

УДК 551.(501.81+577.5)

**ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАЧНОСТИ И ОСАДКОВ
НАД СЕВЕРНЫМ КАЗАХСТАНОМ ПО ДАННЫМ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДАРОВ**

Канд. геогр. наук А.В. Чередниченко

Рассмотрены особенности распределения облачности и осадков над Северным Казахстаном, которые существенно уточнены на основе информации метеорологических радаров (МРЛ) Костаная и Павлодара. Выявлены значительные неоднородности в распределении и облачности, и осадков, обусловленные как орографией, так и временем года. Предполагается, что результаты исследований будут использованы при оценке доступного потенциала облачности с целью вызывания дополнительного количества осадков.

Северный Казахстан является главным сельскохозяйственным регионом страны. Количество осадков, которое здесь выпадает, достаточно для ведения и развития сельскохозяйственных работ. За год в среднем выпадает 280...320 мм осадков [8, 9], из которых около 50 % в течение вегетационного периода – с мая по август. Распределение осадков в течение года для некоторых станций Северного Казахстана приведено в таблице 1.

Таблица 1

Годовой ход количества осадков на некоторых станциях Северного Казахстана

Станция	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кустанай агро	13	11	12	20	29	40	51	37	29	31	21	16	30
Урицкий	18	12	14	22	31	42	56	37	32	36	25	19	344
Комсомолец	13	11	11	21	31	49	65	42	29	31	20	16	339
Кушмурун	17	10	12	18	30	32	49	29	23	28	18	17	283
Кокчетав	13	9	10	17	32	44	58	38	29	32	19	14	325
Павлодар АС	15	13	16	15	25	34	39	35	21	23	23	19	278
Экибастуз	11	10	12	15	25	36	47	45	22	20	14	12	269
Баян-Аул	15	15	19	24	33	49	58	50	31	28	21	18	361
Астана	19	14	18	20	31	41	52	41	26	27	19	18	326
Наурзум	14	10	15	18	29	34	37	25	21	29	18	15	265

Осадки теплого периода выпадают большей частью из облачности конвективного происхождения, на что указывает и число гроз, достигающее 21...22 случаев за период с мая по июнь. В зимний период количество осадков на станциях Северного Казахстана различается менее чем на 10 мм. Основные имеющиеся различия в годовом количестве осадков обусловлены различиями в количестве летних осадков, что тоже указывает на их конвективное происхождение. Именно поэтому конвективной облачности, осадкам и грозам уделено здесь наибольшее внимание.

Для анализа использованы данные МРЛ Костаная и Павлодара, ряда метеорологических станций, а также аэросиноптическая информация в виде данных температурно-ветрового зондирования, приземных карт погоды и карт барической топографии. Полные данные наблюдений МРЛ имеются за восьмидесятые и девяностые годы, что определило выбор периода наблюдений. Возможности МРЛ, а также приемы анализа изложены в [1-5, 8, 10, 12 и др.].

Как известно [10], возможности МРЛ по обнаружению облачности, особенно после дальности 100 км, уменьшаются. Это делает невозможным произвольное сравнение повторяемости облачности по площади без учета расстояния от МРЛ. Однако возможно ее сравнение по окружностям равного удаления. Кроме того, если с увеличением удаления нарушается плавность изменения повторяемости, то это тоже следствие существования разностей в повторяемости облачности в смежных квадратах наблюдений. Этими моментами, особенно первым – сравнением вдоль окружностей равной дальности, мы и будем пользоваться при анализе.

На рис 1. представлено распределение средней повторяемости облачности в апреле с высотой верхней границы 6 км и более по квадратам 30×30 км, полученное по данным МРЛ Костаная. Можно видеть что, несмотря на достаточно большой период осреднения (3 года), определенные особенности сохраняются, т.е. имеет место закономерность.

Прежде всего, отмечается облачность пониженной повторяемости в почти меридионально ориентированной полосе – озеро Кушмурун, долина реки Убаган (а затем Тобола), вдоль которой имеется много мелких озер и довольно крупное озеро Тениз. В апреле озера еще покрыты льдом и температура их поверхности и прилегающих частей долины низкая. Поэтому условий для конвекции нет.

Высота уреза воды в озере Кушмурун 102 м над уровнем моря. Высота восточной части Тургайского плато, меридионально ориентиро-

ванного участка восточнее реки Убаган, на 125 ... 140 м больше. И этого оказалось достаточным, чтобы вдоль данного участка плато, тоже меридионально, располагалась область повышенной повторяемости конвективной облачности (рис. 1).

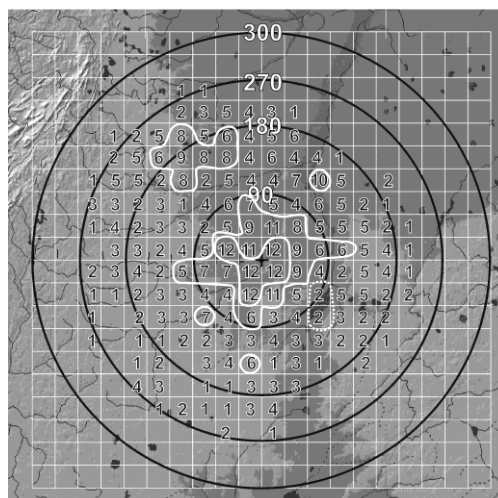


Рис. 1. Распределение радиоэха в районе Костаная в апреле.

Еще одна область повышенной повторяемости конвективной облачности расположена над северной частью Тургайского плато в 150 км южнее Костаная, высоты которого над уровнем моря составляют около 225 м. Севернее Костаная, над юго-западом Курганской области России наблюдается обширная и контрастная область повышенной повторяемости конвективной облачности, хотя высоты этого района над уровнем моря всего 193 м. И возвышенность просматривается скорее как обширный водораздел.

Разрозненные очаги повышенной повторяемости конвективной облачности имеют место в 60...180 км к западу от Костаная над Зауральским плато (высоты над уровнем моря 223...300 м). Согласно [8] район Зауральского плато характеризуется самой большой высотой снежного покрова в Кустанайской области (МС Комсомолец). Снежный покров здесь сходит только к третьей декаде апреля. Естественно, что наличие снежного покрова, даже в виде очагов, препятствует конвекции, что мы и наблюдаем.

Из анализа распределения конвективной облачности и ее связи с подстилающей поверхностью в апреле можно заключить следующее. В апреле, когда осуществляется быстрый переход от холода к теплу, конвекция получает интенсивное развитие. При этом она особенно чувствительна к температуре подстилающей поверхности. Над озерами, которые часто еще и не вскрылись, и долинами рек условий для конвекции практически

нет. В то же время возвышенности, с которых в первую очередь сходит снег, и которые быстро прогреваются, способствуют образованию конвективной облачности. При этом определяющей является не динамическая, а термическая составляющая.

Плато и возвышенности с малыми превышениями, где небольшие скорости ветра и выше температура воздуха, выше и температура подстилающей поверхности. Это больше способствует конвекции, чем более высокие плато, даже, если разность высот в пределах 100 м.

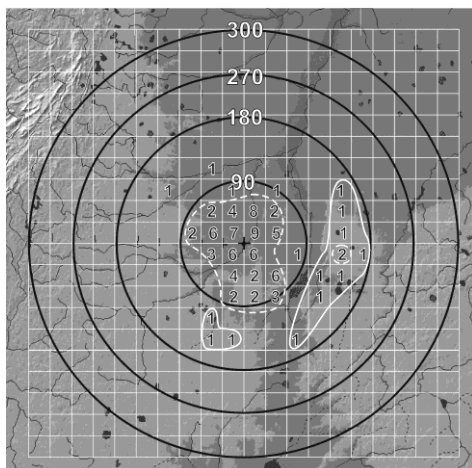


Рис. 2. Распределение радиоэха в районе Костаная в октябре.

На рис. 2. представлено распределение повторяемости конвективной облачности в октябре, когда осуществляется очень быстрый переход от теплого к холодному сезону. Можно видеть, что конвекция в октябре заметно слабее, чем в апреле, однако основные закономерности сохраняются, подтверждая сделанные выше выводы.

В июле условия для развития конвекции наиболее благоприятны, В этом месяце отмечается максимум осадков в годовом ходе и выпадает около 50 мм, или шестая часть от годового количества. Почти все осадки, выпадающие в июле, имеют конвективное происхождение. На рис. 3. представлено распределение повторяемости облачности с высотой верхней границы 6 км и более, т.е. в основном конвективной.

Можно видеть что, несмотря на определенную преобладанность с апреля, имеются и существенные отличия. Так, облачность повышенной повторяемости на севере и северо-северо-западе в 200 км от МРЛ если не исчезла полностью, то сильно ослабла. Исчезла также область пониженной повторяемости вдоль долины реки Убаган. Менее заметным стал и

минимум повторяемости над озером Кушмурун. В то же время над областью западнее Костаная в 150...180 км, над Зауральским плато, отмечается самая высокая повторяемость конвекции. Существенно она возрастает и над севером Тургайского плато, западнее и восточнее озера Кушмурун, а также вдоль возвышенностей восточнее реки Убаган.

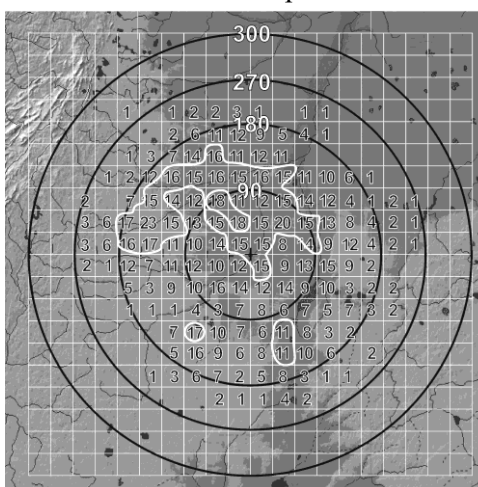


Рис. 3. Распределение радиоэха в районе Костаная в июле.

Следовательно, в июле, в результате значительного прогрева конвекция в районе Костаная возможна над любой территорией, включая понижения, долины и даже поверхности озер. В то же время наибольшая средняя повторяемость облачности над возвышенностями, т.е. динамический фактор, в отличие от апреля, становится определяющим. Кроме того, повышенное влагосодержание в нижнем слое в результате испарения с мелких прогретых озер Зауральского плато тоже способствуют развитию конвекции. Таких дополнительных условий почти нет над попавшими в зону наблюдения МРЛ частями Тургайского плато, и повторяемость конвективной облачности над ними несколько ниже. Следовательно, в июле, когда относительная влажность нижнего слоя воздуха не высокая, а мелкие озера хорошо прогреты, то они не препятствуют, но даже способствуют конвекции.

Рассмотрим далее суточный ход облачности всех типов по данным МРЛ Костаная в срединные месяцы сезонов (таблица 2). Во все сезоны максимум повторяемости облачности приходится на 12 ч местного времени. Во все месяцы сезонов он несколько превышает 15 % от суммы за 8 сроков. Максимум довольно размыт. В 09 ч повторяемость облачности ниже, чем в момент максимума всего на 1 % или меньше. Только в сентябре эта разница составляет 1,6 %.

Таблица 2

Суточный ход средней повторяемости радиоэха (%) всех типов в районе Костаная. (Время по Гринвичу)

Месяц	Срок								Повторяемость сроков с облачностью, %
	00	03	06	09	12	15	18	21	
Январь	10,2	11,4	12,7	14,6	15,5	12,7	12,1	10,8	21
Апрель	10,0	12,0	13,3	15,2	15,2	12,6	11,3	10,3	42
Июль	9,9	10,1	12,9	14,8	15,4	14,1	13,5	9,9	70
Октябрь	10,5	10,8	11,8	14,0	15,6	13,8	12,5	11,2	51

Минимум повторяемости облачности приходится на 00 ч и близок к 10 %. Амплитуда суточного хода во все месяцы составляет 5 %. Таким образом, мы получили, что суточный ход облачности всех типов имеет относительно плавный и одинаковый ход во все срединные месяцы сезонов, что несколько неожиданно. Однако следует помнить, что МРЛ фиксировал облачность только в сроки, когда она была. Чрезвычайно информативной, поэтому представляется последняя графа таблицы 2 «повторяемость сроков с облачностью, %». Можно видеть, что зимой МРЛ фиксировал облачность только 20 %, в апреле 42 %, в июле 70 % и в сентябре – 51 % облачности от общего количества сроков за месяц. Тогда полученную нами повторяемость общей облачности по срокам в срединные месяцы сезонов следует воспринимать так, что в дни, когда синоптические условия благоприятствуют существованию облачности, ее суточный ход практически не зависит от сезонов года и обладает описанными выше особенностями. Амплитуду суточного хода повторяемости в 5 % можно рассматривать как влияние суточного хода в местных региональных условиях, накладывающихся на крупномасштабные процессы.

Рассмотрим далее суточный ход конвективной облачности в июле (табл. 3). В ней приведены данные за все три года, в которые велась обработка. Можно видеть, что число случаев конвекции существенно изменяется от года к году. Так, если в 1980 и 1981 гг. было 157 и 161 случай конвекции, соответственно, то в 1981 г. было всего 112 случаев, т.е. на 30 % меньше.

В 1980 г. максимум конвекции имел место в 12 ч, по Гринвичу т.е. около 18 ч по местному времени. При этом максимум растянут на период с 09 до 15 ч, т.е. конвекция и грозы имеют место в течение второй половины дня с 12 до 18 ч местного времени.

Таблица 3

Суточный ход количества конвективной облачности в июле в районе Костаная (%). (Время по Гринвичу)

Год	Срок								Сумма
	00	03	06	09	12	15	18	21	
1980	14	17	20	24	26	25	16	15	157
1981	14	13	14	18	17	15	11	10	112
1982	11	12	16	16	19	19	15	13	121
Сумма	39	42	50	58	62	59	42	38	390
Среднее	13	14	17	19	21	20	14	13	131

Минимум повторяемости конвективной облачности приходится примерно на 6 ч местного времени и в минимуме эта повторяемость в 2 раза ниже, чем в максимуме, т.е. амплитуда суточного хода значительна. В 1982 г. суточный ход повторяемости конвективной облачности такой же, как и в 1980 г., однако максимум несколько сдвинут на период 15...18 ч местного времени.

В засушливом 1981 г. максимум повторяемости имел место в 15 ч, а минимум в 00 ч местного времени, т.е. и максимум и минимум оказались сдвинуты на один более ранний срок. Возможно, низкое влагосодержание атмосферы в такие годы не способствуют развитию конвекции во вторую половину дня, когда температура воздуха высокая, а ночью по этой же причине радиационное выхолаживание интенсивнее и оно быстрее понижает температуру подстилающей поверхности. Сравнивая суточный ход общей и конвективной облачности в июле (табл. 2 и 3), отметим, что время экстремумов почти совпадает, однако амплитуда суточного хода конвективной облачности в 1,5...3 раза больше.

Рассмотрим теперь для большей убедительности наших выводов особенности конвекции в районе Павлодара. На рис. 4 представлено пространственное распределение конвективной облачности в данном районе в 12 ч местного времени.

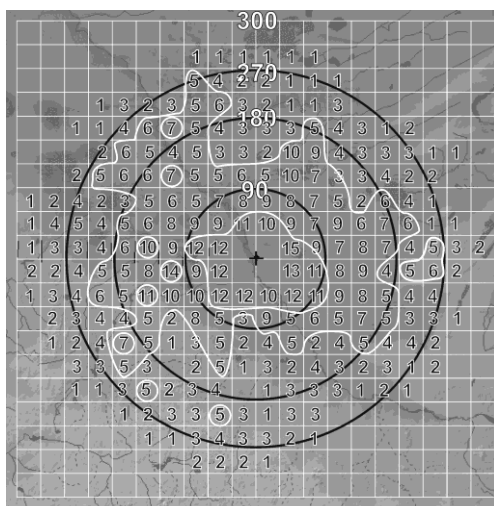


Рис. 4. Распределение радиоэха в районе Павлодара срок 12 ч местного времени.

Выделяется пять основных областей повышенной повторяемости конвективной облачности в зоне наблюдений МРЛ Павлодара. Прежде всего, это область в 180...220 км к северо-западу от МРЛ. Здесь расположена обширная зона озер, из которых крупнейшими является Селетыниз. Вторая область расположена в 150 км к северо-северо-востоку от МРЛ в районе группы расположенных здесь озер (озеро Топольное и др.).

Еще одна область повышенной конвекции расположена примерно в 230 км к востоку у западных отрогов Приобского плато (высоты над уровнем моря до 324 м, а высота района Павлодара 108 м). К югу от Павлодара у северных склонов Казахского мелкосопочника (район Баян-Аула, высоты до 1020 м) расположена еще одна область повышенной повторяемости конвекции. К юго-западу на таком же расстоянии 180...250 км имеется обширная, ориентированная примерно с северо-северо-запада на юго-юго-восток, область повышенной повторяемости радиоэха, обусловленная влиянием хребта Ерментау (высота 887 м над уровнем моря), ориентированного также. Ближе, у самого края северо-восточных склонов Казахского мелкосопочника в 100 км от МРЛ в районе Калкамана, где расположена группа не крупных озер, имеется самостоятельная область повышенной повторяемости конвекции.

Таким образом, области повышенной конвекции в июле располагаются не только над возвышенностями, но и над территориями озер. Следовательно, повышенное влагосодержание нижнего слоя атмосферы является важной характеристикой, способствующей конвекции. Горизонтальные

размеры возвышенностей и относительные превышения в июле важны. Наибольшая область повышенной конвекции располагается над горами Ермавта, существенно выделяющимися над окружающей их территорией.

Если территория, занятая озерами, располагается рядом с горным массивом или возвышенностями (озера в районе Калкамана), то эти два положительные в июле фактора складываются и конвекция над таким районом более интенсивна. В общем же можно отметить, что связь орографии и конвекции в районе Павлодара подтверждает выводы, полученные нами для района Костаная.

Для анализа суточного хода повторяемости конвекции в районе Павлодара было выделено несколько районов: юг, 180...240 км; северо-запад, 90...300 км; восток, 180...300 км; юго-запад, 180...300 км; центр, 0...60 км от МРЛ; Калкаман, юго-запад, 120 км.

Можно видеть, что выделены практически все основные районы повышенной конвекции, наблюдающиеся в 12 ч, местного времени на рис. 4. Необходимые статистические данные приведены в табл. 4. Повторяемость дана за сутки, в процентах от общего количества случаев конвекции в конкретном регионе.

В близи МРЛ (центр, 0...60 км от МРЛ) фиксируются практически все типы облачности. Это сглаживает суточный ход ее повторяемости. Соответственно, в ближней зоне отмечается простой суточный ход облачности (не только конвективной) с одним растянутым максимумом в 18 ч и минимумом в 06 ч с амплитудой более 50 % от максимума. Такой же простой суточный ход в районе Калкамана в 120 км от МРЛ с максимумом в 18 ч и растянутым минимумом в 06...09 ч.

Таблица 4

Повторяемость конвективной облачности по срокам (в % от общей за сутки) в различных районах зоны наблюдений МРЛ Павлодара.
Время местное.

Направление	Срок							
	00	03	06	09	12	15	18	21
Юг, (180...240 км)	6,2	-	2,5	16,1	13,6	31,5	18,5	11,8
Северо-запад, (90...300 км)	7,7	-	9,0	16,7	14,4	17,4	18,8	16,7
Восток, (180...300 км)	11,1	-	4,0	11,1	21,5	16,7	21,5	14,3
Центр, (0...60 км)	17,8	-	10,5	13,2	15,2	18,9	20,8	18,6
Юго-запад, (180...300 км)	10,1	-	6,7	13,1	12,8	19,5	26,0	11,8
Юго-запад, Калкаман (120 км)	14,8	-	9,3	9,3	14,8	15,8	18,6	17,6

Для всех остальных районов зоны наблюдения МРЛ в суточном ходе характерно наличие двух максимумов: основного в 18 ч и вторичного в 09 ч, которые разделены понижением повторяемости облачности в срок 12 ч. Однако на востоке, в 180...300 км от МРЛ, время первого максимума смещено на 12 ч, а на юге, в 180...240 км, время основного максимума – на 15 ч местного времени. Объяснение такому ходу конвекции с двумя максимумами дано в работах [7 и др.]. Облачность конвективного типа интенсивно развивается, начиная с утра, однако и температура нижнего слоя воздуха тоже интенсивно растет, и воздух уходит от состояния насыщения быстрее, чем развивается конвекция. Только после полудня, когда температура начинает несколько понижаться, конвекция снова активизируется. Этим объясняется, почему основной максимум по времени смещен к сроку 18 ч. и почему имеет место вторичный максимум в 09 ч на большей части зоны наблюдения МРЛ. В то же время имеет место смещение максимумов конвекции на юге в 240 км от Павлодара на более ранний срок на 3 ч и простой ход конвекции на юго-западе, в 120 км от МРЛ.

Обобщая, можно сделать следующие выводы. Наблюдается относительно плавный суточный ход общей облачности, не зависящий практически от сезона года с максимумом в 12 ч и минимумом в 00 ч местного времени. Повторяемость сроков, когда МРЛ наблюдал облачность меняется от 21 % в январе до 70 % в июле. Следовательно, общая облачность появляется, когда этому благоприятствуют макромасштабные синоптические условия. Амплитуда суточного хода в 5% – это мера влияния местных региональных условий, накладывающихся на крупномасштабные процессы, проявляясь сходным образом в разных районах Северного Казахстана.

Для территории Северного Казахстана в весеннее время характерна сильная зависимость конвекции от температуры подстилающей поверхности. При этом динамическая составляющая имеет второстепенное значение. Небольшие возвышенности, освободившиеся от снега, более эффективны, чем более высокие горы, которые в это время холоднее.

Летом повышенной повторяемости конвекции способствуют не только возвышенности, но и равнинные участки, занятые мелкими озерами. Испарение с поверхностей таких озер является важным фактором, способствующим конвекции, в условиях низкой относительной влажности нижнего слоя атмосферы, характерной для летнего периода.

Несмотря на кажущееся общее сходство физико-географических условий региона Северного Казахстана, режим конвекции достаточно раз-

личается. Над западными районами (Кустанай) годовой ход конвекции и количества облачности имеет простой суточный ход с одним максимумом около 18 ч местного времени и минимумом около 6 ч. утра. Над восточной частью (Павлодар) в суточном ходе на большей части территории наблюдается два максимума: основной около 18 ч вечера, а второй – около 9...12 ч и минимум около 6 ч утра местного времени. В восточной части Северного Казахстана осадков выпадает меньше, чем в западной, и относительная влажность воздуха тоже несколько ниже. Это и является причиной того, что здесь имеет место двойной максимум повторяемости конвективной облачности. В то же время относительно высокие температуры воздуха над всем Северным Казахстаном при относительно низкой влажности воздуха обусловили смещение максимума конвекции и гроз на вечерний срок на 18 ч местного времени.

Представляется, что полученные нами детализированные данные о пространственно-временном распределении облачности над Северным Казахстаном могут служить основой для оценки ее доступного потенциала, с целью вызывания дополнительного количества осадков. Это особенно важно в связи с наблюдающимся глобальным потеплением климата, проявляющемся, в том числе, и над Казахстаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брылев Г.Б., Низдытминога Г.Л. Суточный ход осредненных характеристик площади и высоты радиоэха облаков и осадков по наблюдениям сетевых МРЛ в Белоруссии. В кн.: Радиолокационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 167 с.
2. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Низдытминога Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 230 с.
3. Брылев Г.Б., Низдытминога Г.Л. Использование радиолокационных данных в синоптической практике. Методическое пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 74 с.
4. Вильтищев Н.Ф. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 136 с.
5. Дивинская Б.Ш. Радиолокационные характеристики полей облачности. // Труды ГГО, Вып. 281, 1973, С 34 – 37.
6. Мазин И.П., Шметер С.М. Облака – строение и физика образования. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 280 с.
7. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 639 с.

8. Методические указания по использованию данных МРЛ в синоптическом анализе и краткосрочном прогнозе погоды / Под ред. Г.К. Веселовой, Ю.К. Федорова. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 23 с.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР, Серия 3. Многолетние данные. Части 1 – 6 . Вып. 187. Каз. ССР. Кн 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 680 с.
10. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 334 с.
11. Синоптические процессы Средней Азии. В.А. Бугаев, В.А. Джорджио и др. –Ташкент. Изд. АН. Узб. ССР, 1957. – 478 с.
12. Чередниченко В.С. Использование информации метеорологических радиолокаторов в анализе атмосферных фронтов. – Алма-Ата: Издательство Казгидромета, 1989. – 105 с.
13. Donaldson R. Y. Radar Reflectivity Profiles in Thunderstorms // J. appl. Met., 1961, Vol. 18 – P. 292-305.

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

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

**МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ РАДАР МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ БҰЛТТЫЛЫҚ ПЕН ЖАУЫН –
ШАШЫННЫҢ ТАРАЛУ ДИНАМИКАСЫ**

Геогр. ғылымд. канд А.В. Чередниченко

Қостанай және Павлодар метеорологиялық радарлар ақпараттары негізінде едәуір толықтырылған, Солтүстік Қазақстандағы бұлттылық пен жауын-шашынның таралу ерекшеліктері қарастырылған. Жер бедері және жыл мезгілімен байланысты бұлттылықтың да, жауын-шашынның да таралуында едәуір әркелкілік анықталған. Зерттеу нәтижелері қосымша мөлшерде жауын-шашын шақыру мақсатында бұлттылықтың қолайлы шамасын бағалауда қолданылады деп болжанады.