



УДК 551. 583

Исследование гроз на территории Иркутской области

И. В. Латышева (aerosol@lin.irk.ru)

К. А. Лощенко (christ.1526@mail.ru)

Е. В. Шахаева (elenash@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрен механизм развития грозового облака, проанализированы современные предикторы, используемые для прогноза гроз в России и за рубежом, исследованы метеорологические и синоптические условия возникновения гроз в различных районах Иркутской области.

Ключевые слова: климат, атмосферная циркуляция, грозы.

Введение

Гроза – одно из самых опасных атмосферных явлений для различных отраслей народного хозяйства и транспорта. С активной конвекцией и развитием гроз связаны сильные ветры, ураганы, шквалы, смерчи и пыльные бури, на долю которых приходится более 25 % всех опасных явлений на территории России по данным за 1991–2008 гг. [1]. Кроме того, явления, связанные с грозой, оказывают крайне неблагоприятное влияние на деятельность авиации. Опасность для пилотирования воздушных судов представляют обледенение и электризация самолета, а также вертикальные и горизонтальные сдвиги ветра, вызывающие перегрузку самолета, сильную турбулентность и болтанку [3; 4]. Поэтому полет в грозовых облаках категорически запрещен [2].

Первоначально грозой называли процесс конденсации водяного пара в атмосфере, сопровождающийся молнией и громом. Первая теория образования гроз в России была предложена Ломоносовым в 1753 г., согласно которой причиной возникновения грозы является наличие восходящих и нисходящих движений неравномерно нагретого воздуха [7].

В последние годы предложено множество различных определений грозы, но наиболее удачным с прогностической точки зрения является определение: «гроза – это комплексное атмосферное явление, обусловленное сильной неустойчивостью стратификации атмосферы и связанное с развитием кучево-дождевой облачности».

В зависимости от вида конвекции принято различать внутримассовые грозы, которые возникают при свободной (термической) конвекции, и фронтальные и орографические грозы, причиной которых является динамическая (вынужденная) конвекция [14].

Наибольшие сложности связаны с прогнозированием внутримассовых гроз, которые часто возникают в однородной воздушной массе как изолированные образования, хаотически расположенные над обширными пространствами. Скорость развития и распада внутримассовых кучево-дождевых облаков зависит от интенсивности вовлечения снизу «свежих» термиком и от влажности окружающего воздуха.

Преимущественно внутримассовые кучево-дождевые облака образуются в неустойчивых воздушных массах, которые подразделяют на холодную, местную и теплую. Холодная неустойчивая воздушная масса возникает при адвекции холода, поэтому отличается пониженной температурой и низким уровнем кристаллизации. Грозы в холодной неустойчивой воздушной массе типичны для восточных периферий антициклонов, где холодный воздух вышележащих уровней вытесняет теплый влажный воздух и приводит к образованию новых поднимающихся конвективных ячеек [10].

Местная воздушная масса характеризуется устойчивой стратификацией в утренние часы, часто сопровождается наличием тумана и дымки, хорошо выраженным суточным ходом температуры воздуха и развитием конвективной облачности в послеполуденные и вечерние часы. В местной воздушной массе уровень конденсации обычно расположен на высоте 500–1500 м, а уровень кристаллизации – на высоте 5–7 км. Такая воздушная масса характерна в основном для малоградиентных барических полей.

Наименее изучены условия образования гроз в теплой воздушной массе, которые называют «тепловыми грозами». Теплая воздушная масса в целом является устойчивой и характеризуется наиболее высокой температурой и наиболее сухим воздухом. В такой воздушной массе конвекция возникает чаще всего ночью в слое 850–700 гПа, в основном на западной периферии антициклонов и в теплом секторе циклонов.

В целом основными факторами грозообразования в однородной воздушной массе являются: большая термическая неустойчивость воздуха ($\gamma > 0,65$ °C/100 м в слое 0–400 гПа); высокое влагосодержание в приземном слое и на высотах ($e > 15$ гПа, $a > 13$ г/м³); большая вертикальная протяженность облаков ($H > 4–5$ км); интенсивные восходящие движения воздуха внутри облаков ($\omega \geq 10$ м/с); циклоническая кривизна изобар; интенсивная адвекция холода или тепла на высотах.

Современные методы исследования фронтальных гроз показали, что воздушные массы и характеристики атмосферы в зоне грозовой деятельности характеризуются многослойностью. Было выявлено существование «полосы доставки» влаги перед грозовым фронтом, имеющей ограниченные поперечные размеры [19]. Поэтому оптимальным для прогноза фронтальных гроз представляется метод оценки доступных влагозапасов облачности [16]. Применение радиолокационных данных позволяет уточнять положение, направление и скорость смещения фронтальных грозовых очагов [8].

При анализе синоптических условий образования как внутримассовых, так и фронтальных гроз широко используются различные типизации атмосферных процессов, учитывающие положение осей планетарной вы-

отно-фронтальной зоны, центров циклонов и антициклонов, данные стратификации атмосферы в точке, откуда ожидается приход воздушной массы [15].

По структуре грозовые облака могут быть одноячеечными, многоячеечными и суперячеечными [17]. Наименьшую опасность представляют одноячеечные грозы, которые нередко называют грозным импульсом. Такие грозы продолжаются не более 20–30 мин.

Многоячеечные линейные грозы представляют собой линию гроз с продолжительным, хорошо развитым порывистым фронтом, поэтому такие грозы называют шквальными линиями. Многоячеечные кластерные грозы состоят из группы ячеек, перемещаются как единое целое, где каждая ячейка находится на различных уровнях грозового жизненного цикла.

Наиболее опасна сверхмногоячеечная или суперячеечная гроза, которая сопровождается сильным вращением восходящих потоков воздуха с образованием мезоциклона. В передней части «суперячейки» имеется сильный восходящий поток ($\omega \approx \geq 40$ м/с), который поддерживается влажным и потенциально неустойчивым воздухом нижних уровней, имеет тенденцию к циклоническому вращению и отклоняется вправо от ведущего потока в средней тропосфере. В тылу «суперячейки» формируется нисходящий поток, который поддерживается относительно сухим, имеющим низкие потенциальные температуры воздухом среднего уровня тропосферы (500 гПа).

В настоящее время наиболее активно изучением гроз занимаются за рубежом, где современные теоретические исследования базируются на многочисленных данных доплеровских содаров и лидаров. По мнению американских ученых, грозы связаны с конвективным перемешиванием глубоких слоев атмосферы и возникают в тех областях, где скорость уменьшения температуры с высотой достаточно велика, чтобы вызвать неустойчивость атмосферы, а воздух в нижних слоях достаточно влажен, чтобы возникло его пересыщение, необходимое для конденсации влаги [20].

В такой атмосфере поднимающийся воздух становится насыщенным, а выделяющаяся при конденсации влаги скрытая теплота компенсирует охлаждение воздуха при его расширении и поддерживает подъемную силу, которая обеспечивает дальнейший подъем воздуха вверх. Таким образом, для прогноза гроз необходимо установить области, где вертикальный градиент температуры неустойчив, воздух на нижних уровнях достаточно влажен и ожидаемые прогрев воздуха или его подъем достаточны для инициирования конвекции.

В России необходимым для возникновения грозы условием принято считать наличие в рассматриваемом регионе условной неустойчивости второго рода, которую выражают в виде неравенства: $\gamma \geq \gamma_{ea}$, где γ_{ea} – влажноадиабатический градиент на рассматриваемом уровне. Если условная неустойчивость реализуется, то в атмосфере образуется конвективно-неустойчивый слой (КНС) – слой, в котором с высотой будет возрастать неустойчивость и убывать потенциальная температура, в результате чего в пограничном слое атмосферы возникают области интенсивных вертикаль-

ных токов, достаточные для того, чтобы за ограниченное время поднять воздух до уровня конденсации. В дальнейшем для развития кучево-дождевой облачности необходим приток влаги извне [13].

Наряду с указанными факторами благоприятным условием возникновения грозы является циклоничность синоптического положения, которая способствует усилению конвергенции и, как следствие, усилению восходящих токов в пограничном слое атмосферы.

Поэтому основными предикторами, определяющими вероятность возникновения гроз на территории России, являются: высота уровня конденсации и высота уровня конвекции, которые определяют вертикальную протяженность грозового облака; высота конвективно неустойчивого слоя (КНС), до которого возможен вертикальный подъем воздуха; толщина облака и толщина КНС, от которых зависит водность облака и интенсивность гроз; температура на уровне конвекции, которая определяет скорость падения температуры с высотой; суммарный дефицит влаги в момент максимального прогрева атмосферы в ее нижнем 5-километровом слое, который определяет влажность поднимающегося воздуха, приток влаги извне и косвенно количество скрытой теплоты конденсации в облаке; средняя температура отклонения кривой состояния от кривой стратификации в КНС, которая определяет энергию неустойчивости, обусловленную силой плавучести [6; 18].

В гидрометеорологических геоинформационных системах, которые используются синоптиком для составления оперативного прогноза гроз, разработаны компоненты «фактический» и «прогностический радиозонд», где наряду со стандартными параметрами атмосферы можно определить вертикальную скорость конвекции и кинетическую энергию неустойчивости, что служит дополнительным фактором для оценки степени неустойчивости воздушной массы.

В области моделирования атмосферных процессов увеличение горизонтального разрешения моделей до 85 гармоник (~100 км) и вертикального до 31-го уровня, введение суточного хода радиации и тонкая подстройка блоков параметризации подсеточных физических процессов дает основание предположить, что грозы, как явления, вызываемые мезомасштабными процессами, могут успешно прогнозироваться на сроки, значительно превышающие их период существования [12].

В целом успешность (оправдываемость) прогнозов и предупреждений о возникновении гроз на территории России достигает 85–90 %. Однако существуют определенные сложности в описании механизма возникновения гроз, прогнозирования гроз в условиях редкой сети данных наблюдений и высокой степени расчлененности рельефа. Поэтому в целях повышения оправдываемости и заблаговременности их предсказания необходимо проводить региональные исследования условий возникновения гроз и связанных с ними опасных явлений погоды.

На территории Иркутской области последние исследования метеорологических и синоптических условий возникновения гроз проводились в

середине 1980-х гг. специалистами Иркутского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [11]. Установлено, что грозовая деятельность на территории Иркутской области наблюдается как при широтных, так и при долготных типах элементарных циркуляционных процессов. В большинстве случаев (51 %) грозы на территории Иркутской области возникают в тыловых частях циклонов и на восточной периферии антициклонов и связаны с вторичными холодными фронтами.

В настоящее время на территории Иркутской области отмечены существенные изменения метеорологического режима и циркуляционных процессов как в холодный, так и в теплый период года. Например, в зимние месяцы на территорию исследуемого региона более часто смещаются циклоны, с которыми связана адвекция тепла, что приводит к ослаблению господствующего Азиатского антициклона. В теплый период, наоборот, исследуемые районы чаще попадают под влияние локальных антициклонов и гребней Восточно-Саянского и Полярного антициклонов, получающих развитие на южные районы Прибайкалья, что сопровождается ослаблением господствующего влияния Центрально-Азиатской депрессии [9]. Это еще раз подчеркивает актуальность региональных исследований условий возникновения гроз на основе данных современных метеорологических наблюдений.

Постановка задачи

Исследуемый регион – территория Иркутской области характеризуется высокой степенью расчлененности рельефа, что оказывает существенное влияние на характер синоптических процессов и распределение опасных явлений погоды. В этой связи в работе исследованы пространственно-временные закономерности распределения среднего и максимального числа дней с грозой, их продолжительность в разных физико-географических районах Иркутской области. В качестве исходных использованы данные непрерывных наблюдений 61 метеорологической станции Иркутской области за период 1987–2009 гг. (до 1987 г. на ряде исследуемых станций отсутствовали непрерывные данные по числу дней с грозой).

Полагая, что атмосфера – подвижная среда, где осуществляется тесное взаимодействие коротких и длинных волн, и их вклад в возникновение опасных явлений погоды не всегда равнозначный, в работе проведена типизация синоптических процессов возникновения гроз, учитывающая специфику атмосферных процессов как у поверхности Земли, так и на уровне ведущего потока (АТ-700 гПа). Описание синоптических процессов выполнено для территории Северного, Центрального и Южного районов Иркутской области [11] по ежедневным синоптическим картам (приземным и высотным) с привлечением данных NCEP/NCAR Reanalysis за период 2005–2009 гг.

Северный район занимает территорию от Братского района на западе до границ области на востоке и севере. Для него характерно понижение местности на восток и северо-восток, частое прохождение циклонов и лож-

бин с юго-запада, запада, северо-запада и севера с фронтальными разделами, проявляющимися в резкой смене температур, с частыми и нередко сильными осадками. В климатическом отношении Северный район – недостаточно теплый, местами сравнительно теплый (Усть-Кутский, Казачинско-Ленский) или очень холодный (Катангский район), увлажненный и среднеувлажненный с различной продолжительностью безморозного периода.

Южный район простирается от Черемховского района до Байкала на востоке и до Качугского района на севере. Равнинная местность, расположенная на юге, подвержена деформации приземных и высотных барических полей в условиях неоднородного рельефа, в теплое время года характерны выходы южных циклонов с Монголии, с которыми связано выпадение продолжительных и нередко интенсивных дождей. В климатическом отношении южный район можно охарактеризовать как сравнительно теплый, увлажненный, с коротким безморозным периодом и возможными засухами в северной части.

Центральный район занимает среднее положение между Южным и Северным районами, располагается в бассейне Братского водохранилища и прилегающих к нему районах. Отличается от Южного района более «сглаженным» температурным режимом летом и большим выхолаживанием приземного слоя воздуха в холодное время года.

Так как в условиях редкой сети данных аэрологического зондирования атмосферы нередко происходит сглаживание полей приземного давления и геопотенциала, то это существенно затрудняет анализ мезомасштабных неоднородностей поля давления и ветра на картах погоды при наличии гроз. Поэтому в качестве дополнительной характеристики при анализе синоптических условий возникновения гроз рассчитывает вертикальная компонента вихря скорости, которая характеризует тенденцию вращательного движения частиц вокруг оси преимущественно в горизонтальной плоскости:

$$\Omega_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}.$$

Для исследования метеорологических условий возникновения гроз были выбраны станции Киренск (Северный район), Иркутск (Южный район) и Братск (Центральный район), где наряду с метеорологическими измерениями проводят аэрологическое зондирование атмосферы в сроки 00 и 12 всемирного гринвичского времени (всв).

Сложность анализа метеорологических условий возникновения гроз, максимум которых на территории Иркутской области отмечается в вечерние и ночные часы, заключалась в том, что данные аэрологических наблюдений в 12 всв отражали не столько условия развития гроз, сколько последствия затухания конвекции. Аналогичные данные в 00 всв существенно изменялись к моменту начала конвективных движений за счет притока тепла, адвекции и вертикальных движений. Наиболее надежно было брать данные наблюдений, проводимых в 12–14 ч местного времени, но в этот период отсутствуют данные вертикального зондирования атмосферы. По-

этому была использована методика, которая заключалась в сравнении средних значений метеорологических величин в дни, когда грозы наблюдались, и в дни, когда грозы отсутствовали.

В оперативной практике в качестве фактора, влияющего на грозы, наиболее часто используют параметр Р. М. Вайтинга $K = (t_{850} - t_{500}) + t_{d850} - d_{700}$. Преимущество этого индекса в том, что он компактно отражает характер вертикальной стратификации атмосферы: вертикальный градиент температуры в слое облакообразования через разность температур на уровнях 500 гПа и 850 гПа (первое слагаемое); влагосодержание в нижней тропосфере через температуру точки росы на уровне 850 гПа (второй член) и вертикальную мощность влажного слоя через дефицит точки росы на уровне АТ-700 гПа (третье слагаемое).

Предполагая, что развитие гроз отмечается в основном при повышенных значениях температуры и влажности воздуха у поверхности земли и в нижней тропосфере, нами были рассчитаны суммы температур в слое активного облакообразования (земля – 500 гПа) и суммы дефицитов точки росы в слое 850–500 гПа в дни, когда грозы наблюдались и в дни, когда грозы отсутствовали на метеорологических станциях. Для расчетов использованы данные аэрологического зондирования по температуре воздуха (°С) и дефицитам точки росы (°С) у поверхности Земли, на уровнях 850 гПа (1,5 км), 700 гПа (3 км) и 500 гПа (5 км).

Поскольку импульсом для развития гроз часто служит термодинамическая конвекция в пограничном слое, то в качестве предиктора гроз, особенно дневных и внутримассовых, были использованы средние значения уровней конденсации, конвекции и высоты тропопаузы в «дни», когда грозы наблюдались и когда отсутствовали на исследуемых станциях.

Обсуждение результатов исследования

По данным многолетних наблюдений на 61 метеорологической станции, расположенной в разных физико-географических районах Иркутской области, в исследуемый период (1987–2009 гг.) грозы наблюдались с апреля по сентябрь, в единичных случаях в октябре. В табл. 1 представлено распределение среднего многолетнего числа дней с грозой, полученного путем усреднения данных наблюдений за теплый период года (IV–IX), а также значения средних квадратических отклонений (СКО).

Максимальное число дней с грозой в исследуемый период зарегистрировано в Восточно-Саянском районе, где их увеличение связано с усилением восходящих движений на наветренных склонах горных хребтов, и как следствие, развитием вынужденной конвекции. Наименьшее число гроз выявлено в Прибайкальском и Бодайбинско-Мамском районах, где их уменьшение связано с развитием локального антициклогенеза в летние месяцы, сопровождающегося размыванием полей облачности и ослаблением атмосферных осадков. На остальной территории Иркутской области различия по среднему числу дней с грозой не значительны.

Таблица 1

Статистические характеристики числа дней с грозой на территории Иркутской области в теплый период 1987–2009 гг.

Район	Среднее значение	СКО
Иркутско-Тулунский	3,4	0,7
Бирюсино-Ангарский	3,7	0,9
Приленский	3,8	0,5
Катангский	3,6	0,4
Бодайбинско-Мамский	3,1	0,3
Прибайкальский	2,6	0,7
Восточно-Саянский	4,5	0,9

Наиболее изменчив многолетний режим гроз в Восточно-Саянском и Бирюсино-Ангарском районах, где величины СКО максимальны. В годовом распределении максимум числа дней с грозой отмечается в июле и изменяется от 6 дней на ст. Сарма до 22 дней на ст. Тангуй. В июле на станциях Сарам, Усть-Кут и Нижнеудинск наблюдается максимальная продолжительность гроз, которая составляет 22–24 ч/мес.

Так как грозы являются мезомасштабными процессами, и большая роль в их возникновении принадлежит местным факторам, то для прогноза гроз важно знать синоптические условия их образования. В 2005–2009 гг. грозы на территории Иркутской области отмечались при большом разнообразии типов синоптических процессов (табл. 2, 3). Однако чаще всего они возникали в Северном и Южном районах в передней части высотной макроложбины (58% и 29% соответственно), в Центральном районе на южной периферии высотных циклонов (35%). У поверхности Земли при наличии размытых барических полей (РБП) (>40%). В таких случаях создаются благоприятные условия для усиления высотных фронтальных зон, фронтогенеза и развития конвекции, преимущественно в послеполуденные и вечерние часы суток.

Таблица 2

Средняя многолетняя повторяемость (%) гроз в Южном, Центральном и Северном районах Иркутской области при различных типах синоптических процессов на АТ-700 гПа (3 км)

Район	Тип высотного барического поля							
	РБП	ВФЗ	передняя часть ложбины	ось ложбины	тыл ложбины	южная периферия циклона	передняя часть гребня	тыл гребня
Южный	17	12	29	7	13	8	8	6
Центральный	17	17	12	7	3	35	6	3
Северный	18		58	17				7

Таблица 3

Средняя многолетняя повторяемость (%) гроз в Южном, Центральном и Северном районах Иркутской области при различных типах синоптических процессов у поверхности земли

Район	Тип приземного барического поля					
	ось ложбины	тыл ложбины	передняя часть ложбины	РБП	восточная периферия антициклона	северная периферия циклона
Южный	8	25	4	42	17	4
Центральный	3	24	13	42	18	
Северный	23		6	65		6

Внутримассовые грозы отмечались в размытых барических полях повышенного и пониженного давления в Южном и в Центральном районах в 42% случаев, в Северном районе в 65% случаев, в большинстве случаев в условиях дневного прогрева (до 23–27 °С) и при наличии дивергенции потоков на высотах, которые способствовали развитию восходящих токов и формированию мощной кучевой и кучево-дождевой облачности. На внутримассовое происхождение гроз указывает их очаговый характер, хорошо различимый по спутниковым данным, а также отсутствие зоны бароклинности и высоких градиентов температур на уровне АТ-850 гПа.

Примерно в 20% случаев при возникновении внутримассовых гроз отмечалось смещение мезоциклона с высокогорных районов Патомского нагорья или Восточных Саян, на что указывали повышенные значения вихря скорости. С адвекцией циклонального вихря скорости на высотах было связано вовлечение восходящих потоков теплого воздуха снизу, охлаждение воздуха в процессе расширения с образованием полосы влажного воздуха, чаще всего вытянутой параллельно оси высотной ложбины.

Фронтальные грозы в Южном и Центральном районах Иркутской области в большинстве случаев (>65%) отмечались на основных холодных фронтах (рис.). На теплых фронтах грозы возникают при реализации энергии гидродинамической неустойчивости в облаках затопленной конвекции (системы облаков Ns), чаще всего в северном районе Иркутской области (42%). Реже всего грозы отмечались на фронтах окклюзии циклона, вступающего в заключительную стадию развития (стадию заполнения холодным воздухом), где горизонтальные градиенты температур в зоне фронта уменьшаются и конвективные движения затухают.

Наиболее продолжительные грозы фронтального характера наблюдались при прохождении динамически значимого в поле температур холодного тропосферного фронта с контрастами температур ≥ 8 °С/1000 км, вызванного сменой южной умеренной воздушной массы на северную умеренную. В большинстве случаев (> 70 %) уровень тропопаузы превышал 12 км, а уровень конденсации опускался ниже 1,5 км, что определяло значительную толщину конвективно-неустойчивого слоя и, как следствие,

развитие кучево-дождевого облака по вертикали. Наличие северо-западных потоков в нижней тропосфере и юго-западных потоков на высотах способствовало усилению неустойчивости и более глубокому конвективному перемешиванию в грозовом облаке.

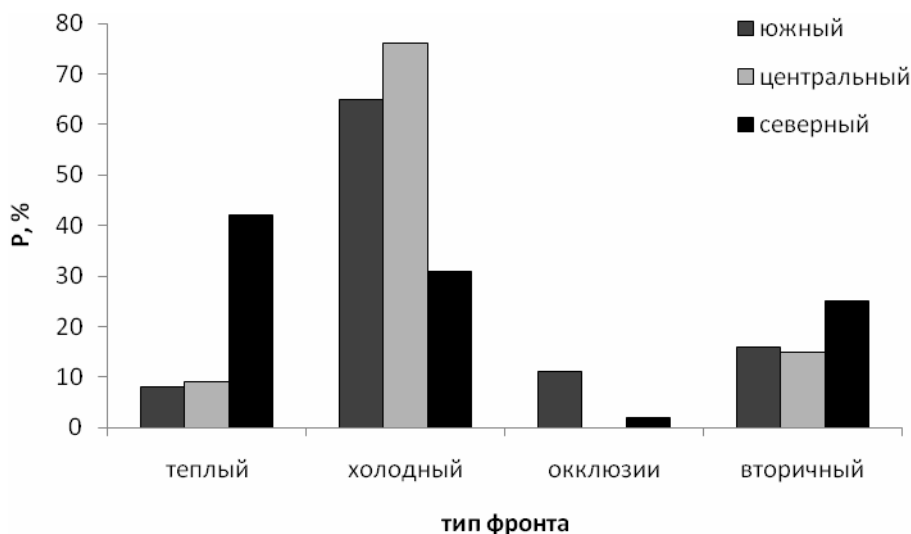


Рис. Средняя многолетняя повторяемость (%) фронтальных гроз в различных районах Иркутской области в 2005–2009 гг.

В дни с грозой на всех исследуемых станциях наблюдалось повышенное теплосодержание атмосферы от поверхности Земли до уровня 500 гПа (5 км), что определяет большие запасы потенциальной энергии, которые реализуются в развитии конвективной облачности, сопровождаемой грозами. Наглядно это подтверждают расчеты, выполненные в дни с грозой и без грозы (табл. 4). Особенно выражены температурные различия в Центральном районе, где в дни с грозой суммы температур в нижнем пятикилометровом слое атмосферы в среднем в 17 раз превышали эти значения в дни, когда грозы отсутствовали.

В дни с грозой на всех исследуемых станциях наблюдалось повышенное влагосодержание нижней и средней тропосферы от уровня 850 гПа (1,5 км) до уровня 500 гПа (5 км) (табл. 5). Особенно выражены эти различия в Центральном и Южном районах, где в дни с грозой суммы дефицитов влаги в среднем на 9 °С были ниже, чем в дни, когда грозы отсутствовали.

Таблица 4

Средние значения суммы температур ($^{\circ}\text{C}$) в слое земля – 500 гПа в дни с грозой и без грозы в различных районах Иркутской области в 2005–2009 гг.

Явление	Станция (район)		
	Киренск (Северный)	Братск (Центральный)	Иркутск (Южный)
Гроза	20,6	20,1	26
Без грозы	2,6	1,2	7,8

Таблица 5

Средние значения дефицитов точки росы ($^{\circ}\text{C}$) в слое 850–500 гПа в дни с грозой и без грозы в различных районах Иркутской области в 2005–2009 гг.

Явление	Станция (район)		
	Киренск (Северный)	Братск (Центральный)	Иркутск (Южный)
Гроза	17,8	15,6	16,5
Без грозы	23,5	24,5	25,4

Для дней с грозой характерно уменьшение высоты уровня конденсации и повышение высоты уровней конвекции и тропопаузы, что приводит к увеличению толщины конвективно-неустойчивого слоя (КНС) и, как следствие, развитию грозового облака по вертикали (табл. 6).

Таблица 6

Средние значения высоты уровней тропопаузы (м), конвекции (м), конденсации (м) в дни с грозой и без грозы в различных районах Иркутской области в 2005–2009 гг.

Уровень, м	Явление	Станция (Район)		
		Киренск (Северный)	Братск (Центральный)	Иркутск (Южный)
Тропопаузы	Гроза	10 936	11 212	11 791
	Без грозы	10 743	10 822	11 001
Конвекции	Гроза	8072	7594	7608
	Без грозы	4986	4685	5823
Конденсации	Гроза	1223	1283	1262
	Без грозы	1579	1629	1750

Заключение

Гроза – одно из наиболее опасных явлений погоды на территории Иркутской области. Грозы здесь наблюдаются часто в тех районах, где сочетается большая влажность воздуха с неустойчивой стратификацией. Максимум числа случаев с грозой на территории Иркутской области приходится на июль, когда наиболее интенсивно испарение влаги и высока вероятность развития свободной и вынужденной конвекции.

В работе рассмотрены условия образования гроз в Северном, Центральном и Южном районах Иркутской области по данным непрерывных метеорологических наблюдений на ст. Иркутск, Братск и Киренск за 2005–2009 гг.

Грозы в Иркутской области образуются в теплой воздушной массе, где повышены значения сумм температур в нижнем 5-километровом слое тропосферы. В дни с грозой при адвекции холодной воздушной массы на высотах происходит усиление неустойчивости, которое сопровождается увеличением мощности конвективно-неустойчивого слоя и развитием восходящих движений по типу термически прямой циркуляции преимущественно на фоне размытых барических полей у поверхности земли.

Список литературы

1. Бедрицкий А. И. Базы данных об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России и результаты статистического анализа / А. И. Бедрицкий., А. А. Коршунов, М. З. Шаймарданов // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 11. – С. 5–15.
2. Богаткин О. Г. Практикум по авиационной метеорологии / О. Г. Богаткин, В. Ф. Говердовский, В. Д. Еникеева. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 184 с.
3. Васильев А. А. Сдвиги ветра, турбулентность и вертикальные потоки в нижнем слое атмосферы, влияние их на взлет и посадку воздушных судов / А. А. Васильев, В. Г. Глазунов. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 30 с.
4. Глазунов В. Г. Временной ход вертикального сдвига ветра в связи с эволюцией синоптического положения / В. Г. Глазунов // Тр. ГНИЦ. – 1980. – Вып. 235. – С. 108–120.
5. Горбатенко В. П. Пространственные и временные вариации грозовой активности над Томской областью / В. П. Горбатенко // Метеорология и гидрология. – 1999. – №12. – С. 21–28.
6. Диагностические исследования и моделирование процессов циклогенеза, фронтогенеза и погодных условий на различных стадиях развития циклона / Н. П. Шакина [и др.] // Тр. Гидромет. н.-и. центра РФ. – 2000. – №335. – С. 3–25.
7. Зверев А. С. Синоптическая метеорология / А. С. Зверев. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 700 с.
8. Калинин Н. А. Исследование радиолокационных характеристик для распознавания опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью / Н. А. Калинин, А. А. Смирнова // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 1. – С. 84–96.
9. Латышева И. В. Современные особенности гидрометеорологического режима на южном побережье оз. Байкал // И. В. Латышева, В. Н. Синюкович, Е. В. Чумакова // Изв. Иркут. Гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 117–134.
10. Морозова Е. Н. О прогнозе ночных гроз в Новосибирской области / Е. Н. Морозова, Р. А. Ягудин // Тр. НРГМЦ. – 1971. – Вып. 5. – С. 17–24.
11. О практической предсказуемости метеорологических величин с помощью глобальной спектральной модели Гидрометцентра России / А. В. Фролов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2004. – №5. – С. 5–21.
12. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / под ред. С. Д. Кошинского, А. Д. Дробышева. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – Ч. 2. – 237 с.

13. Панфутова Ю. А. Опасные явления погоды на равнинной части Российской Федерации / Ю. А. Панфутова // Тр. ГГО. – 2008. – Вып. 556 – С. 145–156.
14. Семенченко Б. А. Физическая метеорология / Б. А. Семенченко. – М. : Аспект пресс, 2002. – 315 с.
15. Федорова А. А. Особенности полей температуры, облачности и влажности в атмосфере при ночных грозах / А. А. Федорова // Тр. ЦАО. – 1967. – Вып. 79. – С. 61–78.
16. Чередниченко А. В. Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапасаов облачности / А. В. Чередниченко. – Бишкек. : Илим, 2009. – 260 с.
17. Шакина Н. П. Теоретические исследования атмосферных фронтов и циклонов средних широт / Н. П. Шакина // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 7. – С. 108–115.
18. Ягудин Р. А. Физико-статистическое исследование ночных гроз в Новосибирской области / Р. А. Ягудин // Тр. НРГМЦ. – 1971. – Вып. 6. – С. 9–23.
19. Browning K. A. Conceptual modes of precipitation system / K. A. Browning // ESA Journal. – 1985. – N 2. – P. 157–180.
20. David L. Randel. A new global water vapor dataset, Bulletin of the American Meteorological Society / Randel L. David, Thomas H. Vonder Haar, Mark A. Ringerud. – 1996. – Vol. 77, N 6. – P. 1233–1246.

The research of thunderstorms on the territory of Irkutsk region

I. V. Latysheva, K. A. Loshchenko, E. V. Shahaeva

Annotation. In the work of the mechanism of the development of storm clouds, analysis of modern predictors which are used to forecast thunderstorms in Russia and abroad; investigated meteorological and synoptic conditions of thunderstorms in different areas of the Irkutsk region.

Key words. Climate, circulation of atmosphere, thunderstorms.

Латышева Инна Валентиновна
кандидат географических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52–10–94

Latysheva Inna Valentinovna
Ph. D. in Geography, Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52–10–94

Лощенко Кристина Анатольевна
ведущий инженер
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52–10–94

Loshenko Kristina Anatolynna
Lead Engineer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52–10–94

Шахаева Елена Викторовна
аспирант
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52–10–94

Shahaeva Elena Viktorovna
Post-Graduate Student
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52–10–94