

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
деятельности Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор



Ворожцов Александр Борисович

« 28 » марта 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической значимости диссертации Сивкова Богдана Алексеевича «Условия формирования сильных осадков теплого периода на территории Пермского края» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология

Актуальность работы. В теплый период года одними из опасных явлений погоды являются сильные ливни и очень сильные дожди для территории Пермского края. Эти опасные явления способны вызывать наводнения, оползни, сели и другие неблагоприятные ситуации. Они способны затруднить работу различных видов транспорта. Очень опасны сильные ливни для сельского хозяйства. Заблаговременный надежный прогноз сильных ливней и очень сильных дождей является одной из важнейших задач в прогнозировании погоды.

При составлении региональных прогнозов таких опасных явлений следует учитывать особенности географического положения, орографических условий региона, влияющих на климатические особенности, в том числе на атмосферную циркуляцию. Одной из важных особенностей циркуляционных процессов в этом

регионе является наличие благоприятных условий для цикло- и антициклогенеза под влиянием орографических условий. Это приводит к возникновению местных барических образований. Учету мезосиноптических условий, которые способствуют образованию и выпадению сильных осадков, достигающих критериев опасных явлений, пока уделяется недостаточное внимание. Таким образом, актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью в получении и использовании дополнительной информации для повышения точности прогнозирования сильных ливней на территории Пермского края.

Цель работы. Главной целью работы является выявление дополнительных региональных особенностей, способствующих формированию сильных ливней в теплый период на территории Пермского края, для повышения оправдываемости их прогноза.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. выявлены особенности пространственно-временного распределения сильных ливней (в градации опасных явлений) на территории Пермского края за период 1979–2021 гг.;

2. выявлены и систематизированы синоптические условия, способствующие формированию сильных ливней в теплый период;

3. изучены особенности полей вертикальных движений и сделана оценка термодинамического состояния атмосферы в период выпадения сильных ливней;

4. определение возможности применения современных подходов к прогнозу сильных ливней, таких как гидродинамическое моделирование (с помощью модели WRF) и использование индексов неустойчивости атмосферы, рассчитанных на основе выходных данных счета модели.

Объектом исследования являются сильные ливни, очень сильные дожди (в градации опасные явления) в теплый период года.

Предметом исследования являются синоптические условия образования сильных осадков на территории Пермского края.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. на основе анализа пространственно-временного распределения случаев очень сильных дождей и сильных ливней за 1979–2021 гг. установлена тенденция к увеличению числа случаев таких опасных явлений и показано влияние орографических условий территории Пермского края на распределение очагов их максимальной повторяемости;

2. определены области возникновения, траектории смещения и эволюция циклонов, под влиянием которых образовались сильные ливни и очень сильные дожди. Рассчитаны скорости их смещения, геометрические характеристики, а также проведена систематизация полученных данных;

3. определены значения скорости вертикальных движений при выпадении сильных ливней в Пермском крае в зависимости от синоптической ситуации, эволюции циклонов, физических условий образования осадков и продолжительности их выпадения, а также температурных условий. Выявлено влияние рельефа на скорость вертикальных движений. На примере вертикальных движений были продемонстрированы факторы, ограничивающие использование реанализа модели CFS при исследовании отдельных кучево-дождевых облаков;

4. оценены возможности использования индексов неустойчивости, рассчитанные на основе выходных данных модели WRF, для прогноза осадков разной интенсивности, в том числе очень сильных дождей и сильных ливней для территории Пермского края. Предложен новый подход для прогноза наличия или отсутствия осадков в пункте прогноза на основе прогностических полей накопленных сумм осадков за 12 ч, который демонстрирует более высокие показатели успешности по сравнению с другими рассмотренными подходами.

Значимость результатов, полученных автором диссертационной работы, для науки и практики.

Результаты выполненной диссертационной работы представляют собой дальнейшее развитие теории, методологии и практики диагноза и прогноза

опасных явлений (очень сильных дождей и сильных ливней) в теплый период года на региональном уровне. Полученные выводы показывают необходимость учета региональных особенностей при прогнозе сильных ливней. На основании применения современных подходов к прогнозированию сильных осадков теплого периода были сформулированы рекомендации по использованию выходных данных мезомасштабной модели WRF и рассчитываемых на их основе индексов неустойчивости применительно к территории Пермского края. Данные рекомендации могут быть использованы синоптиками в оперативной практике для прогноза зон с сильными ливнями, а также в учебном процессе подготовки бакалавров и магистров по направлению «Гидрометеорология».

Степень достоверности результатов исследования определяется значительным количеством случаев опасных явлений в виде сильных ливней и очень сильных дождей за продолжительный период наблюдений. Не вызывает сомнения качество исходных материалов: архив данных глобального реанализа модели CFS, данные расчетов мезомасштабной модели WRF версии 4.2, данные метеорологических наблюдений, индексы неустойчивости атмосферы. В работе использованы апробированные объективные методы численного анализа и обработки информации, которые широко применяются в научных исследованиях и в оперативной практике. В диссертационном исследовании использованы современные геоинформационные системы и программы, такие как ArcGIS, QGIS и OpenGrADS.

Апробация работы. Основные положения и выводы, содержащиеся в диссертации, были представлены на шести конференциях всероссийского и международного уровня.

Научные результаты, полученные в диссертации, использовались при выполнении НИР, финансируемой РФФИ (проект 17-45-590850 p_a) «Исследование сильных летних осадков на Урале с использованием гидродинамических моделей атмосферы».

По теме диссертации опубликовано восемь работ, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий,

в которых опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 1 публикация в сборнике материалов конференции, представленных в издании, входящем в Scopus, 4 публикации в сборниках международных и всероссийских научных и научно-практических конференций.

Личный вклад автора. Все анализируемые результаты работы получены соискателем лично. В частности, осуществлен сбор данных из разных источников о случаях выпадения осадков, относящихся к опасным явлениям на территории Пермского края за период 1979–2021 гг. Автором проведено извлечение и обработка данных из массивов реанализа CFS с помощью разработанных скриптов с последующей интерпретацией результатов применительно к территории Пермского края. Проведена оценка успешности прогнозов осадков разной интенсивности, полученных по результатам счета мезомасштабной модели WRF.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 157 наименований, и приложения. Общий объем работы составляет 126 страниц, в том числе 15 рисунков и 39 таблиц. Приложение представлено на 9 страницах.

Основные защищаемые положения, выносимые на защиту диссертации, сформулированы достаточно корректно и отражают полученные автором результаты.

Анализ содержания работы.

В первом разделе представлен обзор научной литературы, касающейся современного состояния вопроса в области анализа, диагноза и прогноза сильных осадков в теплый период года. Рассмотрены физические и синоптические условия формирования жидких атмосферных осадков, описаны методы и подходы к прогнозу разного типа осадков.

Во втором разделе представлено краткое описание физико-географического положения Пермского края. Проведены анализ

пространственно-временного распределения случаев с осадками в градации ОЯ, систематизация синоптических ситуаций, при которых складывались благоприятные условия для формирования сильных осадков, оценка термодинамического состояния атмосферы при выпадении сильных осадков. Выполнен анализ полей вертикальных движений в зависимости от синоптической ситуации, эволюции циклонов, физических условий образования осадков и продолжительности их выпадения, а также температурных условий. Показано влияние рельефа на распределение скорости вертикальных движений.

В третьем разделе рассматривается применение современных подходов к прогнозу выпадения осадков разной интенсивности. Проведена оценка успешности прогноза осадков с помощью мезомасштабной модели WRF и с применением индексов неустойчивости атмосферы. Сформулированы рекомендации по использованию модельных прогнозов в оперативной практике.

В заключении приведены выводы, в которых перечислены наиболее важные результаты, полученные автором диссертационной работы.

Замечания по диссертации, автореферату и их оформлению.

Диссертация в целом написана грамотно, отличается логичностью и последовательностью изложения. Все это создает общее положительное впечатление о проделанной работе. Тем не менее следует отметить ряд замечаний и некоторые неточности в оформлении текста диссертации:

1. Имеются замечания по второму разделу. На рис. 2.5, 2.6, 2.9, 2.10 на горизонтальных осях приведены интервалы значений почему-то через запятую, но без тире. Такое же замечание для автореферата (рис. 4, 5, 7).

2. На рис. 2.8 на горизонтальной оси ошибочно поставлено значение степени развития циклона по вертикали (выше 900 гПа) вместо 300 гПа. Такое же замечание для автореферата на рис. 5. В подписях осей использованы разные скобки: как круглые, так и квадратные.

3. В заголовке таблицы 2.4 не указано между какими характеристиками атмосферы рассчитаны коэффициенты корреляции.

4. Возникает вопрос по выводам второго раздела и формулировки второго защищаемого положения: «Благоприятные условия формирования сильных осадков на территории Пермского края определяются активностью циклонических систем». Формулировка защищаемого положения не требует доказательства. В выводах хотелось бы уточнения, что понимается автором под активностью циклонических систем: различия в области возникновения циклонов, стадии их развития, активность атмосферных фронтов, интенсивность вертикальных движений или другие характеристики?

5. На с. 51–52 диссертации проведен анализ зависимости скорости восходящих движений в атмосфере в дни с опасными явлениями (сильные ливни) от отклонений средних месячных значений температуры воздуха от климатической нормы. Представляется, что сильные ливни бывают только в отдельные дни, поэтому было бы логичнее сравнивать скорости восходящих движений воздуха с отклонениями от нормы средних суточных температур в дни с сильными ливнями.

6. На с. 58 диссертации сделана ошибочная ссылка на «Наставление ...», что осадки измеряются в 03 и 15 ч Всемирного скоординированного времени. На самом деле измерения количества осадков на метеорологических станциях проводятся в сроки, ближайšie к 8 и 20 ч поясного декретного времени.

7. В качестве замечания к третьему разделу можно заметить, что очень кратко описаны параметризации физических процессов, использованные в модели WRF (неясно, почему взяты именно такие). В частности, при прогнозе осадков нужно было бы подробнее сказать о параметризации микрофизических процессов. Возможно, лучше было бы вместо параметризации Томпсона использовать параметризацию микрофизики WSM6, которая учитывает шесть составляющих микрофизики влаги в облаках и осадках (водяной пар, облачная влага, дождевая влага, ледяные частицы, снег, град (крупа)).

8. При оценке качества расчетов по модели очень схематично указан материал, по которому выполнялась оценка. Взят июль 2020 г. Почему взяты метеостанции соседних областей, а не станция внутри исследуемой области? В таблицах 3.2 и 3.3 фигурирует общее количество реализаций более 2500 случаев. Непонятно, откуда такое большое число случаев, если использованы результаты за 1 месяц.

Отмеченные замечания носят в основном редакционный и рекомендательный характер. Они не снижают ее высокого научного уровня, а результаты работы дают основания для ее положительной оценки.

Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Б. А. Сивкова является целостным, завершенным и самостоятельно выполненным исследованием, отражающим современное состояние и перспективы региональных методов прогнозов опасных метеорологических явлений, таких как сильные ливни и очень сильные дожди на территории Пермского края.

Работа соответствует специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология. Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме, стиль изложения достаточно ясный. Диссертация оформлена в соответствии с установленными требованиями. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Текст автореферата диссертации полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты опубликованы в тематических научных изданиях, в том числе входящих в Перечень ВАК. Научные статьи автора прошли апробацию на научных и научно-практических конференциях соответствующего уровня и профиля и могут быть использованы в научно-исследовательской деятельности.

Таким образом, можно заключить, что диссертационная работа «Условия формирования сильных осадков теплого периода на территории Пермского края», представленная на соискание ученой степени кандидата географических

наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология», соответствует требованиям пунктов 9–11, 13, 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сивков Богдан Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Отзыв подготовили профессор кафедры метеорологии и климатологии НИ ТГУ, доктор географических наук, профессор Севастьянов Владимир Вениаминович и доцент кафедры метеорологии и климатологии НИ ТГУ, кандидат географических наук, доцент Кижнер Любовь Ильинична, обсужден и одобрен на заседании кафедры метеорологии и климатологии геолого-географического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета от 23.03.2022, протокол № 136.

Заведующий кафедрой метеорологии и климатологии
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский государственный университет»
(634050, г. Томск, пр. Ленина, 36;
(3822) 529-852; www.tsu.ru; rector@tsu.ru),
доктор географических наук,
профессор



Горбатенко Валентина Петровна



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
РЕДАКЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
УПРАВЛЕНИЕ ПЕЧАТ



В. В. АНРИЕНКО