



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 250–254

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 250–254

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

Научная статья

УДК 633.551.5

Синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над территорией Западной Сибири

С. И. Пряхина, А. А. Котова[✉]

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры метеорологии и климатологии, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Котова Анна Анатольевна, аспирант кафедры метеорологии и климатологии, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования грозовой активности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири по трем районам (Северному, Центральному и Южному) за семилетний период – с 2017 по 2023 г. В ходе исследования выявлены наиболее благоприятные синоптические условия формирования грозовой деятельности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири. Рассмотрены случаи и выявлены факторы, на которые необходимо обратить внимание при прогнозировании гроз со шквалистым усилением ветра.

Ключевые слова: конвективные явления погоды, гроза, Западная Сибирь

Для цитирования: Пряхина С. И., Котова А. А. Синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над территорией Западной Сибири // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 250–254. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Synoptic conditions for the formation of thunderstorms with heavy rainfall over the territory of Western Siberia

S. I. Pryakhina, A. A. Kotova[✉]

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Sofya I. Pryakhina, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Anna A. Kotova, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Abstract. The article presents the study results of thunderstorm activity with rainfall over a large territory of Western Siberia in its three regions: Northern, Central and Southern over a seven-year period from 2017 to 2023. The study revealed the most favorable synoptic conditions for the formation of thunderstorm activity with heavy rainfall over a large area of Western Siberia. Cases are also reviewed and factors that need to be paid attention to when forecasting thunderstorms with squally winds are identified.

Keywords: convective weather phenomena, thunderstorm, Western Siberia

For citation: Pryakhina S. I., Kotova A. A. Synoptic conditions for the formation of thunderstorms with heavy rainfall over the territory of Western Siberia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 250–254 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Гроза, сильные ливневые осадки и шквалы относятся к опасным для авиации явлениям погоды конвективного происхождения. Перечисленные метеорологические явления носят локальный и непродолжительный характер, так как горизонтальные размеры конвективных зон во много раз меньше расстояния между климатическими станциями, на которых они наблюдаются.

Мезомасштабный характер гроз и редкая сеть климатических станций в районах Крайне-

го Севера определяют трудности в регистрации, изучении и прогнозировании явлений погоды, связанных с зонами активной конвекции, в частности в рамках численных моделей атмосферы, для территории Западной Сибири.

Грозовая деятельность и связанные с ней сильные ливневые осадки, а также шквалы формируются при взаимодействии синоптических процессов общей циркуляции и подстилающей поверхности. Таким образом, исследование условий возникновения явлений погоды конвективного происхождения необходимо проводить





на региональном уровне с учетом местных особенностей для повышения качества и заблаговременности прогноза.

В статье рассмотрены синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири. Данная территория выбрана для исследования по причине того, что для этого района наиболее актуальны региональные исследования процессов формирования явлений погоды конвективного происхождения в рамках прогнозирования условия погоды для авиации. Важность авиации для Западносибирского региона, особенно его северной части, определяется тем, что на воздушный транспорт ложится основная логистическая нагрузка, так как многие населенные пункты региона не обеспечены постоянным круглогодичным сообщением по автомобильным дорогам с твердым покрытием.

Объект, материал и методы исследования

Для изучения синоптических условий формирования интенсивной грозовой деятельности над территорией Западной Сибири был проанализирован синоптический материал Авиационного метеорологического центра города Ханты-Мансийск (АМЦ г. Ханты-Мансийск): синоптические карты (приземные и кольцевые карты погоды; карты абсолютной барической топографии АТ-300 гПа, АТ-500 гПа, АТ-700 гПа, АТ-850 гПа, АТ-925 гПа) и спутниковые снимки.

Физико-географические особенности региона обуславливают разницу в климатическом режиме над разными частями Западной Сибири, поэтому в исследовании условия формирования интенсивной грозовой активности рассматривались отдельно по трем районам Западной Сибири: Северному, Центральному и Южному.

По данным приземных карт погоды исследовались случаи гроз с выпадением ливневых осадков, которые наблюдались одновременно не менее чем на трех аэродромах или посадочных площадках, а также климатических станциях одного из трех выделенных районов Западной Сибири.

Актуальность исследования обусловлена тем, что при грозовой активности с выпадением ливней над значительной территорией района полетной информации возникают сложности для деятельности авиации из-за ухудшения погодных условий на запасных аэродромах и посадочных площадках, что осложняет взлет, посадку и условия полета по маршруту.

Объектом исследования является грозовая активность на территории Западной Сибири. Исследование проводилось с помощью синоптического метода, который основан на выявлении физических закономерностей развития атмосферных процессов с помощью синоптических карт. Для обработки результатов исследования

использовались методы математической статистики.

Физико-географическая характеристика исследуемой территории

Западная Сибирь – это природный регион, который находится между Уральскими горами на западе и долиной реки Енисей на востоке, его площадь составляет около 2,8 млн км². Почти 80% площади Западной Сибири занимает Западно-Сибирская равнина. С севера на юг территория региона протянулась почти на 2,5 тыс. км – от Северного Ледовитого океана до возвышенностей Казахского мелкосопочника – и на 1,9 тыс. км с запада на восток – от Уральских гор до Среднесибирского плоскогорья.

Западная Сибирь расположена в центре Азиатского материка, где ощущается влияние как океана, так и континента. Влияние континента выражается в большой повторяемости антициклональной погоды, в интенсивной трансформации воздушных масс летом и зимой. Открытость территории с севера обеспечивает проникновение холодной арктической воздушной массы со стороны Северного Ледовитого океана на континент в течение всего года. Открытость со стороны степей Казахстана – вынос теплой умеренной или даже тропической воздушной массы с юга на север [1].

Территория Западной Сибири вследствие физико-географических особенностей характеризуется значительной климатической изменчивостью. Благодаря преимущественно равнинному характеру рельефа и значительной меридиональной протяженности территории с севера на юг в Западной Сибири располагается пять природных зон: тундра, лесотундра, тайга, лесостепь и степь. При этом климат всей территории меняется от зоны избыточного увлажнения в северной части, где большой процент заболоченности территории, до недостаточного увлажнения на юге, в степях горного Алтая (согласно классификации Будыко–Григорьева).

Таким образом, протяженность исследуемого региона в долготном направлении обуславливает разницу не только в климатическом режиме, но и в проявлении синоптических процессов над разными частями Западной Сибири. Для рассмотрения характеристик климата и синоптических процессов предлагаем выделить Северный, Центральный и Южный районы Западной Сибири.

Северный район занимает большую часть Западно-Сибирской равнины от берегов Карского моря до Кондинской низменности (60° с.ш.). На ней сосредоточена основная часть крупных месторождений нефти и природного газа. На территории севера Западной Сибири располагаются три природные зоны: тундра, лесотундра и северная подзона тайги.



Климат территории севера Западной Сибири можно охарактеризовать следующим образом: суровая продолжительная зима (6–8 месяцев) с длительными морозами и устойчивым снежным покровом; холодное лето продолжительностью 50–60 дней; короткие переходные периоды, поздние весенние и ранние осенние заморозки; короткий безморозный период – на Крайнем севере в отдельные годы безморозный период может вообще отсутствовать [1].

Центральный район Западной Сибири занимает среднее положение между Северным и Южным районами, простирается от Кондинской низменности (60° с.ш.) до Ишимской равнины на западе и до Чулымской равнины (56° с.ш.) на востоке Западно-Сибирской низменности. Включает в себя южную часть тайги и зону лесостепей. Климат центральной части Западной Сибири относится к влажному с умеренно теплым летом и умеренно суровой снежной зимой. Этот район представляет собой равнину с широкой речной сетью и многочисленными озерами. Особенностью рассматриваемой территории является ее высокая заболоченность, на ней расположена самая крупная система болот в мире – Васюганские болота, общая площадь которых составляет 53 тыс. км². Они расположены в Обь-Иртышском междуречье, на территории Васюганской равнины, находящейся большей частью в пределах Томской области и меньшей в Ханты-Мансийском автономном округе, Новосибирской и Омской областях. Обширные заболоченные территории влияют на температурно-влажностный режим не только центральной части, но и всей Западной Сибири, являясь зоной активного циклогенеза [2].

Южный район Западной Сибири простирается от Ишимской равнины (56° с.ш.) до возвышенностей Казахского мелкосопочника (50° с.ш.), включает в себя лесостепную зону и степи Горного Алтая. Лесостепная зона занимает узкую полосу между лесной и степной зонами, вследствие чего является переходной касательно климатического режима, в частности по характеру циркуляционных процессов. В. В. Орлова в своем исследовании по районированию Западной Сибири по естественным природным областям отмечает, что благодаря более южному положению в формировании климата лесостепи большее значение, чем в лесной зоне, имеют процессы антициклогенеза [1].

Результаты и их обсуждение

Материал АМЦ г. Ханты-Мансийска был проанализирован с целью выявления наиболее благоприятных факторов формирования опасных для авиации явлений погоды конвективного происхождения с точки зрения развития синоптического процесса, при котором наблюдалась интенсивная грозовая деятельность над исследуемой территорией за период с 2017 по 2023 г. В основу анализа был заложен принцип выделения типа приземного барического поля, поля геопотенциала на высоте ведущего потока АТ-500 гПа (5 км), термической характеристики воздушной массы на АТ-850 (1,5 км).

Всего за период с 2017 по 2023 г. было исследовано 482 случая грозовой активности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией каждого из рассматриваемых районов Западной Сибири. Данные о повторяемости характера грозовой деятельности (внутримассовый или фронтальный тип) для каждого исследуемого района приведены в таблице.

Анализ синоптического материала за период с 2017 по 2023 г. показал, что грозовая активность над значительной территорией каждого из рассматриваемых районов носила преимущественно фронтальный характер. При этом грозовая деятельность во всех трех районах в половине рассмотренных случаев развивалась при прохождении холодных фронтов волнами.

Интенсивная грозовая деятельность со шквалистым усилением ветра с порывами 20 м/с и более формировалась при «полярном вторжении», при перемещении холодной воздушной массы с северо-запада на юго-восток, при этом неоднородный рельеф местности способствовал волнообразованию на фронте, а также местному циклогенезу на волнах фронтальной системы.

Проведенный анализ условий возникновения фронтальных шквалов на примере авиаметеорологической станции Ханты-Мансийска позволил сделать следующие выводы:

- 1) пункт прогнозирования Ханты-Мансийска во всех случаях был в зоне влияния холодного фронта волнами, который находился в глубокой вытянутой ложбине циклона с центром в районе Баренцева моря. Атмосферные фронты при этом смещались со скоростью 35–40 км/ч, контрасты в зоне фронтов у земли составляли 7–10°С/1000 км;

Повторяемость типа гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири, %

Район	Всего случаев	Тип	
		фронтальный	внутримассовый
Северный	163	88,34	11,66
Центральный	146	77,40	22,60
Южный	173	72,83	27,17



- 2) характерной особенностью случаев возникновения шквалов явилось наличие большого влагосодержания воздуха при температуре воздуха у земли от 24 до 30°C в теплом секторе;
- 3) рассмотренные случаи шквалистого усиления ветра наблюдались на антициклонической (теплой) стороне струйного течения, в его дельте, т. е. там, где отмечались расходимость изогипс и уменьшение скорости воздушного потока вдоль этого течения в верхней тропосфере.

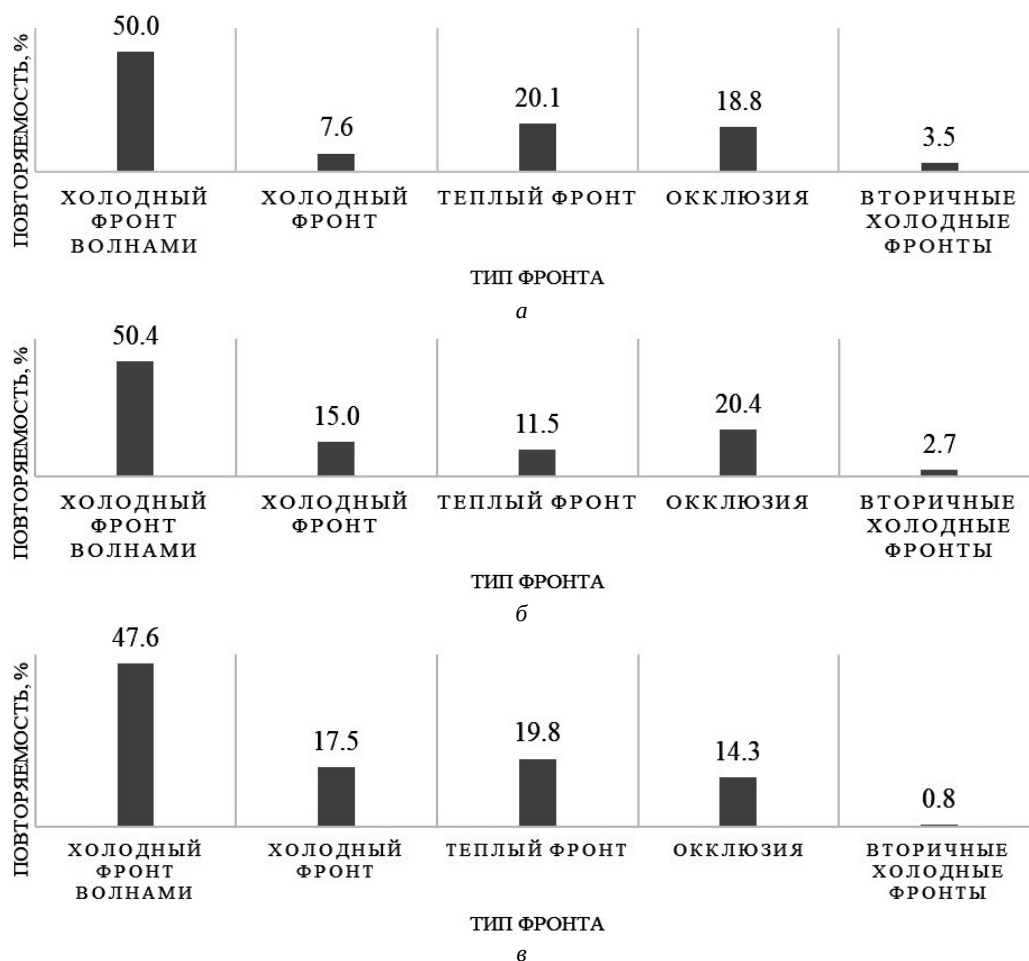
Реже всего грозы наблюдались при прохождении вторичных холодных фронтов. Необходимо отметить, что при прохождении вторичных холодных фронтов грозовая деятельность формировалась как в первой, так и во второй половине дня при температурн воздуха от +10 °С при неустойчивой воздушной массе в барической ложбине в тылу циклона за основным холодным фронтом. При этом над пунктом прогнозирования отмечался заток холода на уровне АТ-850 гПа и проходила ось барической ложбины на АТ-500 гПа, что способствовало восходящим

движениям воздуха и образованию мощной конвективной облачности.

Таким образом, после кратковременного прояснения, наступающего вслед за прохождением основного холодного фронта, формировались гряды кучево-дождевых облаков с ливневыми осадками, грозами и шквалистым усилением ветра.

Следует отметить, что грозы в тылу циклона не всегда имели только фронтальный характер, отмечались случаи внутримассовых гроз, так как в тыловой части воздушная масса неустойчива. Чаще внутримассовые грозы в рассматриваемых синоптических ситуациях отмечались в размытых барических полях или в теплом секторе циклона в местной неустойчивой воздушной массе в послеполуденные и вечерние часы.

Данные о повторяемости типа атмосферных фронтов для случаев гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири за период с 2017 по 2023 г. отдельно для каждого исследуемого района отражены на рисунке.



Повторяемость типа фронтальных гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири с 2017 по 2023 г., %: а – Северный район, б – Центральный район, в – Южный район



Выводы

В исследовании были проанализированы условия формирования грозовой деятельности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири по трем районам: Северному, Центральному и Южному – и сделаны следующие выводы:

- 1) на исследуемой территории грозы с выпадением ливневых осадков были преимущественно фронтального типа. При этом грозовая деятельность практически во всех трех районах в половине рассмотренных случаев развивалась при прохождении холодных фронтов волнами;
- 2) повторяемость грозовой деятельности при прохождении холодных фронтов волнами наибольшая, так как рельеф местности способствует волнообразованию на фронтальной системе, а большая заозеренность и заболоченность территории вносит дополнительный фактор во влагонасыщение воздушных масс, поступающих на территорию региона при выходе циклонов со стороны Казахстана или при полярных вторжениях со стороны Баренцева моря;
- 3) повторяемость внутримассовых гроз резко растёт с севера на юг: с 11,66% в северной части территории до 22,60% в центральной, а затем до 27,17% в южной. Соответственно, повторяемость фронтального типа гроз уменьшается при продвижении с севера на юг с 88,34% до 72,83%;
- 4) увеличение повторяемости внутримассовых гроз при продвижении на юг объясняется

протяженностью Западной Сибири в долготном направлении, что обуславливает разницу в климатическом режиме и распределении природных зон от тундры до степей Горного Алтая, где процессы развития внутримассовой конвекции больше благодаря неоднородному горному рельефу и интенсивному прогреву подстилающей поверхности во второй половине дня.

Таким образом, наиболее высокая повторяемость гроз с выпадением ливневых осадков на территории Западной Сибири наблюдается тогда, когда приземное барическое поле представляет собой вытянутую ложбину, которая способствует процессу волнообразования на динамически значимом холодном фронте с контрастом температуры более 7°C/1000 км и со скоростью смещения 35–40 км/ч. Кроме того, шквалистое усиление ветра наблюдается в этом случае, если пункт прогнозирования находится на антициклонической (теплой) стороне струйного течения, в его дельте, т. е. там, где существуют расходимость изогипс и уменьшение скорости воздушного потока вдоль этого течения в верхней тропосфере.

Библиографический список

1. Орлова В. В. Климат СССР. Западная Сибирь. Ленинград : Гидрометеиздат, 1962. 360 с.
2. Горбатенко В. П., Тунаев Е. Л., Пустовалов К. Н., Волкова М. А., Нечепуренко О. Е. Изменения циклогенеза над Западной Сибирью в 1976–2017 гг. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2020. № 8. С. 35– 57.

Поступила в редакцию 01.10.2023; одобрена после рецензирования 10.10.2023; принята к публикации 18.10.2023
The article was submitted 01.10.2023; approved after reviewing 10.10.2023; accepted for publication 18.10.2023