накапливают свинца, меди и цинка харовые водоросли; нитчатка больше кумулирует цинк; из воздушно-

водных растений менее загрязнен камыш. Содержание мышьяка в макрофитах невысокое 0,10...0,15 мг/кг, для сравнения в Европейской части СССР он был обнаружен в количестве 0,15...0,40 мг/кг, а в Азиатской части в пределах 0,26...1,4 мг/кг [2].

Установлено, что водная растительность оз. Балхаш аккумулирует металлы в следующей последовательности: $Zn > Cu > Ni > Pb > Cd > As$. С.М. Романовой представлена несколько иная последовательность расположения металлов в растениях $Mn > Zn > Cd > Cu > Pb$ в экосистеме оз. Балхаш [5].

Из литературных источников [6] следует, что полупогруженные высшие водные растения с мощными корневыми системами выносят из воды и аккумулируют в донных отложениях большое количество металлов, нами исследована корневая система жесткой водной растительности – тростника и мягкой – рдеста на накопление в них тяжелых металлов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в корневой системе и верхней части растений бухты Бертыс, мг/кг

Растения	Zn	Сu	Pb	Cd	As
Надводная часть тростника	69,6	16	49,8	0,6	0,10
Корневая система тростника	123	183	1050	3,2	0,10
Стебли, листья рдесты	72,8	38,6	28,4	0,6	0,10
Корневая система рдеста	133	175	1312	2,2	0,10

Анализ показал, что корневая система, как жесткой водной растительности – тростника, так и мягкой – рдеста накапливает значительно больше тяжелых металлов, чем надводная часть и стебли растений. Так, цинка в 1,8 раза, меди – 4,5...11,4 раза, свинца – 21...46 раз, кадмия – в 3,7...5,3 раза. Такая способность корневой системы аккумулировать тяжелые металлы еще больше усиливает роль этих растений в процессах самоочищения водоема. Пространственная динамика тяжелых металлов в водных растениях выражена слабо, определенной зависимости от токсикологического режима водной среды не выявлено (табл. 2).

Однако, материалы многолетних исследований свидетельствуют о более высокой концентрации в растениях меди, свинца и цинка в IV гидрохимическом районе, в большей степени подверженному техногенному загрязнению. Вследствие этого, содержание тяжелых металлов в растениях Западного Балхаша ненамного выше, чем в Восточном: меди – в 1,3 раза, цинка, свинца – в

1,1 раза. Никель и кадмий в Западном и в Восточном Балхаше находится в одинаковых количествах 1,67...1,75 мг/кг и 0,69...0,70 мг/кг соответственно.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в водных растениях по станциям оз. Балхаш, мг/кг

Станция	Вид	Си	Zn	Pb	Cd	Ni
Тасарал	воздушно-водные	7,54	22,06	1,65	0,15	2,51
Гульшад	воздушно-водные	6,66	19,13	1,79	0,08	2,93
	погруженные	9,03	15,30	1,29	0,18	0,90
Торангалык	воздушно-водные	7,65	18,14	2,07	0,11	2,47
	погруженные	7,86	12,42	1,25	0,15	1,15
Бертыс	воздушно-водные	5,78	15,8	1,57	0,09	2,22
	погруженные	8,54	11,08	0,92	0,11	0,85
Малый Сары-Шаган	воздушно-водные	7,49	18,31	2,29	0,11	2,65
Акжайдак	воздушно-водные	8,45	14,76	1,65	0,18	2,45

Многолетняя динамика по накоплению металлов водной растительностью выражается в следующем: по сравнению с 1992...1994 гг. снизилась концентрация меди в 1,3...1,5 раза, цинка – в 4 раза, никеля сократилась в 2,0...2,2 раза, а содержание свинца увеличилось почти в 2 раза (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание микроэлементов в макрофитах оз. Балхаш

Компоненты	Содержание в растениях, мг/кг	
	1992...1994 гг.	2011 г.
Медь	11,57	7,67
Цинк	6,69	1,61
Свинец	8,34	16,3
Никель	4,22	2,01

Таким образом, водные растения накапливают тяжелые металлы и участвуют в седиментации и транзите загрязнителей из водной среды в донные отложения озера, тем самым осуществляют важную роль в процессах очистки водоемов. В оз. Балхаш из водных растений большей накопительной способностью обладают погруженные – хара и нитчатка, плавающие – ряска. Из воздушно-водных менее загрязнен камыш. Выявлено, что в районах более подверженных загрязнению содержание тяжелых металлов в растениях больше, чем в менее загрязненных участках озера. Приоритетными накопителями являются цинк, медь и свинец. По сравнению с данными 1994 года, в результате прекращения в 1995 году промышленных сбросов в озеро и подъема уровня воды, с 1998 года заметно снижение концентрации тяжелых металлов в выс-

шей и низшей водной растительности, что способствует как обогащению их видового состава, так и росту показателей биомассы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асылбекова С.Ж., Воробьева Н.Б., Лопарева Т.Я., Пономарева Л.П., Хузина Г.Г., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н. Эколого-биологическая оценка озера Балхаш // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана – Алматы, Изд. «Бастау», 2010. – С. 51-54
2. Мониторинг и методы контроля окружающей среды // Под ред. Афанасьева Ю.А., Фомина С.А. – М: Изд. МНЭПУ, 2001. – С. 178-197.
3. Пономарева Л.П., Шаухарбаева Д.С., Лопарева Т.Я. Гидрохимические показатели и фитопланктон как индикаторы трофности оз. Балхаш и водоемов нижней дельты р. Или // Рыбохозяйственные исследования в Республике Казахстан: история и современное состояние. – Алматы: Бастау, 2005. – С. 366-376.
4. Пономарева Л.П., Фокина А.С. Сукцессии фитопланктона оз. Балхаш под антропогенным воздействием // Материалы конф. «Проблема сохранения озера Балхаш и рационального использования его сырьевых ресурсов» – Балхаш: 1992. – С. 63-64
5. Романова С.М. Эколого-химические аспекты загрязнения водных систем Казахстана тяжелыми металлами и другими токсикантами // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №1 – С. 103-114.
6. Смирнова Н.Н. Макрофиты и их роль в процессах седиментации и транзита веществ из воды в донные отложения // Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. – Л.: Наука. 1984. – С. 133-138.
7. Таубаев Т.Т., Бахадирова З. Водная растительность – ценный источник повышения продуктивности рыбоводных водоемов // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. – Ташкент: Изд. «Фан», 1983.

Поступила 31.05.2013

А.С. Мукашева

Геогр. ғылымд. канд. Т.Я. Лопарева

БАЛҚАШ КӨЛІНДЕГІ ГИДРОБИОНТАРДЫҢ УЛЫ ЗАТТАРДЫ ЖИНАҚТАУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ.

3 хабарлама. Су өсімдіктері және олардың седиментациялау және ауыр металдардың судан шөгінділер қабатына тасымалдануындағы ролі

Бұл мақалада су өсімдіктерінің: фитопланктон және макрофиттердің ауыр металдарды жинақтау деңгейі сарапталған. Балқаш көлінің экожүйесінде су өсімдіктерінің көп жылдық жинақтау динамикасы зерттелді. Көлдің антропогендік ластануына байланысты, ауыр металдардың өсімдіктерде таралуының кейбір заңдылықтары анықталған.

УДК 551.482.1

О.В. Савинкова *

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ВОД ОЗЕРА ЗАЙСАН***КАЧЕСТВО ПРИРОДНОЙ ВОДЫ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ,
СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ЖЕСТКОСТЬ, НИТ-
РИТЫ, НИТРАТЫ, ИОНЫ АММОНИЯ, ФОСФАТЫ*

Рассмотрена динамика изменения гидрологического уровня озера Зайсан за 10 лет. Представлен гидрохимический режим водоема за данный период, приведены особенности формирования химического состава воды в зависимости от гидрологического уровня. Проанализирован химический состав вод Тарбагатайского и Курчумского побережья озера, особенности его формирования.

Озеро Зайсан – самое большое озеро в Восточно-Казахстанской области. Оно расположено в тектонической межгорной впадине, заключенной между Южным Алтаем, Саурой и Тарбагатаем. Абсолютная высота котловины водоема – 386 м. Климат резко континентальный, средне-многолетнее количество осадков составляет 347 мм, при этом 57 % всех выпадающих осадков приходится на теплый период года с апреля по октябрь. Основным водотоком, формирующим гидрологический уровень озера, является река Черный Иртыш. Кроме того, в озеро впадают ряд мелких, частично пересыхающих в летний период рек – Кокпекты, Жарма и др. Озеро Зайсан по сути представляет собой собственно озеровидное расширение долины реки Черный Иртыш.

Зайсан относится к категории пресных озёр плотинного типа. В настоящее время входит в состав Бухтарминского водохранилища, около 70 % площади всего водохранилища приходится на площадь озера. Несмотря на большие размеры озера глубины его незначительны и составляют от 4 до 6 м. Только в центре водоема проходит относительно глубокая эрозионная борозда, глубина которой равна 8 м при нормальном подпорном уровне 394,84 м БС, выработанная течением Черного Иртыша. Наиболее высокий гидрологический уро-

* Алтайский филиал ТОО «КазНИИРХ», г. Усть-Каменогорск, ВКО.

вень озера наблюдается летом, когда Черный Иртыш, питающийся талыми водами горных снегов и ледников, наиболее многоводен.

Гидрохимический режим и качество воды озера в основном определяются природными факторами: гидрологическим режимом, составом пород, слагающих водосборную площадь, количеством осадков, выпадающих на водосбор и др. В период весеннего половодья в озеро поступает значительное количество маломинерализованных почвенно-поверхностных вод, поэтому минерализация и химический состав воды в весенний период формируется главным образом за счет минерализации и химического состава почвенно-поверхностных вод.

Период 2003...2012 гг. гидрологический режим можно условно разделить на две категории: годы пониженной водности (2008...2009, 2012 гг., когда среднегодовая отметка гидрологического уровня Бухтарминского водохранилища (включая озеро Зайсан) находилась в пределах 389,82...390,75 м БС) и годы с повышенной водностью (2003...2007, 2010...2011 гг., когда среднегодовое значение гидрологического уровня водохранилища в среднем составило 391,96 м БС). В 2009 г., вследствие падения гидрологического уровня произошло уменьшение площади (S) поверхности озера на 581 км² по сравнению с 2003 г., самым многоводным за рассматриваемый период (рис. 1).

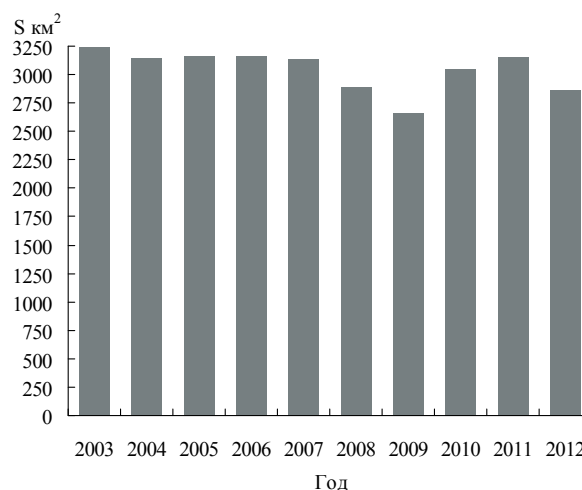


Рис. 1. Динамика изменения площади озера Зайсан.

Для определения качества воды по гидрохимическим показателям проводились исследования преимущественно в весенне-летний, летний и летне-осенний период 2003...2012 гг. по всей акватории озера Зайсан. Сетка отбора проб составлялась с учетом наличия биотопического разно-

образия, площадей различных частей озера, нерестилищ и мест нагула рыб, а также расположения рыбопромысловых участков. Отбор проб осуществлялся из поверхностного горизонта воды в соответствии с общепринятыми методиками [1, 2, 7]. В отобранных пробах исследовались физико-химические свойства, газовый режим, ионный и биогенный состав [4, 5]. Определение содержания растворенного в воде кислорода производилось на месте кислородомером АНИОН-7040, водородного показателя – рН-метром рН-150МИ.

Определение группы воды по жесткости осуществлялось по ГОСТ 17.1.2.04-77 [3], класса воды по минерализации и содержанию основных ионов по О.А. Алекину [1]. Содержание гидрокарбонатов проводили титриметрическим методом с использованием соляной кислоты и индикатора метилоранжа, хлоридов – аргентометрическим методом, сульфатов – методом турбидиметрии [6].

Содержание фосфатов и соединений азота определялось фотометрическими методами. Аммонийный азот определяли с помощью реактива Несслера, нитритный азот – с помощью реактива Грисса. Определение фосфат-ионов проводилось с помощью молибдата аммония с калием сурьмяно-виннокислым в кислой среде с последующим восстановлением фосфорно-молибденового комплекса аскорбиновой кислотой [6].

По классификации О.А. Алекина, вода озера Зайсан относится к категории маломинерализованных вод, гидрокарбонатно-кальциевому классу II типа. Уменьшение значения общей минерализации характерно для периодов повышенной водности, увеличение – в годы малой водности (2008 г.), что вероятнее всего вызвано процессами концентрирования. При этом можно отметить, что значения общей минерализации воды на Тарбагатайском побережье выше, чем на Курчумском, что в первую очередь связано с достаточно близким к поверхности залеганием подземных вод [3].

Вода озера Зайсан по классам жесткости в 2004, 2007...2009 гг. классифицировалась как вода умеренной жесткости, за последние три года класс жесткости воды снизился до класса мягких вод (рис. 2). Наименьшими значениями жесткости характеризуется вода Курчумского побережья, наибольшие значения жесткости воды за исследуемый период наблюдались на станциях мыс Волчий, Карсакбай, Тарбагатайского побережья (рис. 3).

Хлорид-, гидрокарбонат- и сульфат-ионы относятся к основным анионам, содержащимся в поверхностных водах в больших количествах.

Можно отметить, что за рассматриваемый период содержание хлорид- и сульфат-ионов увеличивалось в годы с низким гидрологическим уровнем, концентрация же гидрокарбонат-ионов в этот же период, наоборот, уменьшалась (рис. 4).

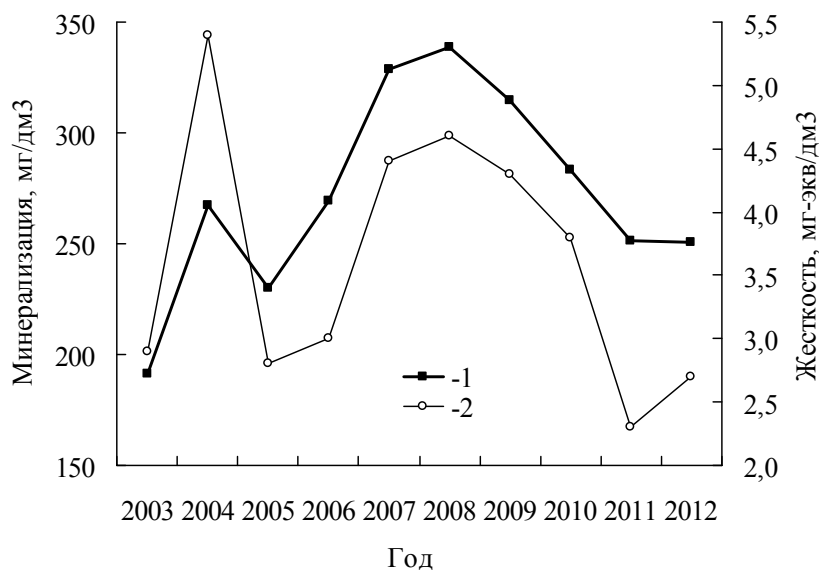


Рис. 2. Динамика значения общей минерализации(1) и общей жесткости(2) воды оз. Зайсан за ряд лет.

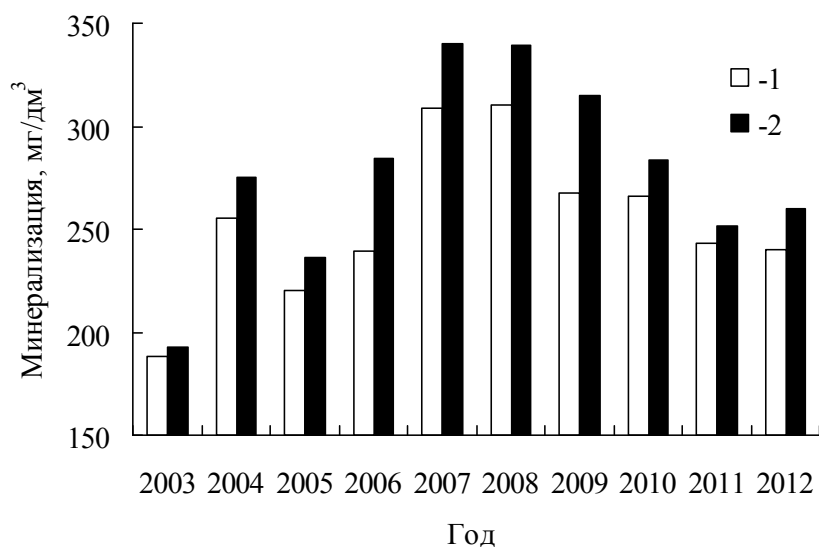


Рис. 3. Изменение значений общей минерализации озера Зайсан в зависимости от района за ряд лет. 1 – Курчумское побережье, 2 – Тарбагатайское побережье.

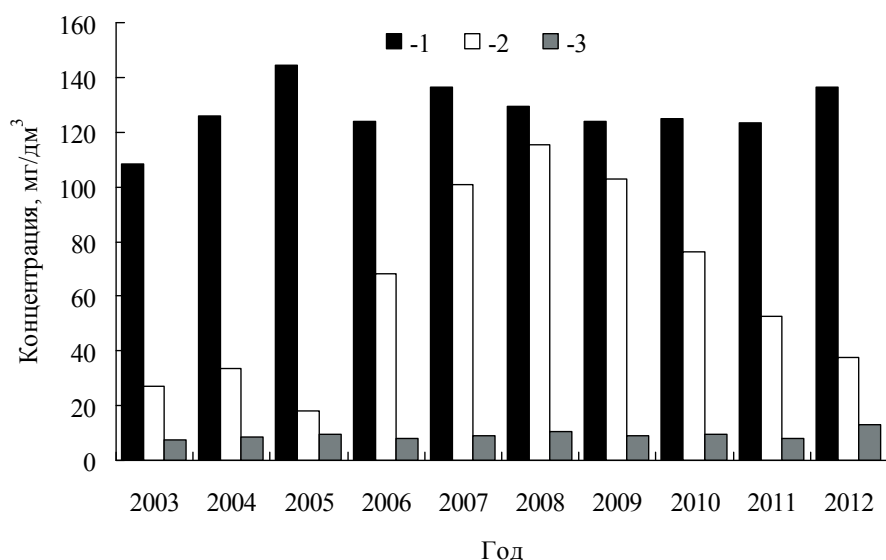


Рис. 4. Динамика содержания основных анионов в воде оз. Зайсан.
1 – гидрокарбонаты, 2 – сульфаты, 3 – хлориды.

В целом по водоему содержание основных биогенных соединений за период 2008...2012 гг. изменялось в достаточно широких пределах – так, периоды повышения содержания аммонийного азота сменялись периодами уменьшения. Наибольшие значения концентрации иона аммония фиксировались в весенний период 2003 г. (9,4 ПДКрх), в летние периоды 2009 г. (7,96 ПДКрх), 2008 г. (6,1 ПДКрх) и в 2011 г. (5,9 ПДКрх), наименьшая – в 2012 г. (табл.). Данная закономерность отмечается и в отношении остальных элементов-биогенов – их содержание так же носит волнообразный характер.

Таблица
Динамика основных гидрохимических показателей озера Зайсан

Год исследования	Растворенный кислород, мг/дм ³	Биогенные соединения, мг/дм ³			
		NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Гарбагайтское побережье					
2012	3,8	0,00	0,12	0,35	0,35
2011	6,9	3,29	0,06	0,02	0,30
2010	6,9	0,42	0,05	0,01	0,43
2009	6,0	2,38	0,09	1,48	0,30
2008	5,6	2,40	0,08	1,65	0,91
2007	6,6	0,00	0,07	1,19	0,40

Год исследования	Растворенный кислород, мг/дм ³	Биогенные соединения, мг/дм ³			
		NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
2006	6,1	3,68	0,04	0,46	0,28
2005	5,9	0,88	0,01	0,06	0,04
2004	5,9	0,73	0,07	0,62	0,04
2003	6,3	0,12	0,01	0,03	0,04
Курчумское побережье					
2012	4,3	0,00	0,14	1,37	0,46
2011	7,5	2,53	0,06	0,08	0,21
2010	7,0	0,92	0,06	0,15	0,37
2009	5,9	5,97	0,08	1,51	0,25
2008	6,1	4,20	0,09	1,68	0,35
2007	5,6	4,60	0,05	0,75	0,30
2006	7,6	1,82	0,04	0,29	0,43
2005	5,7	0,78	0,01	0,04	0,04
2004	5,8	0,83	0,06	0,72	0,05
2003	2,6	0,20	0,01	0,02	0,06
озеро Зайсан (в целом)					
2012	4,0±0,4	0,00±0,0	0,13±0,0	0,82±0,3	0,40±0,0
2011	7,9±0,1	2,95±1,5	0,06±0,0	0,05±0,1	0,26±0,1
2010	6,9±0,1	0,64±0,0	0,05±0,0	0,07±0,0	0,40±0,1
2009	6,0±0,2	3,98±0,4	0,09±0,0	1,49±0,1	0,28±0,0
2008	5,6±0,2	3,05±0,4	0,09±0,0	1,66±0,1	0,71±0,1
2007	6,6±0,2	1,60±0,5	0,07±0,0	1,04±0,1	0,37±0,0
2006	6,1±0,3	3,06±0,6	0,04±0,0	0,41±0,1	0,33±0,0
2005	6,1±0,3	0,86±0,1	0,01±0,0	0,05±0,0	0,04±0,0
2004	5,9±0,3	3,20±0,4	0,07±0,03	0,07±0,03	0,66±0,1
2003	4,5±0,8	4,70±0,4	0,01±0,00	0,01±0,00	0,03±0,0

Увеличение содержания аммонийного азота в маловодные годы (2008...2009) повлекло за собой увеличение концентрации нитритов и нитратов в летний период, образующихся в процессе нитрификации. Увеличение содержания нитритного и нитратного азота в летний период 2012 г. на фоне нулевых значений аммонийного азота дают основание сделать вывод, что в водной среде озера на момент исследовательских работ активно протекали процессы нитрификации. За период 2003...2012 гг. превышение ПДК_{рх} по нитратному азоту зафиксировано не было, превышение ПДК_{рх} по нитритному азоту отмечалось в 2008...2009 гг. (1,1 ПДК_{рх}) и в 2012 г. (1,6 ПДК_{рх}).

Содержание соединений фосфора в воде озера Зайсан, так же, как и содержание соединений азота, является показателем качества водоема.

Повышение концентрации фосфора в воде может быть связано и с накоплением продуктов разложения органических веществ, и свидетельствовать о загрязнении водоема. В период с 2008 по 2009 годы и в 2012 году в условиях низкой водности водохранилища в процессе эвтрофирования происходило увеличение содержания фосфат-ионов.

В целом 2008...2009 гг. характеризовались повышением содержания практически всех ионов-биогенов, что в первую очередь связано с малой водностью в этот период и как следствие, протеканием процессов эвтрофирования.

Важным гидрохимическим и экологическим показателем состояния вод является активная реакция среды (рН), от которой в прямой зависимости находится развитие и жизнедеятельность гидробионтов, устойчивость форм миграции химических элементов и их соединений [2]. Значения рН для озера Зайсан в период повышенной водности находились в нейтральном диапазоне, в маловодные годы – возрастали до слабощелочного диапазона, что в первую очередь вызвано падением гидрологического уровня воды, прогревом воды, и как следствие, бурным развитием сине-зеленых водорослей в летний период.

Концентрация растворенного кислорода в годы повышенной водности находилось в диапазоне 5,9...6,9 мл/дм³. При этом можно отметить, что минимальное содержание растворенного кислорода отмечается в зарослевых участках озера, в изобилии расположенных в приграничных с дельтой реки Черный Иртыш районах и в северо-западной части озера. Снижение растворенного кислорода вызвано активно протекающими процессами гниения высшей водной растительности.

Таким образом, можно сделать вывод, что формирование химического состава воды озера Зайсан находится в прямой зависимости от гидрологического уровня озера. В годы пониженной водности активизируются процессы концентрирования. Это ведет к увеличению степени общей минерализации и общей жесткости, увеличению содержания биогенных элементов, ухудшению газового режима и развитию процессов эвтрофирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёкин О.А. Методы исследования физических свойств и химического состава воды // Жизнь пресных вод СССР. Т. IV. ч.2.. – М.-Л.: 1959. – 302 с.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. Гидрогеохимия Казахстана. / Под ред. В.С. Жеваго. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 192 с.

4. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 18 с.
5. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Винниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. / Справочные материалы – М.: Эколайн, 2000. – 146 с.
6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 542 с.
7. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.

Поступила 3.09.2013

О.В. Савинкова

ЗАЙСАН КӨЛІ СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМДАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУЫН ӨЗГЕШЕЛІКТЕРІ

Зайсан көлінің 10 жылдағы гидрологиялық деңгейінің өзгеру динамикасы қарастырылды. Осы кезеңдегі су айдының гидрохимиялық тәртібі көрсетілген, гидрологиялық деңгейдің судағы химиялық құрамына тәуелділігі және ерекшелігі қарастырылған. Көлдің Күршім және Тарбағатай жағалауындағы судың химиялық құрамы сарапталып, оның ерекшелігінің қалыптасуы айқындалды.

УДК 910.4:504.06

Доктор геогр. наук

М.Е. Бельгибаев *

С.Е. Камышева **

**ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСГРАНИЧНОЙ
БИОСФЕРНОЙ ТЕРРИТОРИИ «АЛТАЙ»**

АЛТАЙ, ТРАНСГРАНИЧНАЯ БИОСФЕРНАЯ ТЕРРИТОРИЯ, ОСОБО ОХРАНЯЕМАЯ ПРИРОДНАЯ ТЕРРИТОРИЯ, КАТУНСКИЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК, КАТОН-КАРАГАЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ПАРК, АЛТАЕ-САЯНСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГИОН

В статье рассматриваются предпосылки и история создания трансграничной биосферной территории «Алтай». Дан анализ проведенного социологического исследования с целью объективной оценки возможности и целесообразности создания исследуемого региона. Выявлены и представлены положительные и отрицательные аспекты создания и развития данной территории.

В последние годы Алтай и особенно его южная часть оказались в центре внимания региональных политиков, экономистов, общественных движений и международных экологических организаций: планируется создание Восточно-Среднеазиатской экономической зоны, строительство автомобильной, а затем железной дороги и, возможно, газопровода между Урумчи и Новосибирском, проходящим через Центральный Алтай. При этом Алтайский регион является одним из важнейших центров биоразнообразия и входит в список 200 глобальных экорегионов мира (по предложению Всемирного фонда дикой природы (WWF)), что, в свою очередь, требует его сохранения, как уникального природного и культурного наследия. По выражению Ю.П. Баденкова, горный массив Алтая, безусловно, можно отнести к числу «последних великих мест мира» [2].

Ройтер В.В. отмечает, что на фоне богатства и красоты природы удручающее впечатление производят низкий уровень жизни местного населения, отсутствие или неразвитость социальной и транспортной ин-

* Государственного университета им. Шакарима, г. Семей;

** КазНПУ им. Абая, г. Алматы

фраструктуры и другие социально-экономические проблемы. Аналогичная ситуация также наблюдается на территориях Китая и Монголии. Поиски компромиссных решений между двумя возможными ориентирами – «развитием» и «консервацией» горных регионов Алтая послужили ощутимым толчком к идее организации биосферной территории в приграничной зоне четырех государств [9].

В 60-70-е гг. 20 века некоторые исследователи Алтая (А.С. Крюков, Н.Г. Салатова, В.С. Ревякин и др.) заговорили о необходимости создания заповедника или природного парка в Центральном Алтае (между рр. Катунью и Аргутом) для сохранения биоразнообразия уникальных высокогорных ландшафтов этой территории. В 1981 г. К.К. Трусов выступил с предложением создать большой заповедно-туристический комплекс в районе горы Белухи площадью около 1 млн. га. При этом весьма своевременно прозвучала идея функционального зонирования этого комплекса с выделением зон, как полного покоя, так и зон массового посещения туристами. В 1984 г. было обосновано создание биосферного заповедника на площади около 1300 тыс. га в Усть-Коксинском и Кош-Агачском районах (Н.П. Малков, Г.Г. Собанский и др.). Но все эти проекты не были реализованы в первоначальном виде, так как руководство и землепользователи Усть-Коксинского и Кош-Агачского районов выступили против перевода своих земель в природоохранную категорию. В рамках Алтайской конвенции в 1999 г. было предложено начать конкретные действия по созданию трансграничной биосферной территории (ТБТ) «Алтай», как модели устойчивого развития региона в соответствии с принципами Севильской стратегии [5].

Создание трансграничных особо охраняемых природных территорий (ТООПТ) предусмотрено Распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.07.2003 г. В частности, в список планируемых ТООПТ включена территория на стыке четырех государств – России, Казахстана, Монголии и Китая. Основу её составят Катунский государственный биосферный заповедник (КГБЗ) в Республике Алтай и прилегающий Катон-Карагайский государственный национальный природный парк (ККГНПП) в Казахстане. Необходимость создания этой трансграничной территории обусловлена тем, что именно здесь, в горах Центрального Алтая, наблюдается исключительно высокий уровень биоразнообразия. Здесь обитают такие редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды как снежный барс, алтайский улар и горбоносый турпан. Кроме того, именно здесь возвышается двуглавая пограничная гора Белуха – высочайшая гора Сибири (4502 м) [5].

Необходимость создания трансграничной территории «Алтай» обсуждается на протяжении более 15 лет. С 2004 года Катунский заповедник и Катон-Карагайский национальный парк сотрудничают в области координации служб охраны природы, проводят совместные научные исследования. Вопрос о создании ТБТ «Алтай» в очередной раз был поднят на правительственном уровне. В работе конференции, проходившей в Казахстане, также приняли участие представители Акимата Восточно-Казахстанской области, ККГНПП, КГБЗ, а также ПРООН/ГЭФ по Казахстану, России и WWF России. Результатом встречи стал проект Соглашения между Правительствами РК и РФ о создании ТБТ «Алтай». 15 сентября 2011 года было подписано официальное межправительственное соглашение о создании трансграничного резервата «Алтай» на базе этих двух охраняемых территорий. Общая площадь трансграничной ООПТ составляет 795,2 тыс. га, протяженность общей границы – 105 км [7].

Таким образом, на Алтае официально создана первая трансграничная особо охраняемая природная территория. В ноябре 2012 года в Республике Алтай прошел установочный семинар, в рамках которого дан старт двухлетнего трансграничного природоохранного проекта, который призван выработать стратегический план управления территорией. В связи с этим администрацией Катон-Карагайского государственного национального природного парка проведен ряд встреч с инспекторским местным населением с целью пропаганды и освещения задач трансграничной территории. Вторая часть проекта пройдет в сентябре 2013 года в Казахстане на территории Катон-Карагайского национального природного парка. К весне 2014 года менеджмент-план будет направлен в соответствующие министерства Казахстана и России для согласования и утверждения. Он послужит основой для подготовки заявки в ЮНЕСКО на получения статуса трансграничного биосферного резервата.

М.Е. Бельгибаев в статье «Проблемы создания ООПТ и сохранения биологического разнообразия в Казахстане» отмечает, что наибольшую подготовленность для образования ядер в Алтайском регионе (согласно принципам трансграничного заповедования) имеют ООПТ: Тигеревский, Катунский и Алтайский заповедники (Россия), Маркакольский заповедник (Казахстан), Канас (Китай); национальные и природные парки: Белуха (Россия), озеро Рахмановское и Катон-Карагайский национальный парк (Казахстан), Алтай Таван Богд, Сайлюгем (Монголия). Список дополняет трансграничный заповедник совместной охраны Монголии и Китая, рас-

полагающийся в районе границы с российским высокогорным плато Укок. Договоренность о создании заповедника достигнута в результате переговоров Министерства окружающей среды Монголии и Агентства лесного хозяйства КНР в ноябре 2006 года. В высшие органы этих стран направлено предложение о реорганизации заповедника «Великая Гоби» и природного комплекса «Алтай Таван Богд» в транснациональный заповедник [3].

Главная функция данных ООПТ – сохранение уникальных горных ландшафтов, экосистем, биоразнообразия, а также археологических и культурных ценностей. Функции же планируемой ТБТ «Алтай» видятся гораздо шире, чем просто сохранение природы и биоразнообразия, и заключаются:

- в сохранении природных систем, входящих в территории договаривающихся сторон;
- в обеспечении устойчивого развития, направленного на повышение качества жизни местного населения и содействие экологическому и экономическому развитию;
- в материально-техническом обеспечении, задачей которого является поддержка научных исследований и мониторинга природной среды, экологического образования и устойчивого развития. В соответствии с этими функциями биосферная территория делится на основную (заповедную), буферную (переходную) и внешнюю (предназначенную для экономического развития) зоны [4]. В мировой практике накоплен значительный опыт по созданию и функционированию ТБТ; в настоящее время уже создано 411 территорий в 94 странах, в том числе 21 в Китае, 3 в Монголии и 25 в России.

Структура и границы создаваемой ТБТ «Алтай» пока не согласованы с представителями участвующих государств, но можно сказать, что в ядро (абсолютно охраняемая территория) должны быть включены хребет Табын-Богдо-Ола, Катунский хребет в рамках Катунского заповедника, часть плоскогорья Укок, часть Сайлюгемского хребта в рамках Кош-Агачского заказника, расположенных на территории России, а также восточная часть в пределах Казахстана (территория Катон-Карагайского государственного национального природного парка). Вокруг ядра следует выделить буферную зону (предназначенную для охраны ядра), на которой возможна традиционная для данной местности и строго регламентированная хозяйственная деятельность. В буферную зону предполагается вклю-

чить хребты, ограничивающие межгорные котловины – Катандинскую, Чуйскую, Ачитнурскую и Жунгарскую. Целесообразно включение сюда Шавлинского заказника. За буферной зоной предполагается выделить внешнюю зону экономического развития региона. Внешняя граница этой зоны одновременно будет являться внешней границей ТБТ. В эту территорию должна быть включена практически вся территория Алтае-Саянского экологического региона (АСЭР), так как это зона внешнеэкономического сотрудничества. В пределах буферной и внешней зоны должны быть дополнительно выделены территории и объекты, которые могли бы получить статус «Национального парка», «Природного парка», «Памятника природы», а также «Этнические территории». Некоторые из них могут быть занесены в список Всемирного наследия и служить основой трансграничных экологических маршрутов. Именно наличие экономической зоны развития отличает биосферные территории от обычных заповедников. С целью избежания множества административных проблем, признано целесообразным создание четырех приграничных биосферных заповедников (по одному в каждой стране), объединенных экономико-правовым механизмом сотрудничества [8] (рис.).



Рис. Площадь государств Алтае-Саянского региона.

Создание российской части ТБТ «Алтай» планируется на территории двух административных районов Республики Алтай (РА) – Усть-Коксинского и Кош-Агачского, а казахстанской части – на территории Ка-

тон-Карагайского района Восточно-Казахстанской области (ВКО). На сегодняшний день почти 40 % территории Кош-Агачского и 12 % Усть-Коксинского районов имеет природоохранный статус. Если учесть, что в соседних районах Монголии и Китая также имеется хорошо развитая сеть охраняемых природных территорий, то становится очевидным значение экологического потенциала этого трансграничного региона [5].

Для объективной оценки целесообразности создания ТБТ «Алтай» весьма полезным может быть анализ отношения жителей РА к деятельности КГБЗ, а также жителей Восточного Казахстана к деятельности ККГНПП (на основании социологического опроса, проведенного сотрудниками биосферного заповедника и студентами СГПИ и ГАГУ). В целом 41 % опрошенных жителей ВКО положительно относятся к деятельности природного парка, 29 % – безразлично, 18 % – отрицательно, а 12 % ничего не знают о его существовании. 63,3 % опрошенных жителей РА положительно относятся к деятельности заповедника, 15,5 % – безразлично, 6,3 % – отрицательно и 3,9 % ничего не знают о его существовании. Следует отметить, что самый большой процент населения (87,5 %) положительно относящийся к деятельности заповедника, проживает в селе Теректы, которое расположено на территории биосферного полигона. В селах Мульта и Кайтанак положительно относятся к деятельности заповедника до 80,6 % опрошенных.

Из положительных сторон деятельности биосферного заповедника и природного парка местное население выделяет следующие: сохранение природы региона (57 %), создание дополнительных рабочих мест (36,7 %), осуществление частичного контроля за рекреационной деятельностью (20,3 %), активизацию эколого-просветительской деятельности (15,5 %), проведение научных исследований (6,8 %).

Из отрицательных сторон работы данных ООПТ были выделены следующие: ограничение использования природных ресурсов (34,9 %), привлечение иностранцев в заповедник и в район (16,7 %). Наибольший процент отрицательно относящихся к деятельности заповедника сосредоточен в селах Верх-Уймон (23,5 %), Катанда (13,3 %), Тихонья (7,1 %) Республики Алтай. Возможно, это объясняется тем, что в этих селах проживает в основном старообрядческое население со специфическим менталитетом. Ранее именно здесь предполагалось организовать биосферный полигон заповедника, но население отнеслось к этой идее резко отрицательно, обосновывая свою позицию нежеланием «проживать в резервации» [1].

Таким образом, история создания Катунского заповедника показывает, что без поддержки властей и местного населения практически невозможно добиться утверждения научно обоснованных границ биосферных территорий. Поэтому всегда необходимо учитывать отношение местного населения ко всем проектам, так или иначе связанным с отчуждением земель под природоохранные цели.

Сотрудниками лаборатории регионального природопользования ИВЭП СО РАН, КГБЗ и студентами СГПИ и ГАГУ в июле 2011 года с целью экспертной оценки возможности создания ТБТ «Алтай» был проведен социологический опрос жителей Республики Алтай. Были опрошены 314 человек в следующих населенных пунктах Республики Алтай: с. Джазатор, с. Кош-Агач, с. Чаган-Узун, с. Улаган, с. Майма, с. Онгудай, с. Теректы, с. Мульта, с. Кайтанак, с. Мараловодка, с. Верх-Уймон, с. Тихонькая, с. Катанда и г. Горно-Алтайск. Наибольшее количество опрошенных респондентов проживает в Усть-Коксинском (71 %) и Кош-Агачском (16,6 %) районах. Подобный социологический опрос жителей был проведен нами в апреле-мае 2012 года в следующих населенных пунктах Восточного Казахстана: г. Семей, с. Ново-Шульба, с. Бородулиха, с. Катон-Карагай, с. Коростели. Были опрошены 100 человек. В качестве целей такого опроса рассматривались возможные формы участия местного населения в процессе управления биосферной территорией и выявление круга проблем, связанных с ее созданием. Опрос проводился в виде полуструктурированного интервью с использованием анкеты-вопросника. Полученные данные обрабатывались при помощи системного и статистического анализа. Уточнение результатов проводилось методом экспертной оценки. Более половины опрошенных – женщины (63,4 %), а также люди трудоспособного возраста (более 82 %) с активной жизненной позицией. Традиционно в сельской местности большая доля проживающих людей имеет среднее специальное (32,2 %) и общее среднее (24,8 %) образование. Высшее образование имеют в основном работники социальной сферы – образования, культуры, медицины (17,2 %). Среди опрошенных встречались и люди с неполным средним образованием – как учащиеся, так и пенсионеры (22,3 %). По роду занятий среди респондентов преобладают государственные служащие (22,9 %), представители крестьянских хозяйств (16 %) и работники сферы образования (14,7 %). Очень много безработных (19,4 %).

На момент опроса большинство анкетированных ВКО (58 %) знают о проекте создания ТБТ «Алтай», 24 % – ничего не знают и 18% – затрудни-

лись с ответом. В Республике Алтай большая часть опрошенных жителей (67,5 %) ничего не знали о проекте создания ТБТ «Алтай». Знали об этом проекте 8 % и 24,5 % затруднились с ответом.

Экологическое состояние на исследуемой территории местные жители оценивают, как удовлетворительное, хотя имеются определенные локальные экологические проблемы. Экологическая обстановка в селе Джазатор большинством опрошенных местных жителей (42 %) оценивается как неблагоприятная и требующая контроля, 38,7 % отметили существование отдельных проблем, но обстановку считают не хуже, чем в других регионах. Одной из актуальных проблем для местных жителей является браконьерство, что приводит к снижению численности животных и исчезновению рыб. Другая проблема – лесозаготовки, которые подрывают экологическое равновесие в регионе. Это особенно важно в связи с отсутствием обширных лесопокрытых площадей на территории Кош-Агачского района (исключением является Джазаторский лесхоз). Среди жителей с. Кош-Агач мнения по вопросу экологического района проживания существенно разнятся: 33 % опрошенных жителей отмечают наличие проблем, но обстановку признают не хуже, чем в других регионах, 22 % опрошенных считают ее соответствующей нормам, а 16 % оценивают как кризисную. Одной из важных экологических проблем признана деградация пастбищных угодий. И хотя поголовье скота в настоящее время существенно снизилось, восстановление сбитых пастбищ не проводилось. Все это приводит к локализации выпаса скота и деградации наиболее часто используемых пастбищ [1].

В Усть-Коксинском и Катон-Карагайском районе существенной деградации природной среды не наблюдается. Результаты оценки экологической обстановки следующие: большинство опрошенных (38,6 %) считают, что есть проблемы, но обстановка не хуже, чем в других районах; 20,9 % – соответствует нормам, 26 % обстановку признают неблагоприятной, требующей контроля; 8,5 % оценивают экологическую обстановку как благоприятную, а 6 % как кризисную. Значительная часть опрошенных (28,7 %) считают, что в настоящее время решением экологических проблем в регионе реально государственные структуры не занимаются, 28 % указывают на важную роль ООПТ, 23,2 % отмечают участие в решении этих проблем администрации района и правительства республики. 13 % опрошенных указали на важную роль международных организаций.

Более 7 % считают, что никто в настоящее время реально не занимается решением данных проблем.

При ответе на вопрос (Как вы считаете, внесет ли развитие ТБТ «Алтай» в регионе существенные изменения в вашу жизнь?) мнения жителей РА и ВКО совпали: более 30 % опрошенных считают, что развитие ТБТ «Алтай» внесет в их жизнь перемены к лучшему (34,1 % и 33 % соответственно); 44,3 % жителей РА и 33 % жителей ВКО затруднились с ответом; около 20 % считают, что их жизнь не изменится; 5,7 % и 14 % ждут для себя перемен к худшему.

В целом, приходится констатировать весьма низкую осведомленность людей об экологической обстановке в районе их проживания, о проекте создания трансграничной биосферной территории, значении этого проекта, методах и формах участия местного населения в управлении территорией, очень низкий уровень экологических знаний и огромную озабоченность людей проблемой выживания для себя и своих детей. На многие вопросы затруднялись ответить около 20...30 % анкетированных. И хотя большинство жителей положительно относятся к созданию ТБТ «Алтай», в первую очередь, их беспокоят проблемы, связанные с бедностью населения, высокий уровень безработицы, отсутствие государственной поддержки и программ, направленных на улучшение их социально-экономического положения. Многие отмечают важное значение природных ресурсов в своей жизни, при этом также всеобщую бедность населения, которая не позволяет использовать их рационально [5].

Проблема усугубляется браконьерством, слабым контролем со стороны природоохранных органов, отсутствием соответствующих законов. Особенно в этом плане обеспокоены жители с. Джазатор, которые больше других зависят от экологического благополучия своего района (вследствие его удаленности от других регионов и наличия разнообразных природных, в т.ч. и лесных ресурсов, привлекающих браконьеров) [6]. Многие жители с. Джазатор (около 30 %) категорически против любого вмешательства в природную среду и экономическое развитие региона своего проживания. Около 30 % анкетированных весьма положительно относятся к проекту создания ТБТ «Алтай». Однако, при этом хотят, чтобы именно для них, в первую очередь, были созданы рабочие места в биосферном полигоне. Большой интерес для местных жителей представляет развитие мараловодства, пчеловодства, народных промыслов, экологиче-

ского туризма, переработки сельхозпродукции в районе проживания, а также традиционного отгонного скотоводства.

После разъяснения сущности ТБТ «Алтай» респондентам предлагалось оценить положительные и отрицательные последствия ее создания. Из положительных последствий было отмечено, что создание ТБТ позволит сохранить природу региона, повысит благосостояние местного населения за счет развития туризма, вызовет увеличение инвестиций в район. Из отрицательных последствий наибольшие опасения вызывает скупка земли государственными структурами – организаторами ООПТ на Международном биосферном уровне. Так ответили 52,2 % опрошенных. Также вызывают опасение такие последствия как: загрязнение территории в связи с увеличением потока туристов (39,6 %), конфликт с местным населением из-за использования природных ресурсов (36,2 %), экспансия иностранцев, особенно жителей Китая (27,5 %), разрушение культуры местного населения (12,1 %). Это очень важный вопрос, требующий изучения и сохранения местной этнической культуры.

Таким образом, при создании ТБТ «Алтай» важен учет мнения местного населения, его инициативы, направленной на сохранение биоразнообразия и богатейшего культурно-исторического наследия, на поднятие уровня жизни. Сегодня становится ясно, что программы развития должны разрабатываться и приниматься при активном участии местных жителей; лишь это условие может явиться залогом его заинтересованности и вовлеченности в их реализацию. И наоборот, недоучет обрекает любые программы на провал.

Имеются довольно значительные трудности и отрицательные аспекты создания ТБТ «Алтай», усугубляющиеся отсутствием федеральной политики развития горных территорий. Это, прежде всего, возможный неконтролируемый наплыв туристов, в том числе и из соседних государств; ограничение традиционного природопользования; свободного посещения местными жителями территорий ядра и буферной зоны, предпосылки появления коррупции. Все это усиливается недостаточной информированностью, непониманием необходимости создания ТБТ местным населением, несовершенством существующей системы правового обеспечения хозяйственной деятельности в РА и ВКО [4].

К сожалению, общественность региона пока еще слабо информирована об активно разворачивающемся процессе алтайского регионального сотрудничества, возможностях, которые оно открывает для предпринимате-

лей, ученых, студентов, а также всех, кому дорог наш уникальный регион – Большой Алтай. С этой целью ежегодно проводятся мероприятия согласно плану работы ассоциации заповедников и национальных парков АСЭР.

Создание ТБТ «Алтай» станет шагом по укреплению и воссозданию природоохранных связей между четырьмя государствами, так как природные комплексы можно сохранить только общими усилиями, а их сохранение имеет не только государственное, но и мировое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтае-Саянский интеррегион в судьбах кочевой цивилизации / А.В. Егорина, В.С. Ревякин, Ю.В. Козырева, Н.В. Ревякина // Алтае-Саянская горная страна и история освоения ее кочевниками: материалы научной конференции. – Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2007. – С. 24-26.
2. Баденков Ю.П. Трансграничные горные территории в условиях глобализации: Алтайский синдром // Известия РАН, серия географическая. – 2002. – № 3. – С. 21-28
3. Бельгибаев М.Е. Перспективы создания ООПТ и сохранение биоразнообразия в Казахстане // Биосферные территории Центральной Азии как природное наследие. (Проблемы сохранения, восстановления биоразнообразия). – Бишкек, 2009. – С. 19-21.
4. Винокуров Ю.И. К концепции трансграничной биосферной территории «Алтай» // Горы Алтая – трансграничная биосферная территория устойчивого развития. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002. – С. 57-72.
5. Говердовский В.А., Лукьяненко В.Н., Минаев А.И., Арыкова Т.В. Основные пути эколого-экономического развития Республики Алтай // Республика Алтай (Алтай – золотые горы): модели и механизмы устойчивого развития. Материалы II Международного симпозиума. – Горно-Алтайск, 2001. – С. 161-166.
6. Егорина А.В. Качество природной среды в условиях горных барьеров // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны: сборник. Горно-Алтайск, 2004. – С. 94-98.
7. Затеев А.В. Катунский государственный природный биосферный заповедник [Электрон. ресурс]. – 2011. – URL: <http://www.zapoved.ru/catalog/43> (дата обращения: 10.05.2013).

8. Малолетко А.М. Географические проблемы алтайского региона: состояние вопроса, перспективы решения // География и природопользование Сибири. – Барнаул: Изд-во Алтайского университета. 1994. – С. 5-15.
9. Ройтер В.В. Горы Алтая – трансграничная биосферная территория устойчивого развития. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 44 с.

Поступила 15.08.2013

Геогр. ғылымд. докторы М.Е. Бельгибаев
С.Е. Камышева

«АЛТАЙ» ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ БИОСФЕРАЛЫҚ АЙМАҒЫНЫҢ ДАМУЫ МЕН ЖАСАЛУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Бұл мақалада «Алтай» трансшекаралық биосфералық аймағының алғышарттары мен жасалу тарихы қарастырылады. Зерттелген аймақтың жасалуы мүмкіндігі мен қажеттілігін объективті түрде бағалау мақсатында өткізілген әлеуметтік зерттеудің талдауы берілген. Осы аймақты жасаудың тиімді және тиімсіз жақтары көрсетілген.

ТАТЬЯНА ГЛЕБОВНА ГОРКУНОВА
(к 70-летию со дня рождения)



12 сентября 1943 г. исполнилось 70 лет со дня рождения ветерана Гидрометеорологической службы Советского Союза и Казахстана – Горкуновой Татьяны Глебовны.

Горкунова Т.Г. родилась в городе Алма-Ате в семье рабочего. В 1961 г. она окончила среднюю школу и в этом же году началась её трудовая деятельность. За время работы в системе Гидрометслужбы, благодаря целеустремленности, организаторскому таланту и энергии, ею пройден большой трудовой путь от техника-гидролога до заместителя директора научно-исследовательского института.

Профессиональную деятельность Татьяна Глебовна начала в отделе Гидрометфонда УГМС КазССР. В 1962 г. она перешла в Казахский научно-исследовательский Гидрометеорологический институт (КазНИГ-МИ) на должность техника отдела гидрологических прогнозов. С этой даты началось её долгое 50-ти летнее служение на благо развития гидрометеорологической науки Казахстана.

Трудолюбивая, любознательная и энергичная Татьяна Глебовна продолжила свое образование, совмещая работу с учебой на географиче-

ском факультете Казахского государственного университета, который окончила в 1969 г. В 1972...1973 гг. обучалась на курсах повышения квалификации Гидрометцентра СССР. Её профессиональный рост позволил быстро продвигаться по службе. В 1965 г. она переводится на должность старшего техника, в 1967 г. – становится инженером, в 1973 – старшим инженером отдела гидрологических прогнозов. В эти годы она участвует в научных исследованиях по темам: «Разработка метода прогноза стока и величины весеннего половодья притоков р. Иртыша – рр. Ульбы и Убы», «Усовершенствование метода краткосрочного прогноза стока горных рек в период весенне-летнего половодья»

В 1974 г. начался новый этап в жизни Татьяны Глебовны – с 26 апреля она становится ученым секретарем КазНИГМИ. На этой должности она работала свыше 20 лет. Здесь в полной мере расцвел её административный талант. Она хороший организатор, умеет расставлять людей и распределять между ними обязанности, хорошо справляется с вопросами планирования и отчетности научно-исследовательских работ (НИР), координации НИР с головными научными институтами и Госкомгидрометом СССР. Большая работоспособность, коммуникабельность и личное обаяние, умение расположить к себе людей, найти с ними общий язык – все это позволило ей стать одним из лучших ученых секретарей научных учреждений Госкомгидромета СССР.

В тяжелые годы становления независимости Казахстана, при переходе к рыночной экономике Татьяна Глебовна вложила много усилий для сохранения института на посту ученого секретаря, а с 1996 г. по 1999 г. заместителя директора Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата Казгидромета (бывшего КазНИГМИ). С 2000 г. она оставила административную деятельность и вернулась к научной работе вначале в Казахском научно-исследовательском институте экологии и климата (бывшем КазНИГМИ), а затем в 2008...2012 гг. в Казгидромете. На этом этапе своей работы она занималась изучением адаптации сельского хозяйства Республики к глобальному изменению климата, влиянию этого процесса на водные ресурсы Казахстана.

Все эти годы в общении с людьми, коллегами и друзьями Татьяна Глебовна вежлива и корректна, всегда доброжелательна, отзывчива, готова оказать помощь. Эти прекрасные черты характера позволили ей быть человеком, дружба с которым помогала с оптимизмом смотреть в будущее, сплачивать коллектив института.

Многое сделано ей для развития международного сотрудничества. В течение ряда лет она работала в качестве одного из руководителей от Казахстана в проекте нидерландской программы исследования изменения климата (NCCSAP) «Оценка воздействий изменения климата и мер адаптации для прибрежной зоны Каспийского моря и горных районов Южного и Юго-восточного Казахстана» и Центра по колебаниям уровня воды Каспийской экологической программы (TACIS).

За долголетнюю и безупречную работу Татьяна Глебовна награждена медалью «Ветеран Труда», Грамотой Верховного совета Казахской ССР, почетными грамотами Госкомгидромета СССР и КазНИГМИ, занесена на Доску Почета института.

Мы сердечно поздравляем её с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, семейного благополучия, счастья и оптимизма.

Товарищи и коллеги по совместной работе
Редакционная коллегия журнала

РОЗА КАЙЮМОВНА ЯФЯЗОВА
(к 50-летию со дня рождения)



8 октября 2013 года исполнялось 50 лет селеведи, доктору технических наук Розе Кайюмовне Яфязовой.

В 1987 г., после окончания кафедры гидрологии суши, географического факультета Казахского государственного университета, Р.К. Яфязова была направлена в Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (впоследствии Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата, а затем Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата) в отдел селевых потоков.

Увлечение рельефообразующей ролью селей, в частности, изучение механизмов образования рельефа конусов выноса, расположенных на предгорной равнине и примыкающих к горным долинам основных рек северного склона Иле Алатау, стало основной темой её кандидатской диссертации. В итоге исследований, было установлено, что основной объём конусов выноса представляют не отложения рек, существовавших в периоды таяния мощных ледников в начальные периоды межледниковых эпох, как это до настоящего времени указывается на инженерно-геологических картах, а отложения катастрофических по масштабам и повторяемости селей. Это позволило утверждать, что объём этих конусов выноса характеризует селевую активность речных бассейнов.

В 1998 г. после защиты диссертации на тему «Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау)» ей была присвоена ученая степень кандидата географических наук.

В своей кандидатской диссертации она затронула оценку влияния изменения климата на селевую активность. Исследование этой проблемы продолжилось в последующее десятилетие. Было установлено, что селевая активность в горных районах средних широт с континентальным климатом, несущих в настоящее время оледенение, в решающей мере определяется климатом. Она сумела доказать, что селевая активность в этих регионах в ледниковые эпохи равнялась практически нулю, а в будущем высокая селевая активность будет характерна для всех горных систем, расположенных в средних широтах с континентальным климатом.

Большое внимание она уделяла исследованию селей дождевого генезиса, вопросам, связанным с влиянием изменения климата на селевую активность в 21 веке, а разработка новой стратегии защиты от селей стало основным содержанием ее докторской диссертации, которую она защитила в 2009 г.

Р.К. Яфязова участник многих экспедиционных исследований. В сфере ее интересов находятся оценка селевой активности, эволюция высокогорных водоемов, представляющих опасность при их прорыве, и, конечно, влияние изменения климата на селевую активность.

Она является членом совещательного комитета серии международных конференций «Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment»; рабочей группы Азиатско-Тихоокеанской селевой ассоциации; Российской селевой ассоциации.

Р.К. Яфязова является членом редакционной коллегии международного журнала *Sediment Research (IJSR)*, ею рецензируются статьи для международных журналов *Mountain Science* и *Sediment Research*, а также доклады для конференций «Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment».

Результаты исследований Р.К. Яфязовой широко известны научной общественности, так как она принимает активное участие в работе международных конференций по селевой проблеме.

Она участвует в подготовке специалистов высшей квалификации, рецензируя магистерские, кандидатские и докторские диссертации. Под ее руководством успешно защищена 1 кандидатская диссертация.

В 2009 г. Р.К. Яфязовой была присвоена ученая степень доктора наук. В 2010 г. она была введена в состав диссертационного совета по защите докторских диссертаций при Институте горного дела им. Д.А. Кунаева.

Р.К. Яфязова имеет более 80 опубликованных научных работ, в том числе Карта селевой опасности территории Республики Казахстан и монография:

– Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. (2007. – 158 с.)

– подготовлена к изданию монография «Селевые процессы и селетехнические сооружения (в соавторстве с Б.С. Степановым).

Монография «Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации» используется в учебном процессе географического факультета МГУ.

Научная работа «Оценка селевой активности и прогнозирование ее изменения в условиях глобального потепления климата» в 2011 г. номинировалась на международную премию Норбера Жеррье-Мумм (ВМО).

Активная научная и общественная деятельность Розы Кайюмовны в прошедшем десятилетии вселяет в нас уверенность в том, что и дальнейшие её исследования внесут весомый вклад в развитие селевой науки Казахстана.

Коллеги,
Редакция журнала.