

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – С.Пб.: НИЦЭБ РАМ, 1998. – 482с.
2. Шведовский П.В., Волчек А.А., Лукша В.В. Оценка риска и неопределенностей при анализе эксплуатационной надежности инженерных объектов. Вестник БГТУ. Серия «Строительство и архитектура» Ч.1. – Брест.: Изд. БрГТУ, 2004, с. 245-249
3. Прикладные нечеткие системы. Пер. с япон./Под ред. Т.Терко. – М.: Мир, 1993. – 386с.
4. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы.: Каганат, 2003. – 532 с.

УДК 551.58:626.8(476.7)

Мешик О.П.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА РЕЖИМЫ ГИДРОМЕЛИОРАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ)

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие в научной литературе широко дискутируется вопрос влияния естественных и антропогенных факторов на изменение режима климатических характеристик. Глобальное потепление климата увязывается, в первую очередь, с антропогенными выбросами в атмосферу «парниковых» газов. За последнее столетие в Северном полушарии отмечается рост среднегодовой температуры приземного слоя воздуха на $0,6^{\circ}\text{C}$, а к середине XXI века ожидается ее увеличение еще на $2,5^{\circ}\text{C}$ и более [1]. Для территории Беларуси такие трансформации весьма значимы и способны оказать серьезное влияние на экономику. В частности, увеличение теплообеспеченности приведет к адекватному увеличению продолжительности вегетационного периода, что позволит, в итоге, при достижении оптимальной влагообеспеченности получать высокие и стабильные урожаи сельхозкультур. Рост температур воздуха неизбежно влечет за собой структурные изменения в режиме естественного увлажнения, прежде всего, увеличение суммарного испарения и асимметричные трансформации режима атмосферных осадков. Прогнозируемые изменения теплообеспеченности территорий повлекут за собой необходимость учета при планировании размещения сельхозкультур, проектировании водохозяйственных и мелиоративных мероприятий. Наиболее важным антропогенным фактором, повлиявшим на региональный климат Беларуси, признается широкомасштабная осушительная мелиорация, проведенная на территории Полесья в 1965-1984 гг. [2, 3, 4 и др.].

Основной целью работы является оценка современных режимов гидромелиораций в условиях изменяющегося климата.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются дефициты / избытки водопотребления основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в юго – западной, наиболее мелиорированной части Беларуси. В качестве исходных данных использовались материалы, расположенных на исследуемой территории шести метеостанций: Брест, Пружаны, Пинск, Ивацевичи, Ганцевичи, Барановичи. В качестве основного метода исследований принят тепловодбалансовый, расчетное уравнение которого имеет вид [5]

$$W_{i+1} = W_{i-1} + KX_i - Z_{oi} - Y_i + G_i - J_i, \quad (1)$$

где W_{i+1} ; W_{i-1} – почвенные влагозапасы, соответственно, на конец и начало расчетного интервала времени (t); X_i – сумма атмосферных осадков за расчетный период; K – поправочный коэффициент, отражающий недоучет атмосферных

осадков, измеряемых осадкомерными приборами; Z_{oi} – оптимальное водопотребление сельскохозяйственной культуры (оптимальное суммарное испарение естественного растительного покрова) за расчетный интервал времени; Y_i – поверхностный сток; G_i – грунтовая составляющая водного баланса за тот же период; J_i – инфильтрация почвенной влаги из зоны аэрации в более глубокие слои почвогрунтов за время (t).

В течение вегетационного периода поверхностный сток на сельскохозяйственных полях наблюдается крайне редко и его среднее значение пренебрежительно мало, что делает возможным сокращение величины (Y_i) при решении балансового уравнения (1) для месячных интервалов времени. Оценка суммарного испарения прямыми измерениями практически невозможна, что предполагает ее аналитические расчеты с использованием связей с массово наблюдаемыми характеристиками, например, температурами воздуха. Инфильтрационная составляющая вертикального влагообмена зоны аэрации находится по методике, изложенной в [6]. Расчеты дефицитов / избытков водопотребления заданной обеспеченности ведутся с использованием средних многолетних балансовых величин уравнения (1). Гидромелиоративные нормы заданной обеспеченности определяются по формуле, исходя из нормального распределения вероятностей искомых величин [5]

$$M_{P\%} = M_{50\%}(1 + \Phi_{P\%} \cdot C_V), \quad (2)$$

где $M_{50\%}$ – гидромелиоративная норма 50% - ной обеспеченности; $\Phi_{P\%}$ – нормированное отклонение от среднего; C_V – коэффициент вариации.

Подход, при котором используются в инженерных расчетах средние многолетние значения характеристик (нормы), имеет определенные трудности. Так, в 1960 году Всемирная метеорологическая организация (ВМО) предложила для вычисления климатических норм использовать 30 – летние периоды наблюдений: 1931 – 1960 гг., затем 1961 – 1990 гг. Этот подход позволяет проводить обобщение данных всего мира, сохраняя, одновременно, однородность рядов наблюдений во времени. Однако в конце 80 – х годов прошлого столетия Региональная ассоциация VI (Европа) ВМО произвела пересмотр климатических норм, ввиду недостаточной обоснованности принятого периода (три «последних предшествующих десятилетия»). В настоящее время под периодом для вычисления норм понимается определенный период времени, достаточный для оценки параметров, получаемых из вероятностных распределений. Эти параметры за пределами данного периода для достаточно долгого времени должны оста-

Мешик Олег Павлович, доцент каф. сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

ваться в статистическом смысле стабильными. Статистическая стабильность для произвольно выбранного периода не может быть оговорена заранее. Она является функцией длительности периода, наличия внутрирядных связей и расположения периода во времени [2]. На исследуемой территории достаточно сложно подобрать ряды, имеющие статистическую однородность. Наличие большого количества длительных пропусков, корректировка методик регистрации инструментальных данных, замена приборов и др. не всегда позволяют получить статистическую стабильность имеющегося ряда. В этой связи, необходимо руководствоваться не только статистическими, но и физическими принципами. Рассматривая климатологию в прикладном аспекте, необходимо исходить из того, что осредненные климатические характеристики служат исходными данными при проектировании на водосборах водотоков и водоемов различных водохозяйственных, гидротехнических, сельхозхозяйственных и др. объектов, срок службы которых ограничен. Большинство сооружений через 20 – 30 лет необходимо реконструировать, учитывая, при этом, изменившиеся климатические условия. Используя в инженерном проектировании длительные ряды наблюдений, можно изначально исказить фактическую ситуацию, так как сглаживаются тренды, сформировавшиеся в последние десятилетия. В связи с этим, считаем необходимым при вычислении климатических норм, используемых в инженерных тепловодобалансовых расчетах, принимать ряды наблюдений за последние 30 лет (1975 – 2004 гг.). Это позволит учесть трансформированные режимы формирования климатических характеристик и предусмотреть адекватные компенсационные мероприятия.

Для оценки современных трансформаций, учитываемых в расчетах климатических характеристик, а также, в итоге, получаемых гидромелиоративных норм, нами приняты в исследованиях шестидесятилетние ряды наблюдений с 1945 по 2004 гг. Исходные ряды разбиты на две части по тридцать лет: с 1945 по 1974 гг. – до активного влияния мелиоративного строительства на окружающую среду (пик мелиорации земель пришелся на 1972–1974 гг.) и с 1975 по 2004 гг. – период стабильного функционирования построенных гидромелиоративных систем. С целью оценки различий в режимах формирования естественной увлажненности территории для установлен-

ных периодов, нами получены разности средних многолетних сумм атмосферных осадков за 1975-2004 гг. и 1945-1974 гг. (таблица 1).

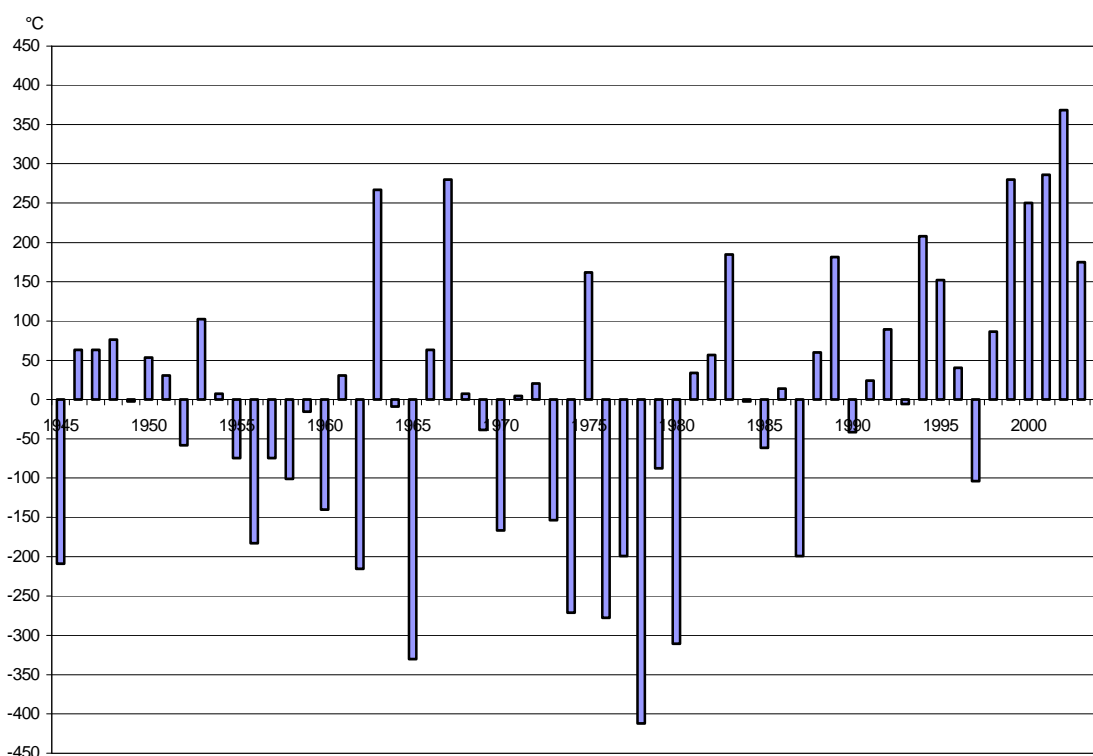
Как видно из таблицы 1, годовые суммы атмосферных осадков на исследуемой территории повсеместно увеличились от 1,5 % в районе Бреста до 7,2 % в районе Пинска. Для теплого периода увеличение еще более значимо - 2,2 и 9,5 %, соответственно. Исключение наблюдается в районе Ивацевичей, где увеличение сумм осадков за теплый период составило 1,2 %. Данные таблицы 1 отражают значимость в формировании режима атмосферных осадков антропогенного фактора – крупномасштабных мелиораций. Так как на мелиорированных угодьях интенсивно идет процесс суммарного испарения в первой половине теплого периода, достигая своего пика в июле, атмосферные осадки в этот период должны увеличиваться, что подтверждается материалами таблицы 1. В основном имеет место увеличение атмосферных осадков с начала вегетационного периода. В июле осадки увеличились везде, от незначительных величин в Бресте (на 0,5%), до 20,1 % в районе Барановичей. В августе, после уборки урожая, с уменьшением суммарного испарения осадки должны снижаться, что подтверждают данные таблицы 1 – совсем незначительно в Бресте (на 0,2 %) и на 24,1 % в районе Ивацевичей. Полученные результаты хорошо согласуются с материалами работ академика В.Ф.Логина [2, 3 и др.], и наглядно подтверждается региональный характер изменения количества атмосферных осадков в южной мелиорированной части Беларуси. В районе Бреста фактор мелиорации не имеет большой значимости. В то же время, площадь мелиорированных земель Брестского района составляет 15,8% от всей площади, что значительно ниже среднего показателя по области 22,7%. Для сентября вновь характерны положительные разности сумм осадков, наибольшая статистическая значимость которых имеет место в районе Пинска - 30,5%. Октябрь характеризуется незначительным уменьшением сумм осадков, что связано с некоторым изменением циркуляционных процессов в атмосфере. С октября формируется тип барического поля, наблюдается рост атмосферного давления, образуются мощные антициклоны, приводящие, в итоге, к снижению сумм атмосферных осадков и увеличивающейся повторяемости «бабьего лета». В ноябре также продолжается уменьшение сумм осадков. В итоге можно сделать

Таблица 1. Средние многолетние суммы атмосферных осадков и их разности на исследуемой территории, мм

	Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	4-10	Год
Брест	1975-2004	36	31	30	41	56	68	80	71	55	40	39	41	411	588
	1945-1974	30	36	27	35	50	76	76	73	48	44	45	38	402	579
	разность	6	-5	3	6	6	-8	4	-2	7	-4	-6	3	9	9
Пружаны	1975-2004	35	29	33	38	59	74	85	64	58	40	40	42	418	596
	1945-1974	29	31	25	35	53	81	70	76	48	43	45	38	406	572
	разность	6	-2	8	3	6	-7	5	-12	10	-3	-5	4	12	24
Пинск	1975-2004	35	28	32	39	53	80	81	56	59	44	41	41	412	587
	1945-1974	30	30	29	32	52	65	71	64	40	49	45	39	373	545
	разность	5	-1	3	7	1	15	10	-8	18	-5	-5	2	39	42
Ивацевичи	1975-2004	41	33	38	43	57	71	87	54	60	40	44	50	412	618
	1945-1974	32	33	27	38	61	68	78	67	46	49	47	39	407	584
	разность	9	0	11	5	-4	4	9	-13	14	-9	-3	11	5	34
Ганцевичи	1975-2004	42	33	39	43	53	85	87	64	59	45	47	49	436	645
	1945-1974	36	36	31	38	59	70	74	73	49	54	53	43	417	616
	разность	5	-4	9	6	-6	15	13	-8	10	-10	-6	5	19	30
Барановичи	1975-2004	38	30	37	37	54	83	92	62	59	41	40	47	428	620
	1945-1974	29	29	29	39	57	74	73	65	49	48	51	39	405	581
	разность	9	1	8	-1	-3	9	19	-3	11	-7	-12	8	23	39

Таблица 2. Средние многолетние значения температур воздуха и их разности на исследуемой территории, °С

	Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год	Σ_{4-10}	$\Sigma_{>10^{\circ}\text{C}}$
Брест	1975-2004	-2,7	-2,1	1,9	8,2	14,1	16,8	18,6	18,1	13,1	8,1	2,5	-1,5	7,9	97,0	2595
	1945-1974	-4,7	-3,6	0,0	7,7	13,5	17,1	18,5	17,6	13,2	7,5	2,6	-1,6	7,3	95,0	2530
	разность	2,0	1,5	1,9	0,4	0,6	-0,2	0,1	0,5	-0,1	0,7	-0,1	0,0	0,6	2,0	65,3
Пружаны	1975-2004	-3,6	-3,2	0,9	7,4	13,3	16,2	17,5	17,3	12,4	7,3	1,7	-2,3	7,1	91,4	2412
	1945-1974	-5,9	-4,7	-0,6	6,9	12,8	16,6	17,9	16,9	12,6	6,8	1,9	-2,2	6,6	90,5	2382
	разность	2,3	1,5	1,5	0,4	0,5	-0,4	-0,4	0,4	-0,2	0,5	-0,1	-0,1	0,5	0,9	30,2
Пинск	1975-2004	-3,7	-3,2	1,2	8,0	14,1	16,8	18,4	17,7	12,7	7,4	1,7	-2,5	7,4	95,1	2532
	1945-1974	-6,3	-4,8	-0,8	7,0	13,3	17,0	18,1	17,0	12,5	7,3	1,9	-2,6	6,6	92,1	2436
	разность	2,6	1,6	2,0	1,0	0,8	-0,2	0,3	0,7	0,2	0,1	-0,2	0,1	0,7	2,9	96,3
Ивацевичи	1975-2004	-3,8	-3,3	1,0	7,5	13,7	16,6	18,1	17,2	12,4	7,3	1,6	-2,4	7,1	92,7	2455
	1945-1974	-6,1	-4,8	-0,8	7,0	13,1	16,8	18,0	17,0	12,5	6,6	1,7	-2,3	6,5	91,0	2398
	разность	2,3	1,5	1,8	0,5	0,6	-0,3	0,1	0,2	-0,1	0,6	-0,1	-0,1	0,6	1,7	57,3
Ганцевичи	1975-2004	-4,2	-3,8	0,6	7,3	13,4	16,3	17,9	17,0	12,0	6,9	1,4	-3,0	6,8	90,8	2394
	1945-1974	-6,6	-5,1	-1,1	6,8	12,8	16,5	17,7	16,5	11,9	6,3	1,5	-2,7	6,2	88,4	2314
	разность	2,4	1,3	1,7	0,6	0,6	-0,2	0,2	0,4	0,2	0,6	-0,1	-0,3	0,6	2,4	80,0
Барановичи	1975-2004	-4,4	-4,0	0,3	7,1	13,2	16,1	17,4	17,0	12,0	6,8	1,1	-3,0	6,6	89,7	2355
	1945-1974	-6,6	-5,4	-1,5	6,5	12,8	16,5	17,8	16,9	12,4	6,5	1,2	-2,9	6,2	89,4	2346
	разность	2,2	1,4	1,8	0,6	0,4	-0,4	-0,4	0,2	-0,3	0,4	-0,1	-0,1	0,5	0,3	9,2

Рис. 1. Отклонение сумм температур воздуха $>10^{\circ}\text{C}$ от средней многолетней за 1945 – 2004 гг. в Бресте

вывод, что за тридцатилетний период режим естественного увлажнения юго – западной части Беларуси существенно трансформировался, особенно в его внутригодовом ходе, в целом, имеет статистическую значимость и подлежит обязательному учету в инженерных расчетах. В то же время следует отметить, что число дней в году с осадками $\geq 0,1$ мм остается практически неизменным. Во внутригодовом ходе лишь для холодного периода имеют место незначительные изменения числа дней с осадками ($\pm 1 - 2$ дня), хорошо согласующиеся с данными таблицы 1.

Как отмечено выше, существенным изменениям подвергается термический режим. В таблице 2 приведены данные по

температурам воздуха для рассматриваемых периодов и их разности на исследуемой территории.

Имеет место факт потепления климата на всей территории Беларуси в первой половине года (январь – май), причем потепление в январе столь значительно, что этот месяц перестает быть самым холодным в году. Увеличение температуры воздуха в марте связано с большим количеством малоснежных зим в период 1975 – 2004 гг. и, соответственно, снижением затрат тепла на таяние снега. Большая часть тепла стала расходоваться на нагревание воздуха. Безусловно, эта тенденция должна быть учтена при разработке хозяйственных мероприятий. Рост зимних и весенних температур приводит к

Таблица 3. Средние многолетние значения суммарного испарения и его разности на исследуемой территории, мм

	Период	4	5	6	7	8	9	10	4-10	Год
Брест	1975-2004	54	64	68	71	63	46	31	397	516
	1945-1974	53	62	68	71	63	45	30	392	510
	разность	1	2	-	-	-	1	1	5	6
Пружаны	1975-2004	52	66	71	75	60	44	28	395	505
	1945-1974	51	63	69	72	59	43	28	384	493
	разность	1	3	2	3	1	1	-	11	12
Пинск	1975-2004	55	64	72	72	59	45	31	398	508
	1945-1974	53	62	67	67	56	42	29	376	482
	разность	2	2	5	5	3	3	2	22	26
Ивацевичи	1975-2004	58	69	73	75	60	44	30	409	521
	1945-1974	55	67	71	72	59	43	29	396	504
	разность	3	2	2	3	1	1	1	13	17
Ганцевичи	1975-2004	57	68	73	72	57	42	31	401	525
	1945-1974	56	67	70	67	56	41	31	387	510
	разность	2	2	3	5	1	1	-	14	15
Барановичи	1975-2004	55	70	75	77	63	45	29	413	515
	1945-1974	53	68	72	72	60	42	28	394	495
	разность	2	2	3	5	3	3	1	19	20

Таблица 4. Дефициты водопотребления 75% - ной обеспеченности и их разности на исследуемой территории, мм

	Период	4	5	6	7	8	9	10	4-10
Брест	1975-2004	44	50	47	41	37	25	16	260
	1945-1974	50	56	39	45	35	32	12	269
	разность	-6	-6	8	-4	2	-7	4	-9
Пружаны	1975-2004	40	41	37	33	32	15	9	207
	1945-1974	43	47	30	48	20	25	6	219
	разность	-3	-6	7	-15	12	-10	3	-12
Пинск	1975-2004	44	50	35	36	44	18	10	237
	1945-1974	51	51	50	46	36	37	5	276
	разность	-7	-1	-15	-10	8	-19	5	-39
Ивацевичи	1975-2004	40	47	44	32	46	14	12	235
	1945-1974	45	43	47	41	33	28	3	240
	разность	-5	4	-3	-9	13	-14	9	-5
Ганцевичи	1975-2004	38	48	25	20	25	7	+6	169
	1945-1974	43	42	40	33	16	17	+3	188
	разность	-5	6	-15	-13	9	-10	+3	-19
Барановичи	1975-2004	41	50	31	25	38	14	8	207
	1945-1974	39	47	40	44	35	24	1	230
	разность	2	3	-9	-19	3	-10	7	-23

увеличению продолжительности вегетационного периода сельхозкультур, вследствие чего юго – западная часть Беларуси получает выгодные термические ресурсы, необходимые для интенсификации сельхозпроизводства. В целом, имеет место также рост сумм температур воздуха за теплый период (апрель – октябрь). Особую значимость в сельском хозяйстве приобретает увеличение накопленных температур воздуха >10°C. На рисунке 1 отражается существующая тенденция. Подобно Бресту, такая же ситуация складывается и для остальных пунктов юго – западной части Беларуси. Наибольший прирост за последнее тридцатилетие характерен для Пинска 96,3°C (3,8%). Учитывая, что суммы накопленных температур >10°C возрастают по направлению северо – восток – юго-запад, за последнее тридцатилетие произошло смещение

границ агроклиматических районов на расстояние около 40 – 50 км по данному направлению.

Тепловоднобалансовые расчеты выполнены дифференцированно для различных тридцатилетних периодов при однотипных почвенно – гидрогеологических условиях (режим уровней грунтовых вод, водно-физические свойства почв, непосредственно тип почвы: дерново - подзолистая супесчаная). В таблице 3 приведены рассчитанные значения суммарного испарения. Как видно, суммарное испарение возросло за последнее тридцатилетие практически во все месяцы теплого периода. Наибольший рост составил в первой половине лета (июнь, июль), около 7% в районе Пинска. Эти данные хорошо согласуются с мелиорированностью исследуемой территории, увязываются с атмосферными осадками, формирующимися и возрастающими в это время за счет местного испарения,

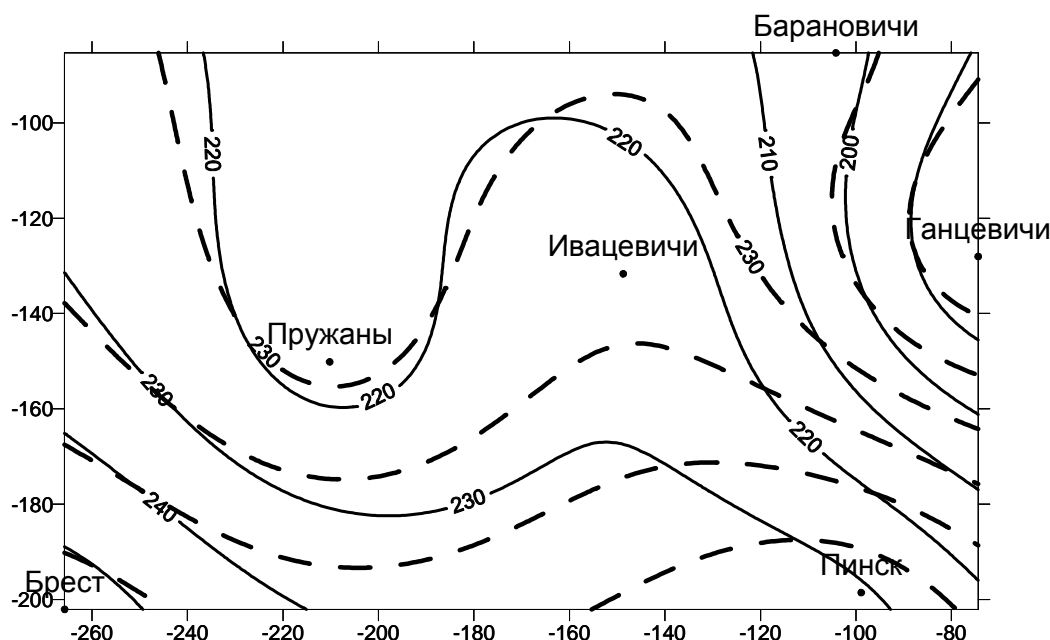


Рис. 2. Распределение дефицитов водопотребления теплого периода 75 %- ной обеспеченности ($V_0=1,0$) на исследуемой территории, мм: сплошная линия – результаты расчета за 1975-2004 гг., пунктирная линия – за 1945 – 1974 гг.

а также с температурами воздуха. В этот период происходят наибольшие затраты тепла на процесс суммарного испарения и температура приземного воздуха практически повсеместно несколько снижается (таблица 2). В целом, за теплый период рост суммарного испарения составил от 1,2% в Бресте до 5,5% в Пинске.

В таблице 4 приведены полученные тепловоднобалансовым методом дефициты водопотребления 75% – ной обеспеченности основных сельхозкультур, при уровне оптимальности $V_0=1,0$. Принятый уровень оптимальности соответствует максимальному количеству воды, необходимой для увлажнения сельхозкультур, при поддержании почвенных влагозапасов в критические их фазы на верхнем пределе оптимальной влажности - наименьшей влагоемкости ($W_{нв}$).

Как видно из таблицы 4, в течение вегетационного периода за последнее тридцатилетие произошло снижение дефицитов водопотребления в среднем около 8% (минимум 2,1% в Ивацевичах, максимум 14,1% в Пинске). Наибольшую значимость представляет снижение дефицитов в активной фазе вегетации сельхозкультур (май – июль). В сумме за этот период дефициты водопотребления уменьшились в среднем на исследуемой территории на 16 мм (от 2 мм - в Бресте до 26 мм - в Пинске), что свидетельствует о примерном сокращении оросительных норм до 18%. В августе имеет место рост дефицитов водопотребления, но в то же время для большинства сельскохозяйственных культур потребность в оросительных мероприятиях отпадает. Расчеты, выполненные для других обеспеченностей и уровней оптимальности, в целом, отражают ситуацию, представленную в таблице 4. На рисунке 2 отражено распределение на исследуемой территории дефицитов водопотребления за теплый период (75% - ной обеспеченности при уровне оптимальности $V_0=1,0$).

Как видно из рисунка 2, смещение изолиний, фиксирующих одинаковые значения, произошло на 30 – 50 км, аналогично трансформации сумм накопленных температур воздуха $>10^{\circ}\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований установлена статистическая значимость изменения режима климатических характеристик за последнее тридцатилетие (1975-2004 гг.).

Помимо глобальных, общепланетарных процессов, связанных с потеплением климата, установлена значительная роль антропогенных факторов, в частности проведение широкомасштабных осушительных мелиораций, в совокупности также повлиявших на отмеченные изменения.

Отмечается смещение границ агроклиматических районов по условиям теплообеспеченности (сумма накопленных температур воздуха $>10^{\circ}\text{C}$) около 40 – 50 км по направлению северо-восток – юго-запад. Территория Беларуси стала получать недостающие термические ресурсы, предопределяющие возможность интенсификации сельхозпроизводства (введение в оборот новых, более влаголюбивых и высокопродуктивных видов сельхозкультур).

Климатические условия Беларуси утрачивают черты континентальности за счет сглаживания годовых амплитуд исследуемых характеристик (температур воздуха, атмосферных осадков). Условия естественного увлажнения, наряду с термическими ресурсами, в комплексе становятся более благоприятными и, в итоге, снижают дефициты водопотребления сельхозкультур. Экономия оросительной воды за вегетационный период составляет порядка 150 – 200 м³/га, что является значимой величиной и может повлиять на снижение сельхозиздержек.

Анализ трендов исследуемых характеристик показывает, что отмеченная динамика естественной тепловлагообеспеченности сохранится как минимум на ближайшее тридцатилетие. В этой связи, должны быть скорректированы методики проектирования основных элементов и сооружений мелиоративных и водохозяйственных объектов. Требуется внесение изменений и дополнений в соответствующую нормативную документацию, в частности, СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения», РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы» и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Метревели Г.С., Метревели М.Г. Фоновые факторы глобального потепления климата в прибрежной зоне Черного моря // Водные ресурсы.-2001.-Т.28, №5.-С.621-627.
2. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф.Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 235с.

3. Изменения климата Беларуси и их последствия / В.Ф.Логинов, Г.И.Сачок и др. / Под общ. Ред. В.Ф.Логинова.-Мн.: ОДО «Тонпик», 2003.-330с.
4. Мешик О.П., Валуев В.Е. Трансформация режима выпадения атмосферных осадков на территории Беларуси // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика.-2005.-№2(33).-С.3-6.
5. Методические указания по тепловоднобалансовым расчетам в гидромелиоративных целях с применением ЭВМ / В.Е.Валуев, А.А.Волчек, Г.В.Фолитар.-Брест: Брестский инженерно – строительный институт, 1987.-42с.
6. Мешик О.П. Исследование и моделирование инфильтрационного питания грунтовых вод на территории Белорусского Полесья // «Вестник БПИ – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология», №2, 2000.-С.13-17.

УДК 550.34 (476)

Волчек Ан.А.

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО МАКСИМАЛЬНОМУ СТОКУ ВОДЫ

Введение

В настоящее время проблема наводнений и методов их прогнозирования является актуальной для многих стран, в том числе и для Беларуси. Объективная оценка максимальных расходов воды весеннего половодья позволит уже на стадии проектных проработок снизить возможные ущербы от наводнений. Изменения климата наложили свой отпечаток и на характер весенних половодий. Все это требует анализа условий формирования максимальных расходов воды, выделение однородных районов и разработки методики прогнозирования. Кроме того, накоплен богатый материал наблюдений за максимальными расходами воды и требует анализа. Поэтому выделение районов с генетически однородными условиями формирования стока, заключающееся в разделении изучаемых объектов на отдельные группы, представляет значительный интерес.

В середине прошлого столетия выполнено районирование территории Беларуси по величине годового стока [1], выделено 6 гидрологических районов, приуроченных к бассейнам основных рек. Вопросам районирования территории Беларуси по максимальному стоку весеннего половодья уделено гораздо меньше внимания.

В настоящей работе предпринята попытка выполнить районирование территории Беларуси по условиям формирования и характеру колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья различными методами.

Исходные данные и методика исследования

При районировании территории помимо гидрологических характеристик также необходимо учитывать физико-географические факторы и геологические особенности территории, предусматривать деление территории по признакам сходства и различию водных объектов, направленность гидрологических процессов.

Исходными данными послужили максимальные расходы воды весеннего половодья по 120 речным створам за период инструментальных наблюдений. Выбор створов осуществлялся с учетом равномерного распределения по территории Беларуси. Ограничения на размер водосбора не накладывались. Для районирования по синхронности многолетних колебаний и по цикличности колебаний был принят 50-летний период – с 1951 по 2000 гг. включительно. В результате анализа в районировании этими методами использовалось 85 гидрологических створов. При районировании с использованием пространственных корреляционных функций (ПКФ) использовались все 120 гидрологических створов.

Пропущенные и искаженные данные были восстановлены с помощью программного комплекса «Гидролог».

Районирование по синхронности многолетних колебаний максимального стока

Методика объединения гидрологических створов в районы основана на построении матрицы парных коэффициентов корреляции, полученной в результате пространственного корреляционного анализа [2, 3].

В первую очередь корреляционная матрица рассчитывалась для створов с площадью водосбора, превышающей 4000 км², что позволило определить предварительные границы для предполагаемых районов. После чего парные коэффициенты корреляции были рассчитаны для 85 створов с целью детального уточнения границ.

Объединение гидрологических створов в один район осуществлялось при парном коэффициенте корреляции, превышающем критический уровень, равный 0,50.

Районирование территории по цикличности колебания максимального стока

Объединение гидрологических створов в однородные районы основывалось на анализе сходства изображений спектральной плотности максимальных расходов воды [4]. Спектральная плотность рассчитывается для всех гидрологических створов за одинаковый интервал времени по формуле [5]

$$S(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_0^m \lambda(\tau) r(\tau) \cos(\omega \tau) d\tau, \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi T$ – круговая частота; T – период; m – максимальный сдвиг при оценке ординат автокорреляционной функции; $\lambda(\tau)$ – сглаживающая функция; $r(\tau)$ – автокорреляционная функция.

В качестве сглаживающей функции $\lambda(\tau)$ применялось корреляционное окно Наттола [5]

$$\lambda(\tau) = \sum_{k=0}^3 a_k \cos\left[\frac{\pi k \tau}{m}\right], \quad (2)$$

где a_k – весовые коэффициенты ($a_0 = 0,364$; $a_1 = 0,489$; $a_2 = 1,137$; $a_3 = 0,011$).

Окно Наттола использовалось для упрощения выделения типовых спектров, т. к. его применение позволяет снизить величину шумовой компоненты и получить сглаженный спектр.

Максимальный по длительности период, выделяемый на спектре, не должен превышать 1/3 длины ряда. Уровень значимости пиков назначался из нулевой гипотезы H_0 : гидрологический ряд представляет собой «белый шум». Доверительный интервал [6] для выборочного спектра в этом случае определяется выражением

Волчек Анастасия Александровна, ассистент каф. сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.