

УДК 551.(501.81+576.11)

**ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЭХА ОБЛАЧНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ
ФРОНТОВ, ОСАДКОВ И ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ
НАД СЕВЕРНЫМ КАЗАХСТАНОМ**

Канд. геогр. наук А.В. Чередниченко

Для поисков связей между количеством осадков и другими метеорологическими параметрами и ситуациями использованы возможности метеорологического радиолокатора (МРЛ). Изучены связи для разных сезонов года для нескольких станций Северного Казахстана.

Известно, что МРЛ измеряет радиолокационную отражаемость на уровнях нулевой изотермы и изотермы $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (уровни 2 и 3), а также высоту верхней границы радиоэха и эти данные являются важнейшими, характеризуют состояние, стадию развития конвективного облака [1, 4, 6, 10, 12, 13]. Правда, с увеличением расстояния МРЛ несколько занижает величину радиолокационной отражаемости и такие данные принято считать эффективными только до расстояния 180 км [3, 12]. Однако данные МРЛ позволяют судить о возможности грозы или ливневых осадков по сути конкретного облака, а не осредненного. О возможности таких явлений в целом в регионе, например, в Костанайской или Павлодарской области, как это достигается на основе обычной аэрологической информации. Именно в этом большая ценность информации МРЛ, особенно в приложении к авиации, а также к энергетике и некоторым другим видам хозяйственной деятельности.

Автором были выбраны четыре метеорологические станции (М), включая Костанай, Михайловку, Рудный и Тобол, расположенных на расстоянии 40, 50 и 100 км соответственно от Костаная. Для них была собрана синхронная информация о количестве осадков и радиолокационная отражаемость на уровнях третьем и втором по данным МРЛ ($Lg Z_{3,2}$) для апреля, июля и октября. По результатам синхронных наблюдений для каждой метеостанции были построены графики зависимости количества осадков (Q) от величины радиолокационной отражаемости ($Lg Z_{3,2}$). Обычно бралась радиолокационная отражаемость на уровне 3 (изотерма $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), но когда таких данных не было (не измерены), то бралась отражаемость на уровне 2 (нулевая изотерма). Такой подход общепринят в радиометеорологии [1, 2, 4, 6, 8, 12, 13].

На рис. 1 представлена зависимость между количеством осадков по данным метеостанций и радиолокационной отражаемостью $Lg Z_{3,2}$ по данным МРЛ для перечисленных выше станций. Рассмотрим сначала зависимости для Костаная. Связи между $Lg Z_{3,2}$ и количеством выпавших осадков параболического вида для всех сезонов. Самая левая парабола для апреля, а самая правая – для октября. Следовательно, при одном и том же значении $Lg Z_{3,2}$ в апреле выпадает минимальное количество осадков, в июле – уже заметно больше, а в октябре наибольшее количество. В июле диапазон изменения $Lg Z_{3,2}$ имеет наибольший диапазон в основном в области положительных значений, в октябре – наименьший и к тому же распространяющийся дальше, чем в другие сезоны, в область отрицательных значений. Диапазон изменения $Lg Z_{3,2}$ соответствует, таким образом, характеру облачности, наблюдаемой в каждом сезоне.

Сходные зависимости получены для Михайловки, Рудного и Тобола. Однако, чем больше расстояние от МРЛ, тем больше наклон кривых к линии количества осадков, т.е. одно и то же количество осадков выпадает при все уменьшающихся с расстоянием $Lg Z_{3,2}$. Такая закономерность обусловлена все увеличивающимся ослаблением активного сигнала, идущего от облака к МРЛ [3, 4, 5]. Величина этого ослабления представляется чрезвычайно важной характеристикой, которую следует использовать при анализе облачности, осадков и грозоопасности в зоне наблюдений МРЛ.

Чрезвычайно важно установить степень совпадения или степень близости оценок наличия явлений, по данным метеорологических станций и по данным МРЛ. Только в случае достаточной близости возможен совместный анализ данных. В таблице 1 представлены результаты сравнения данных метеостанций с данными МРЛ. При этом достоверность данных метеостанций была принята за 100 %. Можно видеть, что в Костаная МРЛ обнаруживает 96 % конвективных облаков, 90 % ливней и 97 % гроз. С удалением от МРЛ степень совпадения уменьшается и в Тоболе составляет около 80 % по всем явлениям, что все еще следует считать вполне приемлемым.

В таблице 2 тоже представлены результаты сравнения таких же явлений, но данные МРЛ приняты с достоверностью 100 %. Данные о конвективной облачности на М Костаная подтверждаются только в 82 % случаев, а грозы – в 50 % случаев. С увеличением расстояния совпадение данные МРЛ и метеостанций возрастает, достигая и превышая 90 % для Тобола, расположенного в 100 км от МРЛ.

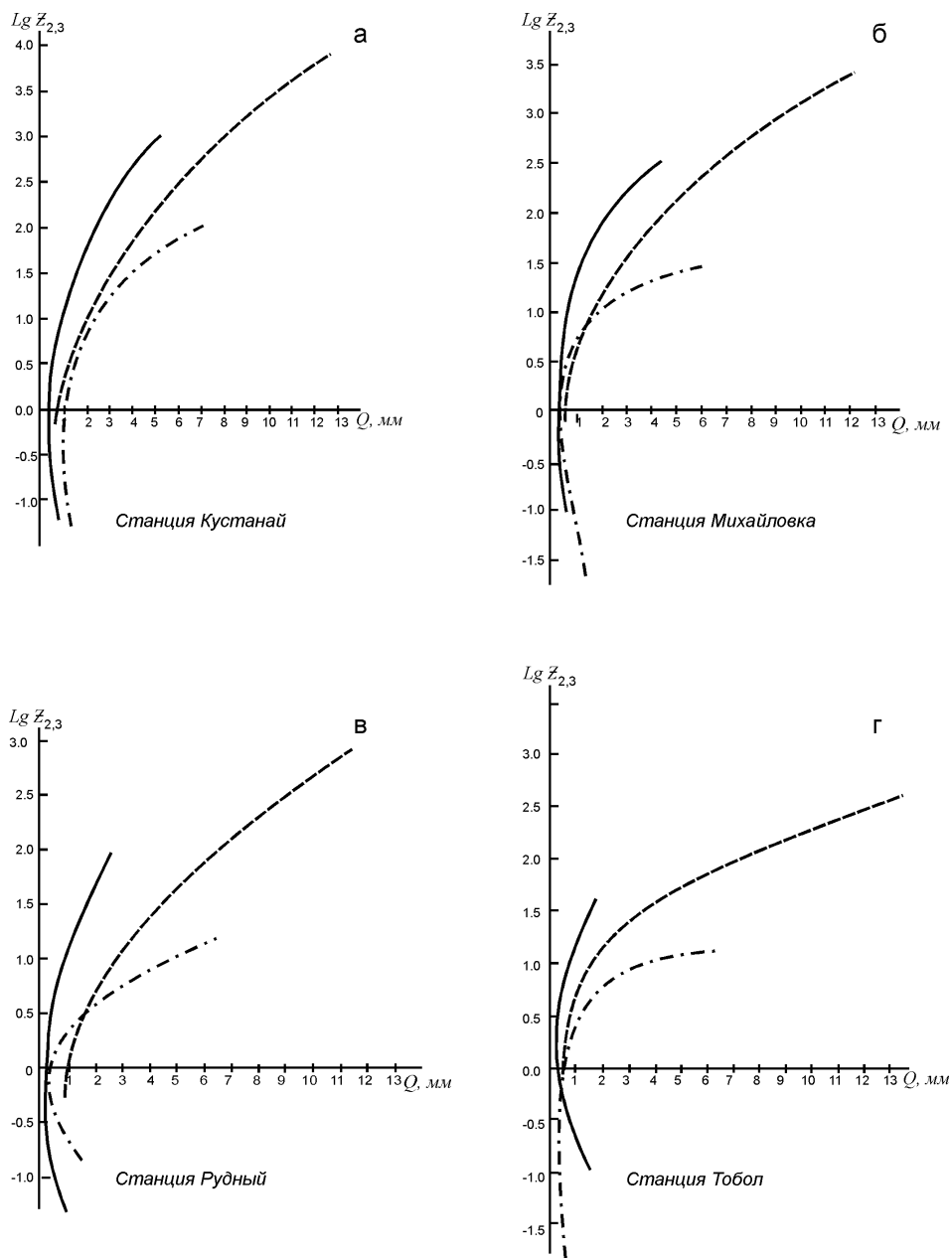


Рис. 1. График зависимости количества осадков (Q) от отражаемости ($Lg Z_{3,2}$).

— апрель; - - - июль; - · - · - октябрь

Таблица 1

Сопоставление данных метеорологических станций с данными МРЛ
(данные метеостанций приняты за 100 % достоверности)

Станция	Расстояние до метеостанции, км	Данные МРЛ		
		Q	∇	R
Костанай	0	96	90	97
Михайловка	40	88	83	89
Рудный	50	86	81	84
Тобол	100	80	72	79

Таблица 2

Сопоставление данных МРЛ с данными метеорологических станций (данные МРЛ приняты за 100 % достоверности)

Станция	Расстояние до метеостанции, км	Данные метеостанций в % совпадения		
		Q	∇	R
Костанай	0	82	88	80
Михайловка	40	86	90	84
Рудный	50	87	90	86
Тобол	100	93	95	89

МРЛ фиксирует не только явление, но и пограничные состояния, например, «грозу и грозоопасные облака» [12], в то время как наблюдатель метеостанции отмечает только сами явления: грозу, ливень и пр. Для авиации эти пограничные состояния также важны, как и сами явления. Поэтому по данным МРЛ получается несколько завышенное число явлений, по крайней мере, в ближней зоне. С расстоянием же из-за некоторого снижения возможностей МРЛ совпадение результатов сравнения возрастает. В целом же в радиусе до 180 км от МРЛ такое совпадение должно оставаться высоким, но для успешного использования информации конкретного МРЛ необходимо знать конкретные оценки совпадений, приведенных в таблицах 1 и 2.

Чрезвычайно важной характеристикой является форма радиоэха в зоне атмосферных фронтов, оцениваемая, прежде всего, как отношение длины к ширине. На важность этой характеристики указывают [4, 5, 7, 13]. Дело в том, что форма радиоэха определяется условиями на фронте: скоростью его перемещения, вынужденными вертикальными движениями в зоне фронта, влагозапасами и др. Поэтому анализ формы радиоэха по данным МРЛ позволяет косвенно оценить активность фронта, перечисленные выше характеристики, определить скорость перемещения радиоэха и на этой основе спрогнозировать ожидаемые явления и время прохождения фронта через любой пункт в зоне наблюдений МРЛ.

В таблице 3 представлены параметры радиоэха облачности в зоне атмосферных фронтов для срединных месяцев сезонов по данным наблюдений за три года. Можно видеть, что радиоэхо теплых фронтов во все сезоны года имеет длину меньшую, чем радиоэхо холодных фронтов в тот же сезон. Ширина радиоэха теплого фронта такая же или больше, чем радиоэхо холодного фронта.

Таблица 3

Пространственные характеристики радиоэха облачности в зоне атмосферных фронтов.

Месяц	Тип фронта	Параметры радиоэха	Размеры радиоэха (км)								
			0...50	51...100	101...150	151...200	201...250	251...300	301...350	351...400	
январь	Т	Д	1	3	11	8					
		Ш	13	10							
	Х	Д	2	3	6	12	9				
		Ш	20	12							
апрель	Т	Д	0	2	9	15	10	7			
		Ш	1	11	18	13	-				
	Х	Д	0	1	3	5	6	7	12	6	
		Ш	12	19	9						
июль	Т	Д	0	1	7	10	19	6			
		Ш	3	8	20	14	8				
	Х	Д	0	0	3	9	9	10	16	9	
		Ш	3	12	22	19					
октябрь	Т	Д	1	3	6	9	12	7			
		Ш	2	9	12	15					
	Х	Д	0	0	1	4	10	10	17	10	
		Ш	15	21	16						

Примечание: Т – теплый фронт; Х – холодный фронт; Д – длина радиоэха; Ш – ширина радиоэха.

Зимой радиоэхо теплого фронта имеет длину от 100 до 200 км при ширине преимущественно 50...100 км. В апреле средняя длина радиоэха теплого фронта заметно увеличивается, примерно на 50 км. Высокую повторяемость имеют длины 251...300 км, которых в январе вовсе не отмечалось. Средняя ширина радиоэха теплого фронта тоже несколько увеличивается и находится в диапазоне 100...150 км. Увеличение его длины происходит, видимо, вследствие активизации атмосферных процессов от января к апрелю. А вот увеличение ширины – показатель увеличения и влагозапасов в зоне фронта. Под этим углом и продолжим анализ.

В июле длина радиоэха теплого фронта находится в том же диапазоне, что и в апреле 50...300 км, а вот максимум смещается в более длинные градации, 201...250 км. Диапазон ширины радиоэха теплого фронта несколько увеличивается, до 201...250 км, хотя наибольшая повторяемость падает на тот же, что и в апреле диапазон 101...150 км.

В октябре диапазон измерения длины радиоэха теплого фронта такой же что и в июле, и наибольшая повторяемость приходится на тот же диапазон 201...250 км, однако диапазон ширины радиоэха уменьшается на 50 км в то время как максимум повторяемости увеличивается на один диапазон. Для октября характерно более широкое радиоэхо теплого фронта, чем в апреле, и даже максимум их длины падает на диапазон с большими значениями. Приходится констатировать, что в зоне теплых фронтов в октябре влагозапасы больше, чем в апреле. Конечно, есть еще холодные фронты, но и количество осадков в Северном Казахстане в октябре значительно больше, чем в апреле [11].

В январе длина радиоэха облачности холодного фронта наблюдается в диапазоне 50...250 км, с максимумом на 151...200 км. Это наименьший диапазон из всех сезонов, но в то же время он больше, чем для теплого фронта. Диапазон изменения ширины радиоэха такой же, как и для теплого фронта, но его значения заметнее группируются в интервале 0...50 км, т.е. радиоэхо облачности холодного фронта не только в среднем длиннее, но и уже, чем теплого.

В апреле ситуация аналогичная. Диапазон наблюдаемый длины радиоэха холодного фронта от 51 до 400 км с максимумом в интервале 300...350 км, ширина – в диапазоне от 0 до 150 км с максимумом в интервале 51...100 км. Радиоэхо холодного фронта в апреле, таким, образом, характеризуется значительной длиной и наибольшей шириной, это радиоэхо активных холодных фронтов.

В июле (табл. 3) длина радиоэха холодного фронта находится в пределах от 101 до 400 км, с наибольшей повторяемостью в интервале 301...350 км, но повторяемость больших длин радиоэхо в июле больше, чем в апреле. Диапазон, в котором наблюдается ширина радиоэха, увеличивается до 200 км с максимумом в том же интервале 101...150 км, но наиболее высокой повторяемостью в диапазоне 151...200 км. Радиоэхо длиной 100 км и менее не наблюдается вообще. Диапазон радиоэха в июле, таким образом, самый большой в годовом ходе. Максимум количе-

ства осадков в годовом ходе тоже отмечается в июле, что согласуется с динамикой ширины радиоэха.

В октябре длина радиоэха холодного фронта наблюдается в том же диапазоне, что и в июле с некоторым смещением повторяемости в сторону интервалов с большими значениями.

Как и в июле, максимум повторяемости приходится на интервал 301...350 км. Ширина радиоэха, однако, отличается в меньшем диапазоне: от 0 до 150 км с максимумом в интервале 51...100 км.

Сравнивая параметры радиоэха в апреле и октябре, следует согласиться, что они сходны. Однако число холодных фронтов в октябре примерно на 20 % больше, чем в апреле. Следовательно, большее количество осадков в октябре по сравнению с апрелем определяется большим числом осадков из облачности теплого фронта, а также большей повторяемостью холодных фронтов.

Максимум в годовом ходе осадков в июле хорошо согласуется с параметрами облачности теплых и холодных фронтов в этом месяце и их самой высокой в годовом ходе повторяемостью.

Проанализированные выше данные о параметрах радиоэха являются осредненными. Поэтому нами были вычислены и систематизированы данные об отношении длины к ширине радиоэха теплых и холодных фронтов одновременно с величиной критерия «У» для этого же радиоэха. Как известно, критерий «У» – это комплексная оценка грозоопасности, на основе высоты верхней границы радиоэха и радиолокационной отражаемости на уровне изотермы минус 22°C, а иногда на уровне изотермы 0 °C [12]. Результаты анализа для срединных месяцев сезонов представлены на рис. 2.

Во все сезоны кривая связи между соотношением длины к ширине с одной стороны и критерия «У» с другой для теплого фронта находится левее кривой для холодного фронта. Следовательно, для теплого фронта одно и то же значение критерия «У» достигается при меньших значениях отношения «длина/ширина», чем для холодного. Чем больше величина «У», тем больше разница отношения «длина/ширина» для теплого и холодного фронтов.

В январе отношение «длина/ширина» радиоэха находится в пределах 1,2...2,5 для холодных фронтов и 1,2...2,0 – для теплых фронтов. Максимальные вычисленные значения «У» не превышает в этом месяце 17, что естественно, поскольку облаков конвективного происхождения в январе не было зафиксировано.

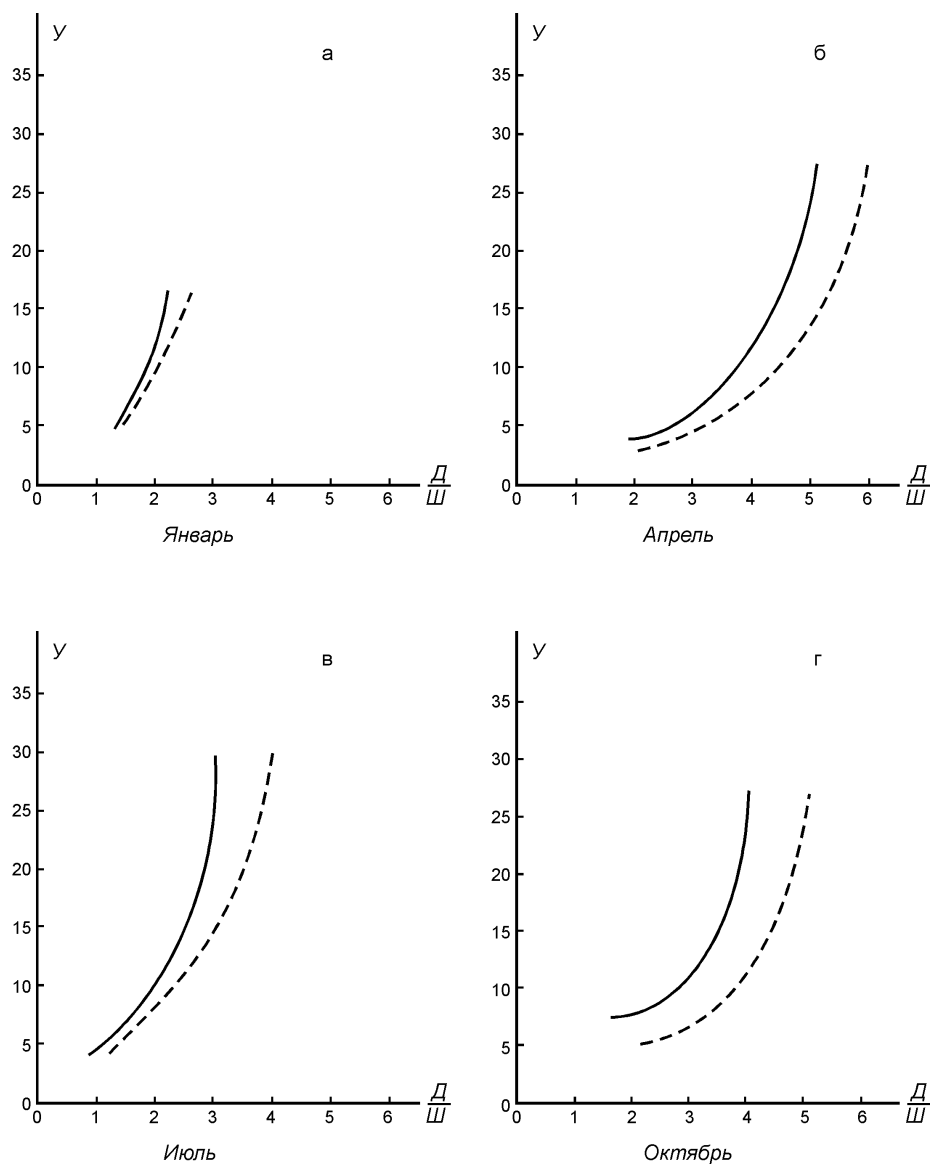


Рис. 2. График зависимости величины критерия грозоопасности ($У$) от отношения длины радиоэха к его ширине $\left(\frac{Д}{Ш}\right)$.

———— Теплый фронт - - - - - Холодный фронт

В апреле отношение «длина/ширина» радиоэха увеличивается до 4,5 для теплых и до 5,5 для холодных фронтов. Часть радиоэха холодных фронтов, таким образом, соответствует понятию «полоса», для которого данное соотношение составляет 5 и более [2, 4, 5, 9, 12]. Именно с «поло-

сой» чаще всего связывают наиболее активные грозы и град. Радиоэхотеплых фронтов вида «полосы», как видно на рис. 2, не принимает.

Значения критерия «У» увеличиваются до 28, в то время как для надежной идентификации грозы достаточно 25 [4, 12]. Различия зависимостей для теплого и холодного фронтов увеличиваются и с увеличением отношения «длина/ширина» и с увеличением критерия «У». Примерно на уровне $У = 25$ разница между кривыми для теплого и холодного фронтов достигает в соотношении «длина/ширина» около 1.

В июле соотношение «длина/ширина» для радиоэха и теплых и холодных фронтов заметно уменьшается. Для холодного фронта она не превышает 4, а для теплого – 3. Диапазон величины критерия «У» в то же время несколько увеличивается по сравнению с апрелем (до 30). Максимум осадков в июле, следовательно, формируется на фоне снижения активности общей циркуляции за счет активизации конвективных процессов и ливневых осадков.

В октябре диапазон отношения «длина/ширина» для радиоэха холодных фронтов увеличивается до 5 и только немного уступает апрельскому. Для теплых фронтов это соотношение увеличивается до 3,8. Различие в ходе соотношения «длина/ширина» к критерию «У» в октябре наибольшее в годовом ходе и несколько превышает 1,0. Диапазон изменения «У» в октябре несколько сокращается до 26...28, что обусловлено общим понижением температуры воздуха.

Полученные связи характеристик радиоэха с количеством осадков по данным метеостанций, с опасными явлениями, характеристики радиоэха атмосферных фронтов кроме научного интереса могут быть использованы при решении целого ряда практических задач, включая разработку методов прогноза соответствующих явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брылев Г.Б. Диагноз и прогноз конвективных осадков по данным МРЛ и ИСЗ. // Труды ГГО. – 1973. – Вып. 261. – С. 50–60.
2. Брылев Г.Б. Использование радиолокационных данных в синоптической практике. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 250 с.
3. Брылев Г.Б. О предельной дальности обнаружения ливневых осадков МРЛ. // Труды ГГО. – 1964. – Вып. 234. – С. 16–28.
4. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 230 с.

5. Брылев Г.Б., Низдойминова Г.Л. Об определении положения фронта по данным МРЛ. // Труды ГГО. – 1974. – Вып. 327. – С. 31–33.
6. Брылев Г.Б., Сальман Е.М. О возможном способе ежедневной корректировки радиолокационного критерия грозоопасности. // Труды ГГО. – 1973. – Вып. 301. – С. 12–20.
7. Вельтишев Н.Ф. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. / Сборник лекций. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 136 с.
8. Дивинская Б.Ш. Радиолокационные характеристики полей облачности // Труды ГГО. – Вып. 281. – 1973. – С. 34–37.
9. Методические указания по использованию радиолокационных данных в синоптическом анализе и краткосрочных прогнозах погоды. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – Вып. 213. – С. 3 – 10
10. Минакова Н.Е. Радиолокационные характеристики и их связь с параметрами конвекции. // Труды ГГО. – 1972. – Вып. 114. – С. 18–25.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1-6. Вып. 18. КазССР. Кн. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 680 с.
12. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 334 с.
13. Donaldson R. J Radar reflectivity profiles in thunderstorms // Y. appl. Met., 1961. Vol. 18, P.P. 292 – 305.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, г. Алматы

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҮСТІ АТМОСФЕРАЛЫҚ ШЕПТЕРІНІҢ,
БҰЛТТЫЛЫҚТЫҢ, ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ЖӘНЕ ҚАУШПІ
ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ РАДИОЖАҢҒЫРЫҚТАРЫНЫҢ
СИПАТТАМАСЫ**

Геогр. ғылымд. канд А.В. Чередниченко

Жауын-шашын мөлшері мен басқа да метеорологиялық көрсеткіштердің және жағдайлардың арасындағы байланысты іздеу үшін метеорологиялық радиолокаторлар мүмкіндігі пайдаланылды. Солтүстік Қазақстанның бірнеше бекеттері үшін жылдың әртүрлі маусымдарына арналған байланыстар зерделенді.