

УДК 551.581

Доктор геогр. наук В.С. Чередниченко \*  
Доктор геогр. наук А.В. Чередниченко \*\*  
Канд. геогр. наук Алексей В. Чередниченко \*\*

### О СВЯЗИ МЕЖДУ ТИПАМИ МАКРОПРОЦЕССОВ И КОЛИЧЕСТВОМ ОСАДКОВ НА МЕТЕОСТАНЦИЯХ УРАЛЬСК И КОСТАНАЙ

*ТИП ПРОЦЕССА, ТИПИЗАЦИЯ, КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ ВЫШЕ НОРМЫ, НИЖЕ НОРМЫ, ПОВТОРЯЕМОСТЬ, АНАЛИЗ ЭКСТРЕМУМОВ, НОРМЫ, ПРОГНОЗ*

*Сделана попытка увязать количество осадков, выпадающих на М Уральск и М Костанай, с типами макропроцессов Г.Я. Вангенгейма и А.Л. Каца. Установлены типы макропроцессов и их сочетаний, при которых имеют место экстремальные величины стока р. Жайык (Урал) для периода, когда сток был не зарегулирован. Показано, что, несмотря на принципиально разные подходы авторов к типизации, в обоих случаях успешно прогнозируются только осадки «выше» и «ниже» нормы. Следовательно, на основе макропроцессов сток р. Жайык возможно прогнозировать в таких же категориях.*

Сток р. Жайык достаточно хорошо коррелирует с суммарным по двум метеостанциям (М) Уральск и Костанай годовым количеством осадков. В развитие данной связи мы попытались увязать количество осадков, выпадающих на этих станциях с типами макропроцессов по Г.Я. Вангенгейму и А.Л. Кацу. Нами рассмотрены величины осадков за все месяцы года по М Уральск и М Костанай во взаимосвязи с типами макропроцессов. Для этого был взят период, когда сток был не зарегулирован. Такой период имел место с двадцатых годов двадцатого века по 1958 год, т.е. около 40 лет. Этого считалось достаточным для получения обеспеченных выводов. Работа представлялась необходимой для целей прогнозирования условий выпадения и количества осадков, что является близкой или отдаленной целью любых исследований в данной области. Средняя годовая характеристика макроциркуляционных условий для этой

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

\*\* Институт проблем экологии КазНУ им. аль-Фараби

цели малоприспособлена. Поэтому были взяты ежемесячные данные об осадках, месяцы были объединены в холодный и теплый периоды. При этом в холодный период были включены семь месяцев с октября по апрель включительно. Это сделано потому, что в северных районах Казахстана, для которых осуществлялся анализ, снег, выпавший с октября по апрель, сходит в последней декаде апреля, обеспечивая весенний паводок. Далее мы решили рассмотреть, как согласуется величина стока р. Жайык и количество осадков с одной стороны, с типами макропроцессов – с другой.

**Макропроцессы по Г.Я. Вангенгейму.** Из большого числа типизаций макропроцессов наиболее известна типизация Г.Я. Вангенгейма ввиду своей простоты [3]. Отметим, что официальные долгосрочные прогнозы погоды Казгидромета базируются на макроциркуляционном методе М.Х. Байдала, разработанном специально для территории Казахстана. Метод М.Х. Байдала имеет, кроме того, целый ряд региональных «привязок» в виде карт аномалий от нормы температуры и осадков, характеристик поля ветра в разных точках Республики и другое в зависимости от того или другого типа макропроцесса [1, 2]. Однако в данном случае типизация М.Х. Байдала нами не использовалась.

Мы осуществили сначала поиск связей между месячным количеством осадков для станций Уральск и Костанай и типом макропроцессов по Г.Я. Вангенгейму. Для этого было вычислено среднее количество осадков холодного и теплого периодов («норма»), оно приведено в соответствующей графе табл. 1, а затем месячное количество осадков было разбито на градации по 10 мм в большую и меньшую стороны от «нормы». За «норму», таким образом, в нашей работе принято среднее количество осадков по каждой станции, вычисленное за период лет, включённых в обработку. Для каждой из градаций была подсчитана средняя повторяемость в числе суток, т.е. суток каждого из трех типов макропроцессов по [3]. Результаты представлены в табл. 1. В числителе приведены данные для Уральска, а в знаменателе – для Костаная.

В холодный период для Уральска и Костаная «норма» осадков, будучи совершенно разной для этих станций, имеет место при повторяемости 8,8; 10,1; 10,2 суток для типов W, E, C соответственно. При увеличении количества осадков для Уральска повторяемость типа C возрастает в среднем до 13,6 суток, т.е. на 3,4 суток, что физически правильно. Повторяемость типа W уменьшается до 7,2 суток, (на 1,6 сут), а повторяемость типа E остается, практически, без изменений.

Таблица 1

Макротипы (сутки) и количество осадков (мм) на М Уральск (числитель) и М Костанай (знаменатель)

Тип макропроцесса	Сезон													
	холодный							теплый						
	< 5	-20	-10	норма	+10	+20	+30	-20	-10	норма	+10	+20	+30	+40
				32,0						37,0				
			21,7							46,5				
W	$\frac{0}{6,1}$	$\frac{0}{8,4}$	$\frac{9,0}{9,3}$	8,8	$\frac{7,2}{10,3}$	$\frac{11,6}{10,5}$	$\frac{10,1}{0}$	$\frac{5,6}{10,7}$	$\frac{8,7}{12,5}$	9,0	$\frac{9,6}{8,6}$	$\frac{7,4}{8,8}$	$\frac{7,0}{7,1}$	$\frac{0}{5,0}$
E	$\frac{0}{11,9}$	$\frac{0}{11,9}$	$\frac{11,0}{9,3}$	10,1	$\frac{10,0}{8,4}$	$\frac{6,7}{7,9}$	$\frac{6,5}{0}$	$\frac{15,0}{13,0}$	$\frac{13,5}{12,0}$	11,7	$\frac{8,6}{11,9}$	$\frac{10,7}{11,9}$	$\frac{9,2}{12,2}$	$\frac{0}{16,1}$
C	$\frac{0}{10,0}$	$\frac{0}{9,7}$	$\frac{10,0}{9,3}$	10,2	$\frac{13,6}{12,8}$	$\frac{12,1}{11,0}$	$\frac{12,7}{0}$	$\frac{9,8}{7,0}$	$\frac{8,2}{5,8}$	9,7	$\frac{12,2}{9,6}$	$\frac{12,6}{10,0}$	$\frac{16,2}{10,8}$	$\frac{0}{10,0}$

При дальнейшем увеличении количества осадков, до 20 мм сверх нормы, повторяемость типа С несколько снижается, с 13,6 до 12,1 сут, повторяемость типа W возрастает с 7,2 до 11,6 сут, т.е. на 4,4 сут, а Е уменьшается от 10,0 до 6,7 сут, т.е. на 3,3 суток. Для Уральска в холодной период снижение повторяемости типа Е при росте количества осадков можно считать естественным, возможно необходимым. В то же время снижение повторяемости типа С, хотя и незначительное, несколько неожиданно. Дальнейшее увеличение количества осадков в Уральске происходит при практически неизменной повторяемости типов. Видимо, возрастает роль интенсивности процессов.

При уменьшении количества осадков в Уральске до 10 мм от нормы повторяемость типа Е возрастает с 10,1 до 11,6 суток, т.е. на 1,5 сут по сравнению с нормой. Однако при этом возрастает, хотя и незначительно, повторяемость типов С и W, на 0,4 и 0,2 сут соответственно. Для Костаная в холодный период (табл. 1) с увеличением количества осадков 10 мм от нормы повторяемость типов С и W увеличивается до 12,8 и 10,3 сут соответственно, а повторяемость типа Е уменьшается на 1,7 сут. При дальнейшем увеличении осадков до 20 мм от нормы повторяемость типа С уменьшается с 12,8 до 11,0 суток, типа Е на 0,5 сут, а типа W – до 10,5 суток. Таким образом, заметное увеличение осадков не сопровождается соответствующим увеличением продолжительности осадконесущего типа С.

В теплый период «норма» осадков в Уральске и Костаная имеет место при повторяемости 9,0; 11,7; 9,7 суток типов W, Е, С соответственно. Заметим, что только повторяемость типа Е для «нормы» выше, чем зимой, хотя и всего на 1,6 суток.

В Уральске при увеличении осадков на 10 мм увеличивается повторяемость типов С (на 2,7) примерно при таком же уменьшении повторяемости типа Е, с 11,7 до 8,8 суток. Незначительно повысилась повторяемость типа W с 9,0 до 9,6 суток.

При увеличении количества осадков до 20 мм от «нормы» несколько увеличивается повторяемость типа С, на 0,4, и типа Е – на 1,1 сут, при уменьшении повторяемости типа W до 7,4 суток, т.е. на 2,2 сут. Дальнейшее увеличение осадков до 30 мм от нормы имеет место при росте повторяемости типа С до 16,2 сут, т.е. на 3,6 сут по сравнению с «нормой», что естественно. Отмечается снижение повторяемости типа W – на 2,5 сут по сравнению с «нормой», и Е – на 5 сут.

При снижении количества осадков на 10 мм от нормы в Уральске в теплый период имеет место снижение повторяемости типа С на 1,5 сут (с 9,7 до 8,2 сут) и типа W на 0,3 сут (с 9,0 до 8,7 сут) при росте повторяемости типа Е на 1,8 сут (с 11,7 до 13,5 сут). При снижении осадков на 20 мм от «нормы» повторяемость типа С неожиданно увеличивается на 1,6 дня при заметном увеличении повторяемости типа Е до 15,0 сут и снижении повторяемости типа W до 5,6 суток. В общем, можно сказать, что в сторону снижения осадков от нормы для Уральска характерно менее заметное снижение повторяемости типа С, значительное – типа W и значительный рост типа Е.

В теплый период осадки в Костаная, в общем, наблюдаются при значительно меньшем, чем для Уральска увеличении С, но при росте повторяемости типа Е. Повторяемость типа W постепенно снижается. Так, при увеличении осадков на 10 мм от нормы повторяемость типа Е увеличивается на 0,2 сут, а типа С даже понижается на 0,1 сут. Повторяемость типа W снизилась на 0,4 сут. Дальнейшее увеличение осадков на 20 мм от нормы сопровождалось ростом типа С до 10,0 сут (на 0,3 сут по сравнению с «нормой»), а повторяемость типа Е не изменилась, 11,9 сут. Повторяемость типа W немного увеличилась - до 8,8 сут. При дальнейшем увеличении количества осадков до 30 мм от нормы и более происходит заметное увеличение повторяемости типа Е - до 16,1 сут, при осадках около 40 мм – и такое же заметное снижение повторяемости типа W. Повторяемость С растет до 10,8 сут при осадках до 30 мм от нормы, а затем несколько уменьшается. Общий рост повторяемости типа С при росте осадков невелик и в максимуме не превышает 1,0 день над нормой, в то время как тип Е увеличивается в максимуме на 4,5 сут, а тип W снижается на 4,0 сут по сравнению с нормой (табл. 1).

Для Костаная снижение осадков на 10 мм от нормы в теплый период сопровождалось снижением типа С: с 9,7 до 5,8 сут, типа W – ростом с 9,0 до 12,5 сут и незначительным ростом типа Е, с 11,7 до 12,0 суток. При дальнейшем снижении количества осадков до 20 мм повторяемость типа Е возрастает до 13,0, типа W уменьшается до 10,7 суток, а повторяемость типа С возрастает до 7,0 суток. Таким образом, при общей тенденции снижения повторяемости типа С и некотором росте типов Е и W при снижении осадков в теплый период для Костаная характерно отсутствие строгой тенденции.

В связи с отмеченными особенностями, заключающимися, как отмечено выше, в отсутствии плавности в изменениях количества осадков и

повторяемости типов, авторы решили задачу упростить, сократив количество градаций осадков до двух. Далее рассмотрена средняя повторяемость типов макропроцессов для случаев, когда осадки «выше нормы» и когда они «ниже нормы». При этом градацию, в которую попадает «норма», мы исключили из подсчетов аномалий вообще. Данные о «норме» используются только в анализе для сравнения. Представлялось, что это обеспечит большие различия в повторяемости типов для данных градаций. Результаты расчетов представлены в табл. 2 для Уральского и в табл. 3 для Костаная.

Таблица 2

Типы циркуляции при осадках «ниже нормы» и «выше нормы». М Уральск

Тип циркуляции	Сезон					
	холодный			теплый		
	осадки, мм			осадки, мм		
	< 20	норма	> 30	> 20	норма	> 30
W	9,2	8,8	10,5	7,9	9,0	7,2
E	12,4	10,1	7,7	13,9	11,7	9,8
C	10,8	10,2	12,3	8,6	9,7	13,9

Сравнивая данные табл. 2 для М Уральского и повторяемости типов для «нормы», содержащиеся в табл. 1, можно отметить следующие. В холодный период количество всех осадков «выше нормы» наблюдается при существенно другой повторяемости типов, чем «норма». Так, повторяемость типов W, E и C при «норме» составляет 8,8; 10,1 и 10,2 суток соответственно, а при осадках «выше нормы» повторяемость этих же типов равна 10,5; 7,7 и 12,3 суток соответственно, т.е. при всех осадках выше нормы повторяемость типа W возросла на 1,7; типа C – на 2,1, а типа E понизилась на 2,4 суток.

При осадках холодного периода «ниже нормы» повторяемость типов составила 9,2; 12,4 и 10,8 дня соответственно, т.е. повторяемость W снизилась на 1,2 сут, типа C несколько возросла, на 0,6 сут, а типа E заметно возросла, на 2,3 суток. В теплый период при осадках «выше нормы» в Уральске повторяемость типов W, E, C составляет 7,2; 9,8 и 13,9 дня соответственно, т.е. повторяемость типа C возрастает на 4,2 сут, а типа W понижается на 1,8 сут. Повторяемость типа E понижается на 1,9 сут.

При осадках ниже нормы повторяемость типов C и W снижается незначительно, на 1,1 сут, а повторяемость типа E возрастает на 2,2 сут.

Обобщая данные для Уральского следует отметить, что и в холодный и в теплый периоды года осадки выше нормы наблюдаются при заметном росте повторяемости типа C (2,1 и 4,2 сут соответственно) и снижении по-

вторяемости типа Е (2,4 и 1,9 сут соответственно). Повторяемость типа W зимой возрастает на 1,7 и 1,8 суток соответственно.

При осадках ниже «нормы» и в холодную и в теплую части года прежде всего заметно возрастает повторяемость типа Е, на 2,3 и 2,2 суток соответственно. В холодную часть года снижения повторяемости типов С и W при осадках ниже «нормы» нет, а летом снижение повторяемости типов С и W составляет 1,1 суток.

Рассмотрим данные для М Костанай (табл. 3).

Таблица 3

Типы циркуляции при осадках «ниже нормы» и «выше нормы». М Костанай

Тип циркуляции	Сезон					
	холодный			теплый		
	осадки, мм			осадки, мм		
	< 20	норма	> 30	> 20	норма	> 30
W	8,6	8,8	11,0	11,9	9,0	7,9
E	12,0	10,1	8,2	12,3	11,7	12,5
C	9,6	10,2	12,1	6,2	9,7	10,0

В холодный период осадки «выше нормы» имеют место при W, E и C равных 11,0; 8,2 и 12,1 сут соответственно, т.е. отмечается заметный рост C, на 1,9 сут, W – на 2,2 сут и снижение повторяемости E – на 1,9 сут [2, 5]. При осадках «ниже нормы» повторяемость типов составляет 8,6; 12,0 и 9,6 суток соответственно, т.е. повторяемость типа C снизилось на 0,6, типа W – на 0,2, типа E возросла на 1,9 суток.

В теплый период осадки выше нормы имели место при повторяемости типов W, E, C 7,9; 12,5 и 10,0 сут соответственно, т.е. при почти неизменном C (+0,3 сут), слабом росте E (+0,8 сут) и снижении W (-1,1 сут). Осадки «выше нормы», следовательно, в этом сезоне зависят от интенсивности процессов больше чем от их повторяемости.

При осадках «ниже нормы» повторяемость типов составляет 11,9; 12,3 и 6,2 сут соответственно, т.е. имеет место существенное снижение повторяемости типа C (на 3,5 сут), рост повторяемости типа W (на 2,9 сут) и лишь небольшое увеличение повторяемости типа E (на 0,6 сут). В Костанайе, следовательно, в теплый период осадки выше нормы как и осадки ниже нормы имеют место при повышенной по сравнению с нормой повторяемостью типа E, в то время как в холодный – осадки выше нормы наблюдаются при пониженной повторяемости типа E, а ниже нормы – при повышенной.

Осадки «выше нормы» в теплый период имеют место при по сути неизменной повторяемости типа С, а ниже нормы – при значительном её снижении. В холодный период все наоборот: осадки выше нормы при заметном росте типов Е и С, а ниже нормы – при почти неизменной повторяемости типа С и заметном росте типа Е. Как показано выше, в Уральске осадки выше нормы в теплый период имеют место только при заметном росте С, а также W и одновременном падении типа Е. Осадки «ниже нормы» – при заметном росте Е и снижении С, а также W. В холодный период тенденции изменения типа Е такие же, как и в теплый, а повторяемость типов С и W при осадках «ниже нормы» несколько даже возрастает.

Представляет интерес рассмотреть далее, при каких условиях имеет место экстремально сток р. Жайык, т.е. какое сочетание типов дает экстремально большое и экстремально низкое количество осадков в обеих частях водосбора одновременно. Кроме наших данных мы воспользовались также [7], чтобы добиться большей объективности.

Поскольку эпохи – понятие очень общее, мы конкретизировали повторяемость каждого из типов макропроцессов в числе суток отклонения повторяемости типов от нормы только за периоды экстремумов. Из данных табл. 4 можно видеть, что экстремум стока определяется скорее сочетанием макропроцессов, а не только типами эпохи.

Таблица 4

Связь величины стока р. Жайык с формами циркуляции

Вид экстремума	Период	Тип циркуляции	
		Типы для периодов экстремумов стока	По Вангенгейму (эпохи)
min	1928...1930	W (9), C(-26), E (15)	W
max	1949...1958	W (-19), C(+9), E(18)	E+C
min	1970...1984	W(-37), C(-25), E(64)	E
max	1998...2002	W(41), C(-14), E(-26)	W

*Примечание:* в скобках дано среднее (в пересчете на год) отклонение повторяемости типа от нормы в числе суток.

Анализ экстремумов расхода воды р. Жайык, содержащихся в табл. 4, показал, что минимум стока в тридцатые годы имел место при процессах W(9) + E(15). При этом тип С (-26) имел наименьшую повторяемость. Второй минимум стока в 70-е...80-е годы имел место в эпоху Е при преобладающей повторяемости этого типа, E(64), при примерно такой же повторяемости типа С(-25). Тип W(-37) был выражен тоже слабо.



Следовательно, имевшие место два минимума стока р. Жайык наблюдались при довольно разных сочетаниях типов. Минимум 30-х годов имел место при очень низкой повторяемости типа С и с невысоким преобладанием типа W при незначительном превышении нормы типом E. Минимум восьмидесятых годов имел место при высоком превышении нормы типом E и очень низкой повторяемости типов W и С (см. табл. 4).

Максимум стока в пятидесятые годы наблюдался при некоторым превышении нормы типом С (9) и типом E (18) при повторяемости ниже нормы типа W (-19). Максимум двухтысячных годов имел место при преобладании типа W (41), низкой повторяемости типов С (-14) и E (-26). Следовательно, и максимальный сток р. Жайык может иметь место при довольно разном сочетании типов циркуляции.

Таким образом можно видеть, что выводы, полученные Шкляевым А.С. [7] и авторами в общем хорошо согласуются. Поскольку имеется по сути два водосбора, один восточнее, а другой западнее Южного Урала, то сочетание двух типов макропроцессов, рассчитанное нами, является обычной ситуацией. Минимумы стока имеют место при максимальной повторяемости типа E с низкой повторяемостью типа С и W, или при высокой повторяемости типов W и С. Максимум стока имеет место при типе С или W с довольно высокой их повторяемостью.

Вместе с тем связь между годовыми колебаниями стока и числом суток за год определенного типа циркуляции оказалась слабой, что мы отмечали по ходу анализа. Как отмечено в [7], годы наибольшей и наименьшей водности подготавливаются в течение длительного периода и наступают, как правило, в конце той эпохи, которая обуславливает наиболее благоприятные или неблагоприятные условия формирования стока в данном районе. Эти условия формируются в т.ч. и в повторяемости типов макропроцессов и их сочетаний. Возможно, что использование повторяемости макротипов имеет смысл только для прогнозирования ситуаций «осадки выше нормы» и «осадки ниже нормы». Имеются, кроме того, другие индексы, характеризующие общую циркуляцию, показавшие свою эффективность. Поэтому исследования в данном направлении авторы намерены продолжить.

**Макропроцессы по А.Л. Кацу.** Рассмотрим далее тот же временной ряд осадков по М Уральск и М Костанай во взаимосвязи с типами А.Л. Каца. Как известно [5, 6] Кац выделил два типа макроциркуляции: зональный и меридиональный. В каждом из типов, в первую очередь в ме-

ридиональном типе, он выделяет по четыре формы циркуляции Ц, З, С и В. Отличительные свойства каждой из форм и характерные поля аномалий для них в зависимости от периода года приведены в [5, 6]. Главной отличительной особенностью типизации Каца от типизации Вангенгейма является то, что в типизации Каца оценивается интенсивность циркуляции через соотношение меридиональной составляющей ветра к зональной на уровне 500 гПа в десяти постоянных точках в пределах первого естественного синоптического района. Именно по величине интенсивности разделяются зональный и меридиональный типы. Наличие таких дополнительных характеристик как увеличение числа форм циркуляции и данных об их интенсивности позволяет надеяться, что теснота связей между количеством осадков в Уральске и Костанае и типами (формами) циркуляции и их интенсивностью будет достаточно тесной.

В табл. 5 приведено распределение осадков в Уральске по градациям через 10 мм и типы циркуляции, при которых эти осадки имели место.

Для Уральска в холодный период зависимость количества осадков от формы циркуляции слабая и неоднозначная. Так, увеличение количества осадков сверх зимней нормы до 60 мм/месяц сопровождается заметным снижением повторяемости форм З, С и В западного типа, т.е. широтного, только повторяемость формы Ц возрастет. Однако особенно большое количество осадков, более 60 мм/мес, наблюдается при общей низкой повторяемости типа З.

При меридиональном типе с увеличением количества осадков от нормы до 50,1...60,0 мм резко, более чем в два раза, возрастает повторяемость форм З и Ц при уменьшении формы С в 4 раза. Однако при осадках более 60 мм повторяемость формы С возрастает в три раза, до 5 сут в месяц, а повторяемость форм Ц и З уменьшается в два раза. Повторяемость формы В составляет менее одного дня для всего диапазона осадков выше нормы (табл. 5).

Если рассматривать суммарную повторяемость форм без учета интенсивности, то, как и следовало ожидать, из анализа выше, 50,1...60,0 мм/мес рост осадков наблюдается при удвоении повторяемости формы Ц (до 14,7 сут), полуторном увеличении формы З и значительном снижении повторяемости формы С. Осадки более 60 мм/мес имеют место при возрастании формы С до 8,6 дня и заметном сокращении продолжительности форм Ц и З. Повторяемость формы В оставалась около 3 суток.

Таблица 5

Макропроцессы по А.Л. Кацу (число суток) и количество осадков. М Уральск

Тип	Форма	Холодный							Теплый						
		< 10	10,1...20	20,1...30	30,1...40	40,1...50	50,1...60	> 60	< 10	10,1...20	20,1...30	30,1...40	40,1...50	50,1...60	> 60
З	Ц	0	0...4,3	31...5,2	39...5,7	26...2,6	24...8,0	38...5,4	22...2,5	21...2,3	25...3,6	15...3,0	7...1,7	4...2,0	10...2,5
	З	5...1,0	41...2,6	18...3,0	13...1,9	44...4,4	6...2,0	26...3,7	7...0,9	22...0	41...5,9	17...3,4	0	-	10...2,5
	С	8...1,6	76...4,8	24...4,0	32...4,3	55...5,5	6...2,0	18...3,6	20...2,5	22...2,4	35...5,0	26...5,2	25...6,2	6...3,0	13...3,3
	В	16...3,2	22...1,4	6...1,0	13...1,9	8...0,8	1...0,3	16...2,3	12...1,5	29...3,2	21...3,0	0	3...0,7	-	5...1,2
М	Ц	23...5,6	89...5,6	33...5,5	22...3,1	32...3,2	20...6,7	19...3,7	90...11,2	82...9,0	24...3,4	15...3,0	28...7,0	14...7,0	29...7,2
	З	19...3,8	100...6,3	7...1,2	29...4,1	45...4,5	30...10,0	30...5,3	0	28...3,1	15...2,1	14...2,8	36...9,0	28...14,0	29...7,2
	С	66...13,2	60...3,8	29...4,8	41...5,9	69...6,9	5...1,7	35...5,0	40...5,0	66...7,3	25...3,6	31...6,2	15...3,7	5...2,5	3...0,7
	В	12...2,4	27...1,6	21...3,5	21...3,0	25...2,5	0	5...0,7	53...6,7	53...60,0	27...3,9	35...7,0	10...2,5	3...1,5	24...6,0
Σ	Ц	23...5,6	159...10,7	64...10,7	61...8,7	58...5,8	44...14,7	57...9,1	113...14,1	103...11,3	49...7,0	30...6,0	35...8,7	18...9,0	39...9,9
	З	24...4,8	141...8,8	25...4,2	42...6,0	89...8,9	36...12,0	56...9,0	7...0,9	28...3,1	56...8,0	31...6,2	36...9,0	28...14,0	39...9,9
	С	74...14,8	136...8,5	64...10,7	73...10,4	125...12,5	11...3,7	78...8,6	60...7,5	93...9,7	60...8,6	57...11,4	44...10,0	11...5,5	16...4,0
	В	18...3,6	49...3,0	21...4,5	34...4,9	33...3,3	1...0,3	21...3,0	45...5,6	82...9,1	50...7,1	35...7,0	13...3,2	3...1,5	29...7,2

Примечание: в табл. 5, 7, 8 и 9 дана сначала общая сумма суток за все случаи появления формы, а затем – среднее.

Таким образом, суммарная повторяемость форм (без учета интенсивности) определяется их повторяемостью при меридиональном типе (см. табл. 5).

В холодный период осадки «ниже нормы» наблюдаются при практически неизменном числе суток типа З, 13...14 суток. Для типа М характерно заметное уменьшение повторяемости формы С и увеличение повторяемости формы Ц с уменьшением количества осадков. Формы З и В не имеют выраженного изменения повторяемости при уменьшающемся количестве осадков.

Для осадков менее 10 мм/мес характерно возрастание повторяемости меридионального типа до 25 суток и ослабление суммарного зонального переноса до 5 суток и менее. Следовательно, ослабление западно-восточной составляющей и усиление меридиональных типов приводит к особенно малому количеству осадков, т.к. ослабляется вынос влаги с Атлантики.

В теплый период в Уральске осадки «выше нормы» отмечаются при росте продолжительности форм З и Ц в полтора - два раза и снижении общей повторяемости формы С во столько же. Повторяемость формы В не имеет выраженной тенденции (табл. 5).

Повторяемость всех форм типа З при осадках «выше нормы» не превышает 10 суток и это ниже, чем повторяемость этого же типа в холодный период при осадках выше нормы. Летом, следовательно, осадки «выше нормы» всех градаций имеют место при более высокой меридиональности, чем зимой.

С уменьшением осадков «ниже нормы» по градациям заметно одновременное увеличение повторяемости формы Ц меридионального типа с 3 до 11 суток и более, а также высокая, четыре – семь дней, повторяемость формы В этого же типа. Наблюдается также снижение повторяемости формы З обоих типов с 8 до 1 суток.

Для получения большей определенности в связях между количеством осадков и формами циркуляции мы объединили осадки в две группы: осадки «ниже нормы» и осадки «выше нормы» для теплого и холодного периодов. Результаты для Уральска приведены в табл. 6.

Можно видеть, что определенные различия повторяемости форм циркуляции для осадков выше и ниже «нормы» имеются. Так, в холодный период осадки «выше нормы» имеют место при суммарной повторяемости формы З в 9,1 сут, а осадки ниже нормы – 6,8 сут, т.е. ниже на 2 3 сут. Суммарная повторяемость форм Ц, В при осадках «ниже нормы» в среднем на 1,5 и 0,9 сут соответственно больше, чем при осадках «выше нор-

мы». Суммарная повторяемость формы С при осадках выше нормы на 0,4 сут короче, чем при осадках «ниже нормы».

Таблица 6  
Макропроцессы по А.Л. Кацу (число суток) и отклонение осадков от нормы. М Уральск

Тип	Форма	Холодный		Теплый	
		< 30 мм	> 40 мм	< 30 мм	> 40 мм
З	Ц	4,1	4,0	2,8	2,4
	З	2,3	3,8	2,0	1,8
	С	4,1	4,0	3,2	4,7
	В	1,7	1,2	2,6	0,5
М	Ц	4,9	3,6	8,2	5,7
	З	4,6	5,3	1,8	7,1
	С	5,8	5,5	5,5	3,6
	В	2,4	1,5	5,5	4,8
Σ	Ц	9,0	7,6	11,0	8,1
	З	6,8	9,1	3,8	8,9
	С	9,9	9,5	8,7	8,3
	В	4,1	2,7	8,1	5,3

Повторяемость форм зонального типа существенно отличается для формы З. При осадках «выше нормы» она на 1,5 сут больше, чем когда они «ниже нормы». Для меридионального типа знак различий в продолжительности формы З сохраняется, но сама разность уменьшается до 0,7 сут.

Следовательно, осадки «выше нормы» в холодный период определяются продолжительностью формы З, при этом её продолжительность при зональном типе значимее, чем при меридиональном. В целом же в холодной период осадки «выше нормы» определяются увеличением продолжительности формы З независимо от типа, и уменьшением типов Ц и В.

В теплый период различия в повторяемости форм при осадках «выше» и «ниже нормы» заметно больше, чем в холодный. Это прежде всего различия в суммарной повторяемости формы З: при осадках «ниже нормы» они составляют 3,8 сут, а при «выше нормы» – 8,9 сут, т.е. на 5 сут больше. Кроме того, при осадках «выше нормы» по сравнению с осадками «ниже нормы» суммарная повторяемость форм Ц и В снижается с 11 до 8,1 сут и с 8,1 до 5,3 сут соответственно. Основное различие в продолжительности формы З имеет место для меридионального типа 1,8 и 7,1 сут для осадков «ниже» и «выше нормы» соответственно. Основные изменения формы Ц имеют место тоже при меридиональном типе, 8,2 и 5,7 сут соответственно, а формы В – в зональном типе, с 2,6 до 0,5 сут соответственно.

Суммарная повторяемость формы С при осадках «выше нормы» несколько ниже, чем при осадках «ниже нормы», 8,7 и 8,3 сут соответственно. Для зонального типа разница в повторяемости этого типа меняет знак: 3,2 и 4,7 сут, зато для меридионального типа повторяемость формы С наиболее значима: 5,5 и 3,6 сут для осадков «ниже» и «выше нормы» соответственно.

Согласно [5, 6] и в холодном и в теплом полугодии получили, что при формах Ц и в осадках западнее Южного Урала «ниже нормы». При форме С следует ожидать осадков «ниже нормы», хотя положение центров аномалий другое. Полученные авторами результаты в общем согласуются с данными [7]. Однако, как следует из табл. 5, при высокой повторяемости формы Ц возможно выпадение значительного количества осадков в Уральске в летнее время. Процессы в ложбине, расположенной восточнее центрального положения гребня, определяющего форму, могут быть достаточно активными. Тогда область положительных аномалий осадков с центром северо-восточнее Урала, согласно [1, 2, 5, 6], захватывает и Южный Урал, включая северо-запад Казахстана (Уральск).

Для М Костанай выполним анализ данных за тот же временной период и по той же методике, что для М Уральск. Поскольку временной период один и тот же, а станции Уральск и Костанай находятся в одном и том же естественном синоптическом районе, то и макропроцессы будут те же. Однако, Костанай расположен восточнее Южного Урала в другом регионе, поэтому одни и те же процессы будут приводить к разным количествам осадков в Уральске и Костанай. Другими словами одни и те же градации количества осадков на этих станциях будут иметь место при разных макропроцессах. Эти различия и представляют интерес. В табл. 7 приведены данные о повторяемости форм циркуляции при разных градациях количества осадков отдельно для холодного и теплого периодов.

В холодный период изменение количества осадков от минимальных до максимальных за месяц происходит на фоне заметно выраженного снижения суммарной повторяемости формы В от 6,3 до 1,0 сут, при заметном росте суммарной повторяемости формы С от 8,9 до 18,0 сут, при самом общем неровном снижении повторяемости формы З от 9,1 до 4,3 сут и при невыраженном ходе повторяемости формы Ц, остающейся в пределах 9,5...5,4 сут в месяц. Такой ход суммарной повторяемости форм обусловлен выраженным ходом повторяемости формы В в меридиональном и зональном типах, от 3,5 до 0 сут в месяц, выраженным ростом (вместе с осадками) формы С в зональном типе, с 2,7 до 8,0 сут в месяц.

Таблица 7

Макропроцессы по А.Л. Кацу (число суток) и количество осадков. М Костанай

Тип	Форма	Холодный						Теплый						
		< 10	10,1...20	20,1...30	30,1...40	40,1...50	>60	< 10	10,1...20	20,1...30	30,1...40	40,1...50	50,1...60	> 60
З	Ц	40/15...2,7	84...6,0	55...4,2	18...3,6	7...2,3	11,0	5,4...1,2	37...3,4	3...0,7	6...2,0	15...3,7	10...2,0	20...2,5
	З	67...4,5	29...2,1	48...3,7	20...4,0	13...4,3	0	13...3,2	21...1,9	5...1,2	...	0	34...6,8	9...1,1
	С	41...2,7	69...4,9	66...5,1	22...4,4	24...8,0	0	0	45...4,1	20...5,0	3...1,0	9...2,2	29...5,8	18...2,3
	В	35...2,3	25...1,8	12...0,9	0	3...1,0	1,0	12...3,0	10...0,9	8...2,0	8...2,7	0	0	16...2,0
М	Ц	73...4,9	49...3,5	46...3,5	9...1,8	14...4,7	14,0	10...2,5	107...9,7	21...5,2	22...7,3	39...9,7	17...3,4	79...9,9
	З	69...4,6	44...3,1	109...8,4	29...4,8	5...1,7	5,0		27...2,0	31...7,7	0	29...7,2	28...5,6	32...4,0
	С	85...5,7	93...6,6	56...4,3	45...6,2	30...10,0	0	33...8,2	63...5,7	23...5,9	23...7,7	12...3,0	13...2,6	20...2,5
	В	52...3,5	25...1,8	33...2,5	5...1,0	0...0	0	40...10,0	39...3,5	10...2,5	30...10,0	17...4,2	22...4,4	51...6,4
Σ	Ц	13...7,5	124...9,5...	100...7,7	27...5,4	21...7,0	25,0	15...3,7	144...13,1	24...6,0	28...9,3	54...13,5	27...5,4	101...14,1
	З	136...9,1	73...5,2	147...11,3	44...8,8	13...4,3	5	0	3,9	47...11,7	0...0	29...7,2	62...12,4	39...4,9
	С	173...8,9	164...11,7	122...9,4	67...13,4	54...18,0	0	56...14,0	94...9,8	32...8,0	26...8,7	21...5,2	42...8,4	28...3,5
	В	94...6,3	50...3,6	45...3,5	12...2,4	3...1,0	1	52...13,0	55...5,0	18...4,5	38...12,7	17...4,2	22...4,4	67...8,4

В теплый период рост количества осадков по градациям сопровождался уменьшением суммарной повторяемости форм В с 13,0 до 4,4 сут, и С – 14,0 до 3,5 сут в месяц, увеличением формы Ц от 3,1 до 14,1 сут, и формы З от 3,9 до 12,4 сут. Следует отметить, что и рост и снижение повторяемости форм происходило неравномерно, имели место временные изменения знака тенденций.

Для уточнения искомых связей была рассчитана табл. 8, в которой сведены повторяемости макротипов для осадков «ниже» и «выше нормы» в холодном и теплом периодах. При этом центральные градации были исключены.

Таблица 8

Макропроцессы по Кацу (число суток) и отклонение осадков от нормы.  
М Костанай

Тип	Форма	Холодный		Теплый	
		< 30 мм	> 40 мм	< 30 мм	< 40 мм
З	Ц	179...4,3	18...4,5	45...5,0	45...2,6
	З	144...3,4	13...3,2	39...2,1	43...2,5
	С	176...4,2	24...6,0	65...1,5	56...3,3
	В	72...1,7/13,6	4...1,0	30...1,6/9,3	16...0,9/9,3
М	Ц	168...4,0	28...7,0	138...7,3	135...7,9
	З	222...5,3	10...2,5	53...2,8	89...5,2
	С	234...5,6	30...7,5	119...6,3	45...2,6
	В	110...2,6	0...0	89...4,7	90...5,3
Σ	Ц	337...8,0	46...11,5	183...9,6	182...10,7
	З	356...8,5	18...4,5	90...4,7	130...7,6
	С	319...7,4	54...13,5	182...9,6	91...5,3
	В	189...4,5	4...17	125...6,6	106...6,2

Как следует из данных табл. 8, в холодный период для осадков «ниже нормы» и «выше нормы» большие различия в суммарной повторяемости велики для всех форм макропроцессов. Для форм Ц, З, С и В они составляют 3,5; -4,0; 6,1 и 2,8 сут соответственно. Различия суммарной повторяемости форм обусловлено различиями этих форм при меридиональном типе. Различия в повторяемости форм при зональном типе циркуляции невелики.

В теплый период различия в повторяемости форм для осадков «ниже» и «выше нормы» для типов Ц, З, С и В составляют 1,1; 2,9; -4,3; -0,4 сут. Таким образом, различия в повторяемости типов Ц и В для осадков «ниже» и «выше нормы» невелики, однако повторяемость типа В по сравнению с холодным периодом увеличилась, по крайней мере, вдвое.

Повторяемость этой формы велика, более 7 суток при осадках более 60 мм/мес (табл. 9). При этом форма В имеет высокую повторяемость



и при меридиональном типе, 6 сут. При этом типе в Северном Казахстане в теплый период имеют место осадки, хотя из [5, 6] это не следует.

Таблица 9

Макропроцессы по А.Л. Кацу (число суток) и отклонение осадков от нормы. М Костанай

Тип	Форма	Холодный		Теплый	
		< 30 мм	> 40 мм	< 30 мм	> 40 мм
З	Ц	179...4,3	18...4,5	45...5,0	45...2,6
	З	144...3,4	13...3,2	39...2,1	43...2,5
	С	176...4,2	24...6,0	65...1,5	56...3,3
	В	72...1,7/13,6	4...1,0	30...1,6/9,3	16...0,9/9,3
М	Ц	168...4,0	28...7,0	138...7,3	135...7,9
	З	222...5,3	10...2,5	53...2,8	89...5,2
	С	234...5,6	30...7,5	119...6,3	45...2,6
	В	110...2,6	0...0	89...4,7	90...5,3
Σ	Ц	337...8,0	46...11,5	183...9,6	182...10,7
	З	356...8,5	18...4,5	90...4,7	130...7,6
	С	319...7,4	54...13,5	182...9,6	91...5,3
	В	189...4,5	4...17	125...6,6	106...6,2

В качестве кратких выводов отметим следующее:

- в каждый из двух областей формирования стока р. Жайык (западнее и восточнее Южного Урала), формируются экстремальные осадки при принципиально разных синоптических условиях, экстремальный сток имеет место при сочетании двух макротипов, один из которых обеспечивает экстремальное количество осадков западнее, а другой – восточнее гор;
- минимумы стока имеют место при максимальной повторяемости типа Е с низкой повторяемостью типов С и W, а максимум стока – при высокой повторяемости С или W, при низкой повторяемости типа Е. В то же время тип Е часто обеспечивает значительные осадки и сток восточнее Южного Урала;
- при зарегулированном стоке экстремумы сильно сглаживаются водохранилищами и на его величине сказываются только многолетние колебания осадков в областях формирования стока;
- имеет место удовлетворительная связь между повторяемостью определенных типов – макропроцессов по Г.Я. Вангенгейму и осадками «выше нормы» и «ниже нормы» для не зарегулированного стока. В то же время связь между макропроцессами и количественными характеристиками осадков (через 10 мм) слабая.

Как следует из анализа повторяемости осадков различных градаций (и косвенно из табл. 1), в холодный период вероятность экстремально низких осадков для Костаная заметно выше, чем для Уральска. Однако в теплый период вероятность экстремально больших осадков для Костаная заметно выше, чем для Уральска.

Отмечаемая зависимость обусловлена разным влиянием типа Е на формирование осадков восточнее Урала в холодный и теплый периоды. Западнее Урала при этом типе осадки минимальны круглый год.

Типизация А.Л. Каца, имеющая ряд кажущихся преимуществ перед типизацией Г.Я. Вангенгейма (количественная оценка интенсивности циркуляции и др.), в приложении к нашей задаче не показала заметного улучшения связей между формами циркуляции и количественными характеристиками осадков.

Использование данных об осадках метеорологических станций Уральск и Костанай, как индикаторов процессов западнее и восточнее Южного Урала, показало хорошую корреляцию между суммой осадков на этих двух станциях и величиной не зарегулированного стока р. Жайык. Высокая теснота связи позволяет использовать ее, для оценки суммарного возможного стока в предположении отсутствия водохранилища.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы и колебания климата Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 156 с.
2. Байдал М.Х. Колебания климата Кустанайской области в XX столетии – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 155 с.
3. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 76 с.
4. Дмитриев А.А., Беязов В.А. Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. – СПб, Гидрометеиздат, 2006. – 358 с.
5. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 120 с.
6. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3-10 дней. / Под ред. А.Л. Каца. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 352 с.
7. Шкляев А.С. Особенности распределения осадков и стока на среднем и Южном Урале и их связь с атмосферной циркуляцией. // Ученые записки Пермского государственного университета им. А.М. Горького, №112. – 1961. – 108 с.

Поступила 20.11.2013

Геогр. ғылымд. докторы В.С. Чередниченко  
Геогр. ғылымд. докторы А.В. Чередниченко  
Геогр. ғылымд. канд. Алексей В. Чередниченко

**ОРАЛ ЖӘНЕ ҚОСТАНАЙ МЕТЕОСТАНЦИЯЛАРЫНДАҒЫ  
ЖАУЫН-ШАШЫН МӨЛШЕРІ МЕН МАКРОПРОЦЕССТЕР  
ТИПТЕРІНІҢ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫС ЖӨНІНДЕ**

*М Орал және М Қостанайда түсетін жауын-шашын мөлшерін Г.Я. Вангенгейм және А.Л. Кацтың макропроцестер типтерімен байланыстыру әрекеті жасалынды. Ағын реттелмеген жағдайда Жайық (Орал) өзені ағындысының экстремалды көрсеткіштері орын алатын макропроцестер типтері мен үйлесімдігі белгіленді. Авторлардың типтеуге әртүрлі көзқарасы болғанымен, екі жағдайда да тек жауын-шашын «жоғарғы» және «төменгі» шамалары табысты болжауы көрсетілген. Ендеше, Жайық өзені ағындысын осы макропроцестері негізінде осы категорияларда болжау мүмкіндігі бар.*