

УДК 551.(515.4+501.81)

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ НАД ЮГО-ВОСТОКОМ КАЗАХСТАНА

А. В. Чердниченко

Рассмотрена повторяемость конвективной облачности и гроз над юго-востоком Казахстана по данным наблюдений метеорологических радиолокаторов (МРЛ) Алматы, Балхаш, Жаркент. Предложен и применен метод коррекции повторяемости конвективных облаков, определенной по данным МРЛ, в зависимости от их удаленности от радара. В качестве примера приведена единая для всего юго-востока Казахстана карта-схема распределения конвективных облаков в июле.

Конвективные облака и связанные с ними грозы представляют большую опасность для авиации, поэтому изучению конвективной облачности и прогнозу гроз, а также ливневых осадков уделяется много внимания. Чрезвычайно важно также знать распределение повторяемости конвективной облачности над различными районами, что позволит судить о степени безопасности полетов над ними. Кроме того с нею тесно связана повторяемость ливневых осадков, что представляет интерес для сельского хозяйства и других отраслей экономики. Повторяемость конвективной облачности и другие ее характеристики достаточно хорошо изучены по данным наблюдений метеорологических станций. Однако эти данные обладают одним существенным недостатком: метеостанции отмечают наличие конвективной облачности, начало и конец выпадения осадков, гроз, однако местоположение облачности не фиксируется. Кроме того, сеть метеостанций все еще редка, а очаги гроз относительно невелики, поэтому многие грозы вообще не фиксируются.

Целью данной работы было изучение повторяемости конвективной облачности и гроз над юго-востоком Казахстана по

данным наблюдений не только метеостанций, но и метеорологических радиолокаторов. Юго-восток Казахстана является развитым в экономическом отношении регионом с высокой плотностью населения. Здесь расположен крупнейший в Казахстане аэропорт Алматы, аэропорты Тараз и Балхаш, и проходит большое число международных авиационных линий. Все это делает проблему изучения конвективной облачности и гроз в этом регионе особенно актуальной.

В отличие от метеостанций МРЛ фиксирует местоположение конвективной облачности и ее горизонтальные размеры в радиусе до 300 км с точностью не менее 1-2 км [6]. Кроме того, МРЛ позволяет распознавать конвективные облака, замаскированные другими типами облачности. Вышеотмеченное свойство делает информацию МРЛ чрезвычайно ценной для изучения распределения конвективной облачности и гроз по территории. Результаты таких исследований по данным наблюдений отдельных МРЛ содержатся в ряде работ, например [3,4,7,8 и др.]. К сожалению, вероятность обнаружения конвективной облачности с помощью МРЛ с расстоянием уменьшается. В радиусе до 100 км фиксируется практически вся конвективная облачность, а с увеличением расстояния вероятность ее обнаружения постепенно снижается [1,6] под влиянием таких факторов, как кривизна Земли; ослабление отраженного сигнала, приходящего от облаков, находящихся на большом расстоянии; невозможность вести наблюдения за облаками в дальней зоне под углом места, близким к 0° . Из-за помех от строений и других объектов такие наблюдения ведут под углами $0,5-1,5^\circ$. Нами обстоятельно проанализированы перечисленные выше факторы с тем, чтобы найти способ их учета.

Анализ вышелечисленных факторов показывает, что их влияние нарастает постепенно, и оно может быть учтено. Представляется, что один из способов точного учета уменьшения вероятности обнаружения облачности с расстоянием может быть основан на знании спектра распределения некоторых характеристик конвективной облачности, например высоты их верхней границы или отражаемости. Однако радиолокационная отражаемость измеряется в относительно небольшом диапазоне, а малые значения отражаемости не измеряются вообще. Поэтому, по нашему мнению, более

целесообразно использовать данные о спектре высот верхней границы конвективных облаков. Согласно исследованиям [7], распределение высоты верхней границы конвективной облачности подчиняется закону распределения Максвелла. Как известно, параметры его легко получаются из нормального закона распределения. Спектр распределения верхней границы облаков для конкретного сезона, видимо, определяется двумя основными факторами: крупномасштабными синоптическими процессами в данном регионе и местоположением самого региона. Естественно поэтому предположить, что в радиусе действия конкретного МРЛ, т.е. в радиусе 300 км, спектр распределения верхней границы конвективных облаков одинаковый. В радиусе примерно до 100 км МРЛ обнаруживает весь спектр конвективных облаков. С увеличением расстояния часть этого спектра уже не фиксируется, сначала не распознается облачность с минимальными высотами верхней границы, а затем и более мощные облака.

В работе [1] показано, например, что конвективные облака, имеющие малую мощность, состоят из более мелких капель. Следовательно, радиолокационная отражаемость от таких облаков меньше, чем от более мощных, что затрудняет их обнаружение. Кроме того, с расстоянием из-за кривизны Земли и из-за того, что приходится наблюдать облачность под некоторыми положительными углами, часть облаков оказывается ниже квазигоризонтальной плоскости, где ведет наблюдения МРЛ, и тоже не обнаруживается. Таким образом, с увеличением расстояния удается зафиксировать только более мощные конвективные облака, т.е. только долю полного спектра. Поскольку мы, исходя из физических соображений, предположили, что спектр высоты верхней границы облачности во всем радиусе наблюдений одинаков, то задача сводится к тому, чтобы по обнаруживаемой его части восстанавливать весь спектр. Для этого необходимо знать также закон изменения доли выявленного спектра с расстоянием. Как уже отмечалось выше, число случаев обнаруживаемой конвективной облачности постепенно уменьшается. Очевидно, что это и есть следствие сокращения спектра распознанных облаков. Следовательно, закон уменьшения повторяемости обнаруживаемых конвективных облаков является одновременно и законом изменения с расстоянием доли выявленного

спектра. Рассмотрев достаточно большой объем статистического материала, мы попытались установить закон уменьшения повторяемости конвективной облачности с расстоянием от МРЛ, с тем, чтобы затем восстановить полный спектр облачности во всем диапазоне наблюдений радиолокатора.

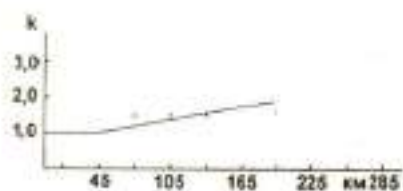
Задача усложняется тем, что повторяемость конвективной облачности в районе наблюдений может быть достаточно изменчивой, в основном из-за влияния орографии. Так, на наветренных склонах гор, а также у отдельно расположенных возвышенностей повторяемость конвективной облачности, как правило, выше, чем над равниной [1,2,5,6]. Это существенно искажает ход ее изменения с расстоянием, и необходим какой-то метод учета данного факта. Аналогичная попытка была предпринята в [7], где предложен метод учета, основанный на аналитической аппроксимации данных о высоте верхней границы радиоэха распределением Максвелла. Однако влияние орографии в предложенном методе не учитывалось, и поэтому для расстояний 200 км и более результаты коррекции оказались не вполне надежными. Потребовалось уточнение метода коррекции. Авторы других работ [3,4] вообще не подвергали данные наблюдений МРЛ коррекции на расстояние. Поэтому им удалось уточнить только положение областей экстремумов повторяемости конвективных облаков над исследуемыми районами.

Влияние названного фактора можно исключить, если изучать изменение повторяемости облаков не в одном каком-то направлении, а для всех случаев наблюдений вести осреднения по концентрическим окружностям с шагом 30 км до максимального радиуса действия МРЛ. Тогда максимум повторяемости облаков, например на расстоянии 150 км к северу от МРЛ, будет компенсироваться минимумом повторяемости на этом же расстоянии к западу или к востоку от МРЛ и так далее. Вышеперечисленные соображения положены в основу методики выполнения данной работы. Карта распределения конвективной облачности над юго-востоком Казахстана строилась по данным наблюдений в синоптические сроки за длительный период с 1951 по 1961 г. Трехлетний период выбран минимально возможным для получения статистически обеспеченного результата.

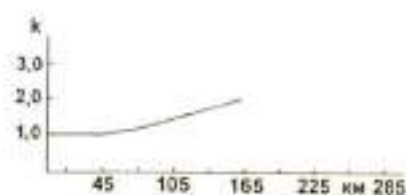
Методику обработки и результаты рассмотрим на примере данных МРЛ Балхаш. Карты повторяемости конвективной облачности строились для срединных месяцев сезонов, т.е. января, апреля, июля, октября. Для каждого из 8 синоптических сроков подсчитывалась повторяемость конвективной облачности по квадратам 30 x 30 км во всем радиусе наблюдений радара. Затем для повышения статистической надежности расчетов они были разделены на две группы: день и ночь. Сборные карты повторяемости строились по четырем срокам наблюдений в каждой группе. Далее для concentрических окружностей в диапазоне от 90 до 300 км подсчитывалась суммарная повторяемость конвективной облачности. На основе этих данных строились зависимости изменения повторяемости с расстоянием для дня и для ночи срединных месяцев сезонов. На рис. 1 представлены такие графики для МРЛ Балхаш. Их анализ представляет интерес и приводится ниже.

Так, в январе конвективная облачность и грозы обнаруживаются радаром до расстояния 210 км. Убывание повторяемости конвективных облаков с расстоянием происходит медленно, оно начинается примерно с 70 км. На предельном удалении, а именно на расстоянии около 200 км, средняя повторяемость уменьшается в 2 раза, т.е. наблюдается около половины спектра конвективной облачности. Ночью уменьшение повторяемости происходит несколько быстрее, чем днем, и соответственно ночью коэффициент убывания (K) повторяемости равен 2,3, а днем – 1,8. Значения повторяемости в январе и днем и ночью лежат очень близко к аппроксимируемой кривой, значит влияние подстилающей поверхности и орографии и днем и ночью относительно невелико, т.е. повторяемость конвективной облачности мало изменяется по территории. В апреле максимальные коэффициенты убывания повторяемости на том же расстоянии около 200 км составляют 2,5 – ночью и 2,8 – днем. Радиус обнаружения конвективных облаков днем на 60-80 км больше, чем ночью. Более быстрое убывание повторяемости с расстоянием в апреле по сравнению с январем является несколько неожиданным, поскольку фактор, играющий большую роль в формировании конвективных облаков, в первом случае значительно выше, чем во втором.

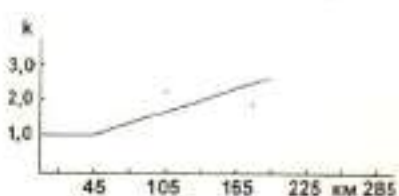
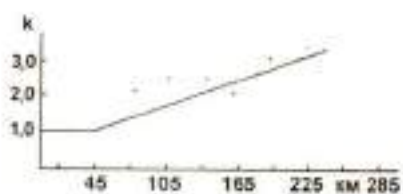
а



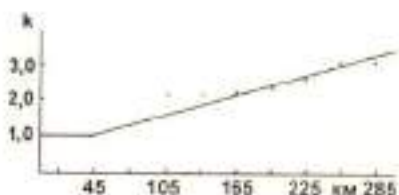
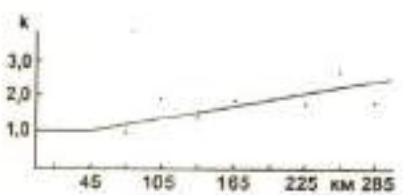
б



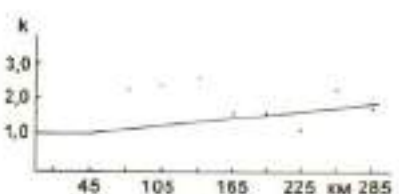
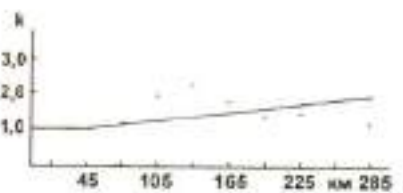
Январь



Апрель



Июль



Октябрь

Рис. 1. Вероятность обнаружения конвективных облаков с расстоянием в срединные месяцы сезонов днем (а) и ночью (б) по данным измерений МРЛ Балхаш.

Более быстрое убывание повторяемости конвективной облачности в апреле может быть объяснено орографическими особенностями. Так, акватория озера Балхаш в апреле остается достаточно холодной, что не способствует образованию конвективных облаков. Относительно низкую температуру имеют западные и северо-западные склоны Джунгарского Алатау, а также Казахский мелкосопочник, расположенный к северу, северо-западу и северо-востоку от Балхаша. Для этого месяца характерен также значительный разброс повторяемостей относительно кривой аппроксимации. Он больше, чем в любом другом сезоне, что указывает на существенную роль температуры подстилающей поверхности в образовании конвективной облачности, а также значительную изменчивость такой температуры по территории.

В июле и октябре МРЛ может наблюдать конвективную облачность до максимального расстояния 300 км. Коэффициент убывания на этом расстоянии в июле составляет 3,1 – ночью, 2,1 – днем. Более медленное убывание повторяемости конвективных облаков днем по сравнению с ночью считается естественным, поскольку условия для конвекции днем в целом благоприятнее. В октябре коэффициенты убывания на максимальном расстоянии 300 км несколько меньше, чем в июле, они равны 1,8 – ночью и 1,7 – днем. Близость значений коэффициентов указывает на уменьшение влияния температурного прогрева подстилающей поверхности на образование конвективных облаков в дневное время. Однако разброс значений повторяемости относительно кривой аппроксимации тоже достаточно большой, т.е. диапазон изменения температуры подстилающей поверхности в районе наблюдений велик.

Рассмотрим теперь особенности распределения повторяемости конвективной облачности в районе Балхаша по сезонам года. Зимой, в январе, конвективная облачность наблюдается преимущественно в ночное время. Наиболее вероятным местом ее образования является район, расположенный в 220 – 240 км к юго-западу от Балхаша. Данная область высокой повторяемости конвективных облаков имеет ширину около 50 - 70 км и длину около 200 км, она ориентирована с юго-запада на северо-восток. Вторая область расположена к запад - северо-западу от Балхаша на расстоянии 60 – 200 км, т.е. над юго-западными склонами Казахского

мелкосопочника. В дневное время конвективная облачность наблюдается в тех же районах, однако повторяемость ее заметно ниже. И днем, и ночью в январе конвективная облачность довольно часто наблюдается в радиусе до 90 км от радара, примерно с равной вероятностью во всех направлениях.

Весной, в апреле, область наибольшей повторяемости конвективных облаков и днем и ночью располагается над северо-западными склонами Джунгарского Алатау на расстоянии от 150 до 280 км от радара. Повторяемость конвективной облачности здесь днем и ночью примерно одинакова. Вторая область повышенной повторяемости конвективных облаков располагается к юго-западу на расстоянии 200 – 240 км от радара, т.е. там же, где и в январе. В этом районе конвективные облака наблюдаются преимущественно ночью. Еще одна область конвективных облаков отмечается к западу от Балхаша на расстоянии 30 – 60 км. И для января, и для апреля характерным является то, что на большей части зоны наблюдений радара конвективная облачность вообще не отмечается ни днем, ни ночью.

Летом, в июле конвективные облака с разной повторяемостью отмечаются над всем районом наблюдения радара (рис.2).



Рис. 2. Значения повторяемости (число случаев) конвективной облачности по данным измерений МРЛ Балхаш в июле ночью.

В то же время области наибольшей повторяемости расположены к юго-западу от Балхаша на расстоянии 180 – 250 км, к западу и северо-западу – на расстоянии 60 – 270 км, а также северу, северо-западу на расстоянии примерно 200 км. На юго-востоке над северо-западными склонами Джунгарского Алатау повторяемость конвективных облаков тоже высокая, однако выраженного ее максимума не наблюдается. Средняя повторяемость конвективных облаков в июле примерно одинакова ночью и днем. Для осени, в октябре, характерной особенностью является низкая повторяемость или полное отсутствие конвективной облачности к северу, северо-востоку от радара, и довольно высокая повторяемость к юго-востоку от него. На юго-восточной половине наблюдений конвективная облачность отмечается, как и в июле, повсеместно, однако средняя ее повторяемость заметно ниже. Область наибольшей повторяемости в этом месяце находится юго-восточнее Балхаша на расстоянии 180 – 250 км от радара. Ночью повторяемость конвективных облаков несколько ниже, чем днем.

Данные об изменении коэффициента убывания конвективных облаков с расстоянием были использованы для корректировки наблюдаемой повторяемости. Для этого значения повторяемости в каждом квадрате 30 x 30 км умножались на коэффициент убывания с учетом удаленности данного квадрата от МРЛ. Таким образом были получены скорректированные значения повторяемости конвективных облаков для всей зоны наблюдений радара. При этом положение областей экстремумов повторяемости не изменилось, увеличилось только значение повторяемости облаков на числовое значение коэффициента убывания. Распределение повторяемости конвективных облаков в июле днем и ночью приведено на рис. 3.

Можно видеть, что скорректированные данные повторяемости конвективных облаков по территории увеличились, особенно на расстоянии более 150 км от радара.

Аналогичные карты-схемы были также построены для Алматы и Жаркента, а затем, на основе наблюдений этих трех радаров, были построены единые карты распределения конвективной облачности в срединные месяцы сезонов для юго-востока Казахстана. Для примера на рис. 4 приведена карта распределения конвективной облачности над юго-востоком Казахстана в июле.

Так, например, все максимумы повторяемости наблюдаются у наветренных склонов гор. Поскольку летом конвективная облачность и грозы связаны с вторжениями холодных воздушных масс, то максимумы повторяемости наблюдаются на северо-западных и даже северных склонах гор. Весной и осенью грозы связаны с выносом теплых влажных воздушных масс в системах южных циклонов, соответственно, максимумы повторяемости наблюдаются на юго-западных склонах гор. Отмеченные выше закономерности заметно искажаются влиянием орографии. Так, отдельно стоящие возвышенности существенно увеличивают повторяемость конвективных облаков. Минимумы повторяемости конвективных облаков в основном связаны с подветренными склонами гор. В целом распределение повторяемости конвективной облачности над регионом носит сложный характер и не всегда может быть объяснено физическими факторами, отмеченными выше. Именно поэтому и необходима климатическая карта повторяемости конвективных облаков, откорректированная на основе наблюдений МРЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Априамашвили Н. Ш., Ватыян М.Р. Исследование пространственно-временного распределения некоторых радиолокационных характеристик конвективной облачности Восточной Грузии // Радиолокационная метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 129-140.
2. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 231 с.
3. Влияние топографии и мезомасштабных особенностей приземных метеорологических полей на радиолокационные характеристики кучево-дождевой облачности / Г.Б. Брылев, А.В. Завдовьев, В.С. Огуряев и др. // Радиолокационная метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С. 21-31
4. К использованию данных радиолокационных наблюдений для оценки облачных ресурсов (на примере района Ленинграда) / В.Д. Степаненко, Ю.А. Довгалюк, Е.В. Оренбургская и др.

- // Радиолокационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 121-129.
5. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 301 с.
 6. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 334 с.
 7. Чередниченко В. С. О методике расчета повторяемости радиоэха конвективной облачности в дальней зоне и особенности ее распределения в районе Алма-Аты // Труды КазНИГМИ. – 1992. – № 3. – С. 87-94.
 8. Hoinka K.P., Hagen M., Hans V. D. On the influence of the Alps on a cold front // Tellus. – 1990. – Vol. 42 A. – P. 140 – 164.

Казахский государственный национальный
университет им. аль-Фараби

ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ БҮЛТТЫЛЫҚТЫҢ КОНВЕКТИВТІК ТАРАЛУЫ ТУРАЛЫ

А. В. Чередниченко

Алматы, Балқаш, Жәркентте орналасқан метеорологиялық радиолокаторлардың (МРЛ) қадағалау мәліметтеріне сәйкес оңтүстік-шығыс Қазақстандағы конвективтік бұлттылықтың және найзағайлардың қайталануы қаралған.

МРЛ-дардың мәліметтерінің негізінде конвективтік бұлттылықтың қайталануын түзету тәсілі ұсынылған және қолданылған. Мысал ретінде оңтүстік-шығыс Қазақстанға шілде айында конвективтік бұлттылықтың таралуының біркелкі картасхемасы берілген.