

УДК 556.18:626/627:658

Канд. геогр. наук

В.В. Голубцов *

Е.Е. Петрова *

**О ВЕРОЯТНОМ СОКРАЩЕНИИ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОД СЕВЕРНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА ПОД
ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА***ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА,
АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, РЕЧНОЙ СТОК, ПОЛОВОДЬЕ,
РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД*

Рассматриваются вероятные причины изменения ресурсов поверхностных вод Северного и Центрального Казахстана в первой половине 21 века под влиянием изменения климата. Показано, что в результате повышения температуры воздуха в конце зимнего периода возрастет число лет с ранним началом снеготаяния и увеличенными потерями стока на инфильтрацию. В результате ресурсы поверхностных вод рассматриваемого региона в первой половине 21 века уменьшатся на 20... 30 %.

Исследования, проведенные в РГП «Казгидромет», показали, что современные изменения климата Северного и Центрального Казахстана стали особенно заметными во второй половине 20-го века. За последние десятилетия существенно повысилась среднегодовая температура воздуха. Определенных тенденций в изменении атмосферных осадков как в сторону их уменьшения, так и в сторону их увеличения не наблюдалось [1]. На рис.1 приведена разностно-интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха по данным М Астана за 1923...2010 гг.

Эта интегральная кривая отражает тенденцию увеличения температуры воздуха во второй половине 20-го, начале 21-го века.

В табл. 1 приведены значения средней температуры воздуха за различные периоды по М: Астана, Кокшетау, Костанай, Павлодар, Караганда, Жезказган. Период 1930...1987 гг. принят в качестве базового (T_0) для сравнения средней температуры воздуха за периоды 1988...2010 гг. (T_1) и 1997...2010 гг. (T_2).

* Казгидромет, г. Алматы

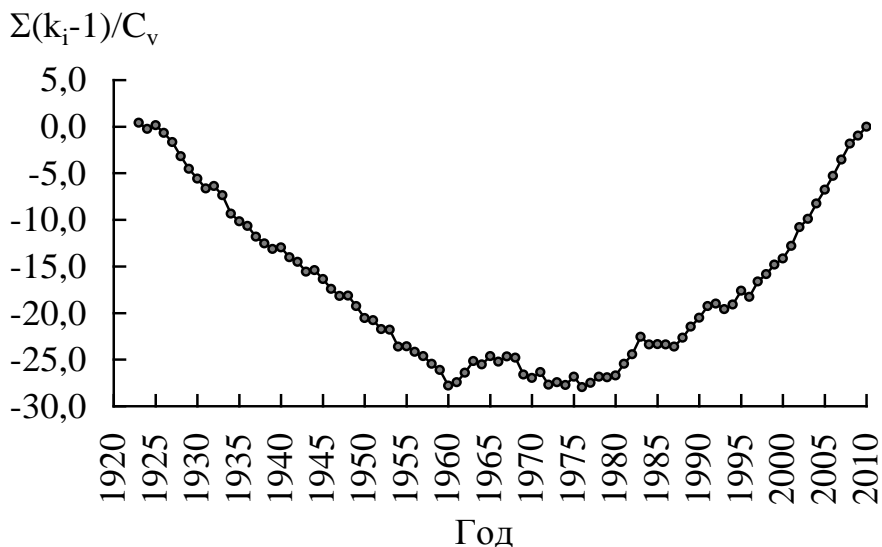


Рис. 1. Разностно-интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха в г. Астане за 1923...2010 гг.

Таблица 1

Средняя температура воздуха за год и холодный период

Станция	Температура воздуха (°С), год					Температура воздуха (°С), за холодный период				
	1930...1987 (T _б)	1988...2010 (T ₁)	(T ₁ -T _б)	1997...2010 (T ₂)	(T ₂ -T _б)	1930...1987 (T _б)	1988...2010 (T ₁)	(T ₁ -T _б)	1997...2010 (T ₂)	(T ₂ -T _б)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Астана	2,0	3,7	1,7	4,1	2,1	-15,8	-10,5	5,3	-10,0	5,8
Кокшетау	1,9	3,4	1,5	3,7	1,8	-14,3	-10,1	4,2	-9,6	4,7
Костанай	2,1	3,7	1,6	4,0	1,9	-14,7	-10,6	4,1	-10,1	4,6
Павлодар	2,2	3,4	1,2	3,5	1,3	-15,6	-11,3	4,3	-11,2	4,4
Караганда	2,8	3,9	1,1	4,2	1,4	-11,1	-9,4	1,7	-9,2	1,9
Жезказган	4,9	6,2	1,3	6,5	1,6	-10,2	-8,5	1,7	-8,1	2,1
Среднее	2,7	4,1	1,4	4,3	1,7	-13,6	-10,1	3,6	-9,7	3,9

В графе 2 приведены значения температуры воздуха за базовый период (1930...1987 гг.); в графе 3 – за период 1988...2010 гг., в графе 5 – за период 1997...2010 гг. В графе 4 – превышение температуры воздуха за период 1988...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что средняя температура воздуха повысилась на рассматриваемой территории

в среднем на 1,4 °С. Минимальные изменения наблюдались на М Караганда – 1,1 °С, максимальные на М Астана – 1,7 °С. В графе 6 приведено превышение температуры воздуха за период 1997...2010 гг. также по сравнению с приведенным базовым периодом. Эти данные показывают, что за этот период средняя температура воздуха повысилась на рассматриваемой территории в среднем на 1,7 °С. По отдельным метеорологическим станциям наблюдавшееся повышение температуры воздуха изменялось от 1,3 °С (г. Павлодар) до 2,1 °С (г. Астана).

В графах 7...11 приведены аналогичные данные о средней температуре воздуха за холодный период (ноябрь – март).

В графе 9 приведено превышение температуры воздуха за период 1988...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что средняя температура воздуха холодного периода повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 3,6 °С. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха изменялось от 1,7 (г. Караганда, г. Жезказган) до 5,3 °С (г. Астана).

В графе 11 приведено превышение температуры воздуха за период 1997...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что средняя температура воздуха повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 3,9 °С. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха изменялось от 1,9 (г. Караганда) до 5,8 °С (г. Астана).

Приведенные данные показывают, что температура воздуха холодного периода за последние десятилетия повысилась в большей степени, чем среднегодовая температура воздуха [1].

В табл. 2 приведены значения средней температуры воздуха за различные периоды в марте и апреле по М Астана, М Кокшетау, М Костанай, М Павлодар, М Караганда, М Жезказган. Период 1930...1987 гг. принят в качестве базового (T_0) для сравнения средней температуры воздуха за периоды 1988...2010 гг. (T_1) и 1997...2010 гг. (T_2).

В графе 2 приведены значения температуры воздуха в марте за базовый период (1930...1987 гг.); в графе 3 – за период 1988...2010 гг., в графе 5 – за период 1997...2010 гг. В графе 4 приведено превышение температуры воздуха в марте за период 1988...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что за этот период средняя температура воздуха в марте повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 2,5 °С. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха изменялось от 2,0 (г. Караганда) до 2,9 °С (г. Астана). В графе 6 приведено превышение тем-

пературы воздуха в марте за период 1997...2010 гг. также по сравнению с приведенным базовым периодом. Эти данные показывают, что за этот период средняя температура воздуха повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 3,6°C. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха изменялось от 3,0 (г. Караганда) до 4,1 °С (г. Астана).

Таблица 2

Средняя температура воздуха за март и апрель

Станция	Температура воздуха за март, °С					Температура воздуха за апрель, °С				
	1930...1987 (T _б)	1988...2010 (T ₁)	(T ₁ -T _б)	1997...2010 (T ₂)	(T ₂ -T _б)	1930...1987 (T _б)	1988...2010 (T ₁)	(T ₁ -T _б)	1997...2010 (T ₂)	(T ₂ -T _б)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Астана	-9,6	-6,7	2,9	-5,5	4,1	3,9	5,5	1,6	6,0	2,1
Кокшетау	-8,7	-6,1	2,6	-5,0	3,7	3,7	4,6	0,9	5,0	1,3
Костанай	-9,5	-6,6	2,9	-5,7	3,8	4,4	5,4	1,0	5,6	1,2
Павлодар	-9,4	-6,7	2,7	-6,0	3,4	4,4	5,8	1,4	6,2	1,8
Караганда	-7,8	-5,8	2,0	-4,8	3,0	4,6	5,7	1,1	6,2	1,6
Жезказган	-6,1	-4	2,1	-2,6	3,5	7,7	8,8	1,1	9,2	1,5
Среднее	-8,5	-6,0	2,5	-4,9	3,6	4,8	6,0	1,2	6,4	1,6

В графах 7...11 приведены аналогичные данные о средней температуре воздуха за апрель. В графе 9 приведено превышение температуры воздуха в апреле за период 1988...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что средняя температура воздуха в апреле повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 1,2 °С. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха в апреле изменялось от 0,9 °С (г. Кокшетау) до 1,6 °С (г. Астана). В графе 11 приведено превышение температуры воздуха в апреле за период 1997...2010 гг. по сравнению с базовым периодом. Эти данные показывают, что средняя температура воздуха повысилась в среднем по рассматриваемой территории на 1,6 °С. По отдельным метеорологическим станциям, наблюдавшееся повышение температуры воздуха в апреле изменялось от 1,2 °С (г. Костанай) до 2,1 °С (г. Астана).

Значительное повышение температуры воздуха в марте и некоторое ее повышение в апреле указывают на то, что в условиях изменяющегося климата процессы снеготаяния и формирования весеннего половодья в последние

десятилетия происходят в более ранние сроки, чем до середины 80-х годов прошлого века.

Годовой сток рек Северного и Центрального Казахстана формируется в основном за счет весеннего снеготаяния. Объем весеннего половодья обычно составляет около 80...90 % годового стока этих рек. Сток весеннего половодья зависит от осеннего увлажнения почвогрунтов водосбора реки, предвесенних снегозапасов и характера изменения температуры воздуха в период снеготаяния. При одних и тех же значениях увлажнения почвогрунтов и предвесенних снегозапасов объем стока весеннего половодья значительно зависит от времени начала весеннего снеготаяния. При ранних сроках весеннего снеготаяния (3 декада марта – 1 декада апреля) в период снеготаяния в большинстве случаев происходит возврат холодов и понижение температуры воздуха. Это приводит к прекращению снеготаяния и инфильтрации воды из бессточных понижений, расположенных на поверхности речных бассейнов. При повышении температуры воздуха и возобновлении снеготаяния значительная часть воды повторно расходуется на заполнение указанных бессточных понижений, потому что склоновый и русловой сток может формироваться только после их заполнения.

При более поздних сроках снеготаяния (2 и 3 декады апреля) возврат холодов во время снеготаяния по сравнению с предыдущим периодом наблюдается очень редко. В большинстве случаев снеготаяние бывает непрерывным и дружным с однократным заполнением бессточных понижений. Кроме этого, при формировании стока в более поздние сроки, снегозапасы перед началом снеготаяния оказываются несколько выше за счет увеличения периода снегонакопления.

Потери стока при позднем начале снеготаяния оказываются значительно меньше, чем при ранних датах снеготаяния. Это можно показать на примере изменении годового стока р. Ишим – г. Астана за период 1933...1969 годы (табл. 3). В табл. 3 приведено среднее значение годового стока за период наблюдений с 1933 по 1969 гг. (0 группа), а также за период ранних дат начала снеготаяния (1 группа) и более поздних дат начала снеготаяния (2 группа). Оказалось, что при раннем начале снеготаяния (3 декада марта – 1 декада апреля), средний годовой сток за 19 лет составил 3,85 м³/с или 122 млн. м³ в год. В группе лет с более поздним началом снеготаяния (2 и 3 декады апреля) средний годовой сток за 18 лет составил 8,04 м³/с или 254 млн. м³ в год, т.е., примерно в два раза больше, чем в первой группе лет с ранним началом снеготаяния.

Таблица 3

Средний многолетний годовой сток р. Ишим – г. Астана за 1933...1969 гг. и за годы с ранним и более поздним началом весеннего половодья

Группа	Периоды дат начала половодья	Год	Число лет	Средний годовой сток	
				м ³ /сек	млн. м ³
0	3 декада марта – 3 декада апреля	1933...1969	37	5,89	186
1	3 декада марта – 1 декада апреля	1933, 36, 39, 40, 44, 47, 51, 53, 55, 56, 59, 61...63, 65...69	19	3,85	122
2	2 – 3 декада апреля	1934, 35, 37, 38, 41...43, 45, 46, 48...50, 52, 54, 57, 58, 60, 64	18	8,04	254

По сравнению со стоком за весь рассматриваемый период (1933...1969 гг.), равным 5,89 м³/с или 186 млн. м³ в год, сток с ранними датами начала снеготаяния оказался на 35 % ниже, а за период с поздним началом снеготаяния на 37 % выше.

Следует отметить, что в большинстве случаев сток многоводных лет, как правило, формировался в годы с более поздними сроками начала снеготаяния и формирования весеннего половодья (табл. 4).

Таблица 4

Характеристики среднегодовых расходов воды р. Ишим – г. Астана за 1933...1969 гг.

Год	Среднегодовой расход, м ³ /с	Q, м ³ /с в убывающем порядке	Год	P, %	Год с ранним началом половодья	Год с поздним началом половодья
1	2	3	4	5	6	7
1933	5,73	22,0	1948	1,44		х
1934	4,96	16,2	1949	4,78		х
1935	3,87	14,6	1942	7,15		х
1936	0,41	11,5	1941	14,1		х
1937	3,40	10,8	1966	16,2	о	
1938	1,00	10,7	1960	16,6		х
1939	0,61	10,6	1943	16,9		х
1940	1,10	9,60	1964	20,0		х
1941	11,5	9,43	1959	20,8	о	
1942	14,6	9,32	1954	21,3		х

Год	Среднегодовой расход, м ³ /с	Q, м ³ /с в убывающем порядке	Год	P, %	Год с ранним началом половодья	Год с поздним началом половодья
1	2	3	4	5	6	7
1943	10,6	8,11	1961	27,4	о	
1944	2,05	7,93	1962	28,3	о	
1945	1,64	7,82	1946	28,9		х
1946	7,82	7,00	1947	34,0	о	
1947	7,00	6,40	1958	38,1		х
1948	22,0	5,73	1933	43,3	о	
1949	16,2	5,64	1957	44,1		х
1950	3,06	5,40	1955	46,2	о	
1951	4,56	4,96	1934	50,1		х
1952	2,35	4,56	1951	53,9	о	
1953	2,60	3,87	1935	60,6		х
1954	9,32	3,40	1937	65,9		х
1955	5,40	3,06	1950	69,7		х
1956	1,57	2,60	1953	74,8	о	
1957	5,64	2,50	1965	76,0	о	
1958	6,40	2,35	1952	77,9		х
1959	9,43	2,05	1944	81,5	о	
1960	10,7	1,64	1945	86,1		х
1961	8,11	1,58	1968	86,8	о	
1962	7,93	1,57	1956	86,9	о	
1963	1,26	1,26	1963	90,3	о	
1964	9,60	1,10	1940	91,8	о	
1965	2,50	1,00	1938	92,7		х
1966	10,8	0,61	1939	96,4	о	
1967	0,097	0,46	1969	97,6	о	
1968	1,58	0,41	1936	97,9	о	
1969	0,46	0,097	1967	99,7	о	

В табл. 4 приведены среднегодовые расходы воды р. Ишим – г. Астана (графы 2 и 3) за 1933...1969 годы, а также значения их обеспеченности (графа 5). В графах 6 и 7 определенными знаками обозначены годы с ранним и поздним началом снеготаяния и весеннего половодья. Их расположение по отношению к ряду убывающих значений годового стока этой реки показывает, что сток многоводных лет в основном формировался в годы с поздними датами начала снеготаяния и весеннего половодья. А сток маловодных лет,

как правило, формировался в годы с ранними датами начала снеготаяния и весеннего половодья.

Исследования климатологов РГП «Казгидромет» показали, что за последние десятилетия среднегодовая температура воздуха в Северном и Центральном Казахстане увеличилась примерно на 1 °С. Среднее количество годовых осадков по сравнению с предыдущим периодом практически не изменилось. Кроме того, наметилось определенное изменение во внутригодовом распределении температуры воздуха – повышение температуры воздуха холодного периода. Для периода весеннего половодья равнинных рек особенно важно как будет изменяться температура воздуха при переходе от холодного к теплomu периоду, т.е., в марте и апреле. За последние десятилетия наметилась вполне определенная тенденция увеличения средней температуры марта и некоторое понижение температуры апреля. В этом случае существенно увеличится число лет с ранним развитием снеготаяния и формированием весеннего половодья.

Как показано выше, это приведет к уменьшению объема весеннего половодья и годового стока равнинных рек за счет увеличения потерь стока при наблюдающихся в этих случаях возврате холодов. Такое развитие изменения годового стока рек можно проследить на примере р. Ишим – г. Астана за период с 1933 по 2010 г., а также р. Ишим – с. Тургеневка и р. Мойылды – с. Николаевка за период 1973 по 2010 гг. (рис. 2).

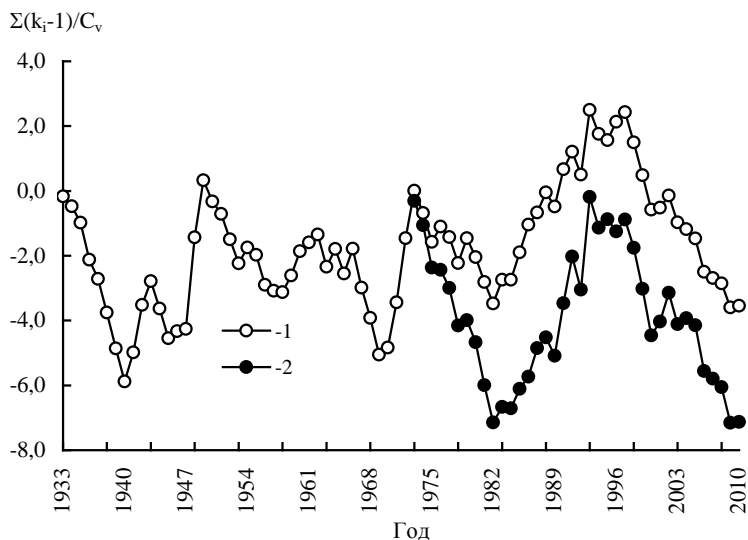


Рис. 2. Интегральные кривые естественного стока р. Ишим – г. Астана за 1933...2010 гг. (1) и суммарного стока р. Ишим – с. Тургеневка и р. Мойылды – с. Николаевка за 1973...2010 гг. (2)

На рис. 2 видно, что за последние 13 лет на р. Ишим и ее притоке р. Мойылды наблюдались пониженные значения речного стока. Восстановленный естественный годовой сток р. Ишим – г. Астана за этот период (1998...2010 гг.) составил $4,13 \text{ м}^3/\text{с}$ ($0,13 \text{ км}^3$ в год), что на 35,3 % ниже нормы стока этой реки ($6,38 \text{ м}^3/\text{с}$ или $0,20 \text{ км}^3$ в год).

Аналогичным изменением характеризуется суммарный сток р. Есиль – с. Тургеневка и р. Мойылды – с. Николаевка. Гидрометрические наблюдения на р. Ишим и р. Мойылды показали, что к маловодному периоду также относится и 2011 год. Количество атмосферных осадков по данным метеорологической станции г. Астана в среднем за этот период составило для годовых значений около нормы, а для холодного периода на 10 % выше нормы. Повышенные значения температуры воздуха в этот период показывают, что начало снеготаяния и формирование стока весеннего половодья происходило в более ранние сроки. Это подтверждает вывод о том, что при раннем начале снеготаяния и формировании половодья весенний и годовой сток оказываются значительно ниже, чем при развитии этих процессов в более поздние сроки.

Проведенные исследования показали, что в перспективе до 2035 г. среднегодовая температура воздуха в рассматриваемом регионе увеличится примерно на $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Тенденция повышения температуры воздуха в марте, по-видимому, также сохранится. Это приведет к увеличению числа лет с формированием весеннего половодья в более ранние сроки (вторая половина марта – начало апреля) и уменьшению объема весеннего и годового стока рек рассматриваемого региона за счет сокращения периода снегонакопления и увеличения потерь на инфильтрацию, за счет уменьшения дружности снеготаяния [2].

В результате реализации рассматриваемых процессов ресурсы поверхностных вод Северного и Центрального Казахстана в первой половине 21 века сократятся на 15...20 %, а в случае продолжения дальнейшего повышения температуры воздуха – до 25 %. Это приведет к значительным затруднениям при решении вопросов промышленного и водохозяйственного водоснабжения, а также коммунального водоснабжения населенных пунктов рассматриваемого региона. В то же время увеличение потерь на инфильтрацию приведет к повышению увлажнения поверхности речных бассейнов и увеличению запасов подземных вод, что, по-видимому, благоприятно скажется на сельскохозяйственном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана: 2010 год / Отв. исполнитель Петрова Е.Е. – Астана, 2011. – 22 с.
2. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 222 с.

Поступила 18.11.2011

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов
 Е.Е. Петрова

СОЛТҮСТІК ЖӘНЕ ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫ ҚОРЫНЫҢ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ҚЫСҚАРУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Солтүстік және Орталық Қазақстанның жер беті сулары қорының 21 ғасырдың бірінші жартысындағы климат өзгеруімен байланысты қасқаруының мүмкін себептері қарастырылады. Температураның жоғарылауы нәтижесінде қыс мезгілінің соңында ерте қар еріп, инфильтрацияның ұлғайуымен ағын шығыны өскен жылдар саны көбейгені көрсетілген. Нәтижесінде 21 ғасырдың бірінші жартысында қарастырылған аумақта жер беті су қорлары 20...30 % азаяды.