

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.577.12

DOI 10.17072/2079-7877-2018-3-56-64

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ СЛУЧАЕВ СИЛЬНЫХ ДОЖДЕЙ  
В ПЕРМСКОМ КРАЕ\***Сергей Владимирович Костарев**

SPIN-код: 2505-6098

e-mail: meteo@psu.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь***Андрей Леонидович Ветров**

Scopus ID: 7004921143, SPIN-код: 7443-5860

e-mail: meteo@psu.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь***Владислав Егорович Тиунов**

SPIN-код: 7839-7839

e-mail: meteo@psu.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь***Алексей Васильевич Быков**

SPIN-код: 4699-4627

e-mail: meteo@psu.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*

Сильные дожди являются одним из неблагоприятных явлений погоды, которое может привести к мощным дождевым паводкам на реках, осложнить работу жилищно-коммунальных служб, а также повлиять на формирование урожая сельскохозяйственных культур. В настоящее время основное внимание исследователей уделяется выявлению механизмов формирования сильных дождей и ливней с физической точки зрения, однако следует отметить, что работы по синоптической типизации сильных дождей для большей части территории РФ отсутствуют. В статье рассматривается типизация синоптических условий возникновения сильных дождей на территории Пермского края за 1979–2015 гг. За данный период сильные дожди ( $\geq 30$  мм/12 ч) были зафиксированы наблюдательной сетью (метеостанции, метеопосты, агропосты и гидропосты) 287 раз, что позволяет провести комплексную статистическую обработку данных об условиях их возникновения. Исследована динамика числа случаев сильных дождей, определены преобладающие синоптические ситуации, а также направления и скорости смещения циклонов, характерные для случаев сильных дождей. Проанализированы глубина, стадии развития, вертикальная протяженность, диаметр и площадь циклонов.

Ключевые слова: сильные дожди, синоптическая типизация, скорость смещения циклонов, стадии развития циклонов, глубина циклонов.

## SYNOPTIC TYPIFICATION OF HEAVY RAIN EVENTS IN PERM REGION

**Sergei V. Kostarev**

SPIN-code: 2505-6098

e-mail: meteo@psu.ru

*Perm State University, Perm***Andrei L. Vetrov**

Scopus ID: 7004921143, SPIN-code: 7443-5860

e-mail: meteo@psu.ru

*Perm State University, Perm*

© Костарев С.В., Ветров А.Л., Тиунов В.Е., Быков А.В., 2018

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-45-590850 p\_a)

**Vladislav E. Tiunov**  
SPIN-code: 7839-7839  
e-mail: meteo@psu.ru  
Perm State University, Perm

**Alexei V Bykov**  
SPIN-code: 4699-4627  
e-mail: meteo@psu.ru  
Perm State University, Perm

Heavy rain is considered to be one of the hazardous weather phenomena, which can result in strong rain floods, obstruct housing and communal services activity and influence formation of crops. At the present time, researches are commonly focused on detecting the mechanisms of heavy rains and showers formation in physical terms, while studies fail to provide the synoptic typification of heavy rains in most of the Russian Federation. The paper discusses synoptic conditions typification of heavy rains in Perm region for the period 1979–2015. Heavy rains ( $\geq 30$  mm/12 h) were reported by observation network (meteorological stations, meteorological posts, agrometeorological posts, and hydrological posts) 287 times, thus allowing to carry out comprehensive statistical processing of information on conditions of heavy rain formation. The article examines trends in the number of heavy rain cases for the period 1979–2015, prevailing synoptic situations as well as speed and direction of cyclones, specific to heavy rain events. Depth, stages of development, vertical evolving, diameter and square of cyclones are analyzed.

**Key words:** heavy rains, synoptic typification, speed of cyclones, stages of development of cyclones, depth of cyclones.

### Введение

В настоящее время проблема синоптической типизации условий возникновения сильных дождей в теплый период года в научной литературе освещена недостаточно широко. Для территории РФ подобные исследования проводились для Архангельской области и Ненецкого автономного округа [1], за рубежом – для территории Эстонии [7]. Согласно этим исследованиям сильные дожди обусловлены преимущественно влиянием южных, юго-западных или местных (формирующихся в непосредственной близости от района исследования) циклонов.

Достаточно подробно синоптическая типизация условий формирования сильных и очень сильных осадков в различных регионах РФ и зарубежья в холодный период года освещена в работах [3–6]. В работе [4] показано, что в зимний период очень сильные снегопады чаще всего наблюдаются при смещении на территорию Пермского края северо-западных и западных циклонов.

В данной работе рассмотрена типизация синоптических условий возникновения сильных дождей на территории Пермского края за 1979–2015 гг. Основной задачей исследования являлось выявление синоптических ситуаций, с которыми связаны сильные дожди на территории Пермского края. Дополнительно рассчитывалась повторяемость следующих характеристик циклонов, обусловливающих сильные дожди: направление, скорость смещения, глубина и стадия развития, вертикальная протяженность, а также площадь и диаметр циклона. Кроме того, проанализирован временной тренд числа случаев сильных дождей за 1979–2015 гг.

Следует отметить, что сильные дожди наблюдаются в Пермском крае только в теплый период года с апреля по октябрь включительно. Суммы осадков при рассмотрении отдельно взятых случаев меняются в широких пределах. Наибольшее количество осадков, равное 107 мм/12 ч, было зафиксировано ночью 25.06.2017 г. на метеостанции Губаха на востоке Пермского края при прохождении мезомасштабного конвективного комплекса, сформировавшегося на волне полярного холодного фронта, расположенного параллельно Уральским горам.

### Материалы и методы исследования

Проведение типизации синоптических условий возникновения сильных дождей на территории Пермского края за 1979–2015 гг. включает следующие этапы: создание базы данных случаев сильных дождей, определение синоптической ситуации и рассматриваемых характеристик циклонов по данным реанализа и последующая статистическая обработка полученных данных.

Для создания базы данных привлекалась информация из «Метеорологических ежемесячников» ФГБУ «Уральское УГМС». В качестве критерия сильного дождя было выбрано пороговое значение 30 мм/12 ч. Выбор указанного значения обусловлен тем, что в последние десятилетия критерии неблагоприятных и опасных явлений погоды неоднократно менялись: в начале исследуемого периода

пороговое значение 30 мм/12 ч принималось в качестве критерия опасного явления погоды. Для создания базы данных использовались данные метеостанций, метеопостов, гидропостов и агропостов.

Определение синоптической ситуации и рассматриваемых характеристик циклонов проводилось с привлечением данных реанализа по модели CFS с шагом по времени 6 ч и на пространственной сетке  $0,5 \times 0,5^\circ$ . Для анализа использовались данные о приземном давлении, а также геопотенциальной высоте поверхностей 850, 700, 500 и 300 гПа.

Статистическая обработка полученных данных сводилась к расчету повторяемости синоптических ситуаций или характеристик циклонов в соответствии с методикой, изложенной в [2]. Для выявления временного тренда числа случаев сильных дождей за 1979–2015 гг. был привлечен метод линейной регрессии, реализованный в среде MS Excel.

### Результаты и их обсуждение

За период с 1979 по 2015 г. на территории Пермского края сильные дожди были зафиксированы наблюдательной сетью 287 раз. При этом отмечено возрастание числа случаев сильных дождей ( $n$ ), особенно заметное в последнее десятилетие (рис. 1). Использование регрессионного анализа позволило установить, что скорость увеличения числа случаев составила в среднем 3,1 случая за 10 лет. В начале периода число случаев сильных дождей составляло в среднем 2,0 случая в год, увеличившись к концу периода до 13,3 случаев в год.

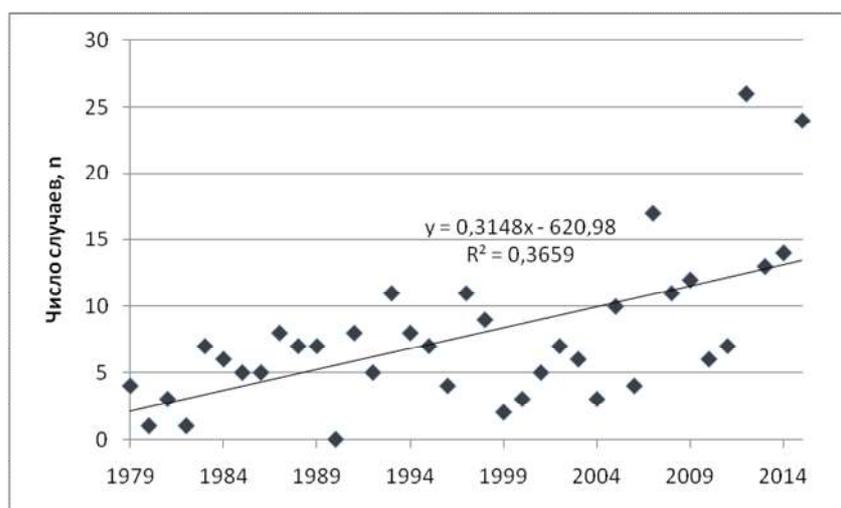


Рис. 1. Динамика числа случаев сильных дождей в Пермском крае за 1979–2015 гг.

Практический интерес представляет выявление преобладающих типов синоптических ситуаций, при которых фиксируются сильные дожди. Анализ приземных полей давления показал, что сильные дожди в 87% связаны с влиянием циклонов и их фронтальных систем. В 11% случаев сильные дожди происходят под влиянием антициклонов, в основном на их западной либо северной периферии. В малоградиентных полях давления зафиксировано лишь 2% случаев сильных дождей.

По району возникновения циклоны подразделялись на 6 типов: южные, юго-западные, западные, северо-западные, северные и местные. Южными называются циклоны, возникшие в районе Каспийского моря и над Северным Казахстаном, юго-западные и западные циклоны – в районе Черного моря и над Северной Европой. Северо-западные циклоны формируются над Норвежским либо Белым морем, северные – над Баренцевым морями и в районе арх. Новая Земля. Последние два типа циклонов часто впоследствии становятся ныряющими. Местным циклоном в контексте данного исследования называется циклон, возникший непосредственно над территорией Пермского края или сопредельных регионов. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от синоптической ситуации представлено на рис. 2.

Наиболее часто сильные дожди наблюдаются при смещении на территорию Пермского края южных и западных циклонов. На долю этих типов циклонов приходится 34 и 22% соответственно от общего числа случаев. В 14% случаев сильные дожди отмечаются при смещении северо-западных циклонов, в 7% случаев – при формировании местных циклонов непосредственно над территорией исследования или вблизи ее границ. Наименьшее число случаев сильных дождей зафиксировано при смещении северных и юго-западных циклонов: лишь 6 и 4% соответственно.

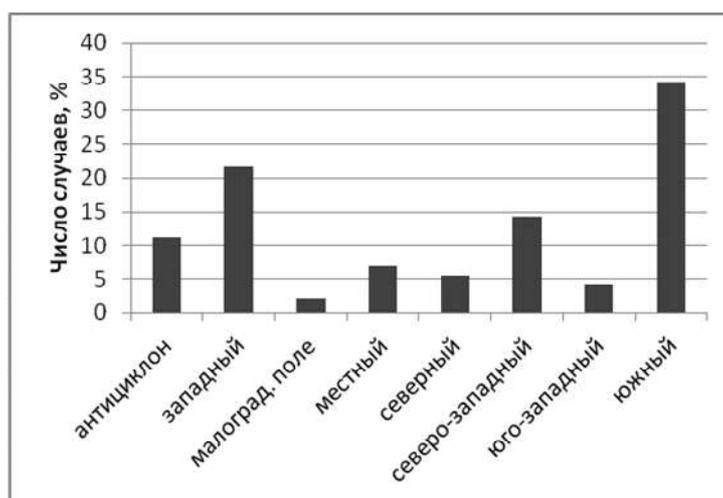


Рис. 2. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от синоптической ситуации, %

Таким образом, наибольшее число случаев сильных дождей в Пермском крае связано с влиянием южных и западных циклонов.

Другой информативной характеристикой циклонов, связанной с районом возникновения, является направление их перемещения. В данном исследовании направление перемещения определялось по 8 румбам с учетом стационарных и малоподвижных циклонов за последние 12 ч перед возникновением сильных дождей на территории Пермского края. Стационарным называется циклон, скорость смещения которого не превышает 5 км/ч. Скорость смещения малоподвижного циклона составляет от 5 до 10 км/ч. Всего было рассмотрено 249 случаев, когда сильные дожди наблюдались под влиянием циклонов. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от направления смещения циклона представлено на рис. 3.

Наибольшее число случаев сильных дождей связано с циклонами, которые смещаются в восточном или северо-восточном направлениях. Их доля в общем числе случаев составляет 28 и 20% соответственно. Несколько меньший вклад вносят стационарные циклоны (19%), а также циклоны, смещающиеся в юго-восточном и северном направлениях (12 и 11% соответственно). Доля циклонов, смещающихся в северо-западном, западном, юго-западном и южном направлениях, невелика и в сумме составляет только 10%.

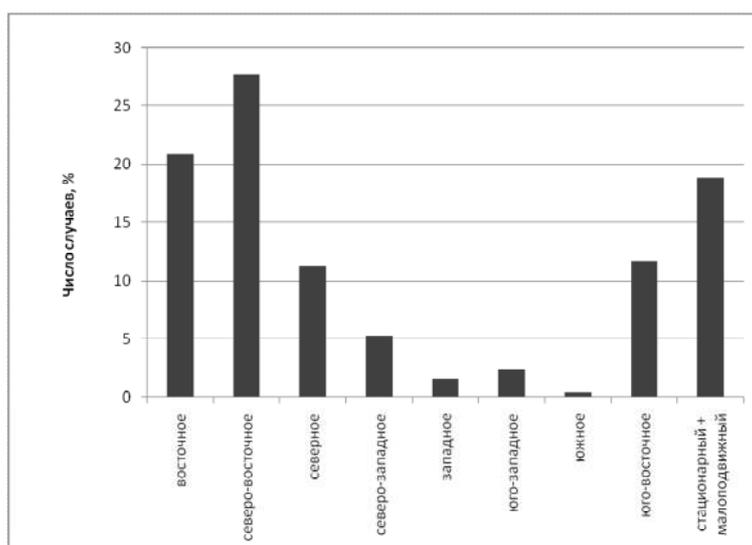


Рис. 3. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от направления смещения циклонов, %

Скорость смещения циклонов, при которых наблюдались сильные дожди, варьировалась от 3 до 43 км/ч. Среднее значение составило 19 км/ч. На рис. 4 представлено распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от скорости смещения циклона по трем градациям скорости: до 5 км/ч – стационарные, 5–10 км/ч – малоподвижные, более 10 км/ч – подвижные циклоны. Большинство случаев сильных дождей (81%) связано с подвижными циклонами. Под влиянием малоподвижных циклонов возникает 15% случаев сильных дождей.

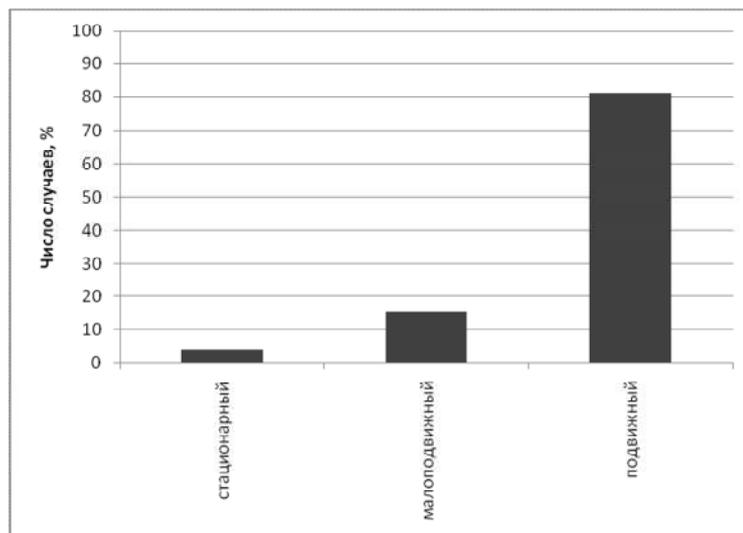


Рис. 4. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от типа циклона по скорости смещения, %

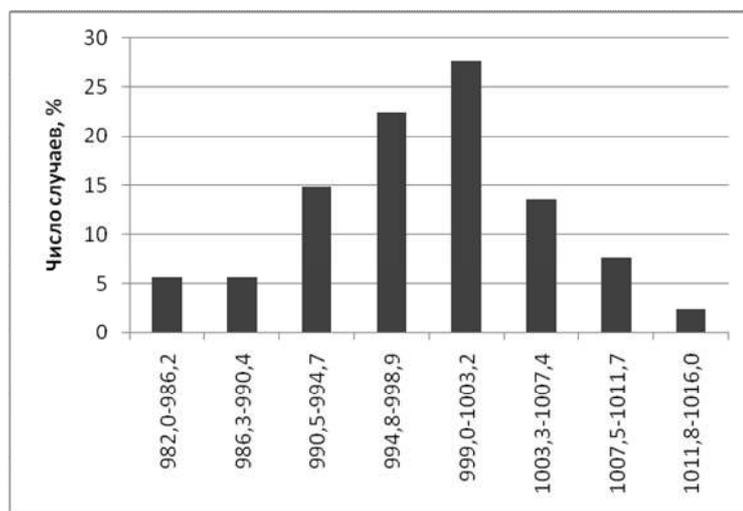


Рис. 5. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от глубины циклонов (гПа), %

В ходе исследования для каждого случая влияния циклона была определена его глубина. Среднее значение глубины циклонов, при которых наблюдаются сильные дожди, составляет 998,7 гПа. Минимальное и максимальное значения соответственно равны 982,0 и 1016,0 гПа. На рис. 5. представлено распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от глубины циклона.

Особенно ценной для использования в оперативной практике является информация о преобладающих стадиях развития циклонов, при которых наблюдаются сильные дожди. На рис. 6. показано распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от стадий развития циклонов. Наибольшее число случаев сильных дождей наблюдается в молодых циклонах, а также в циклонах, находящихся на стадии заполнения. Доля этих стадий развития в общем числе случаев составляет 37 и 35% соответственно. В 26% случаев сильные дожди наблюдались в циклонах, находящихся на стадии максимального развития. Наименьший вклад вносят циклоны на стадии возникновения – с ними связано лишь 2% случаев сильных дождей.

Дополнительно был исследован вопрос о развитии циклонов по вертикали. В данном исследовании для изучения развития циклонов по вертикали были выбраны стандартные изобарические поверхности 300, 500 и 700 гПа. Зависимость числа случаев от максимального уровня, на котором прослеживается циклон, представлена на рис. 7. Подавляющее большинство случаев сильных дождей (49%) связано с хорошо развитыми по вертикали циклонами, которые прослеживаются на изобарической поверхности 300 гПа и выше. С циклонами, которые прослеживаются до слоев 700–500 и 500–300 гПа, связано 14 и 20% случаев сильных дождей соответственно. На долю циклонов, прослеживающихся до изобарической поверхности 700 гПа включительно, приходится 17% случаев.

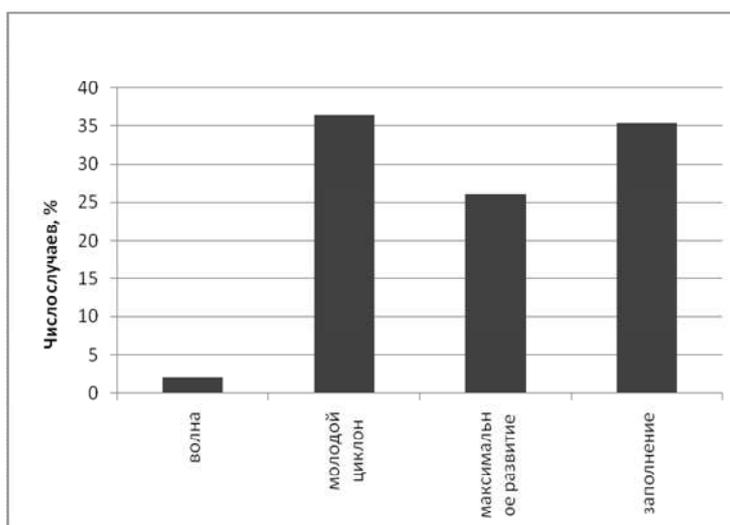


Рис. 6. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от стадии развития циклонов, %

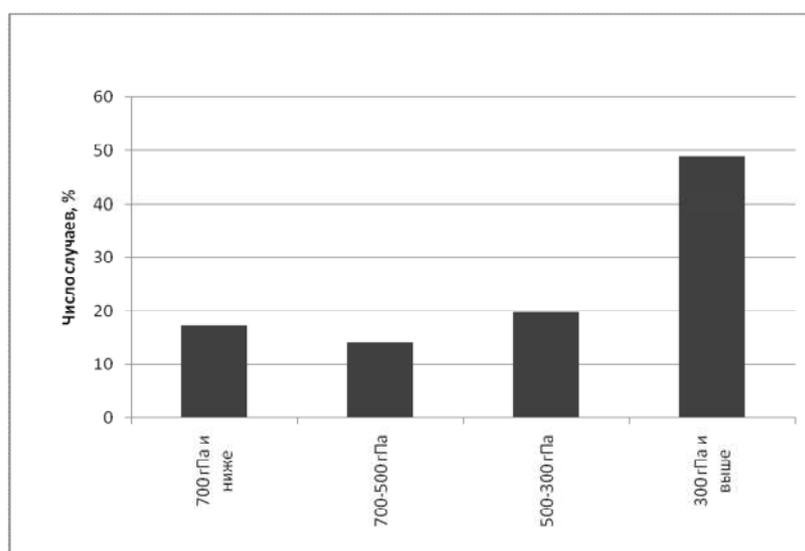


Рис. 7. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от развития циклонов по вертикали, %

С целью изучения геометрических характеристик циклонов, с которыми связаны сильные дожди, для каждого случая определялись диаметр и площадь циклона. Указанные характеристики были определены по последней замкнутой изобаре. На рис. 8 и 9 показаны распределения числа случаев сильных дождей в зависимости от диаметра и площади циклона.

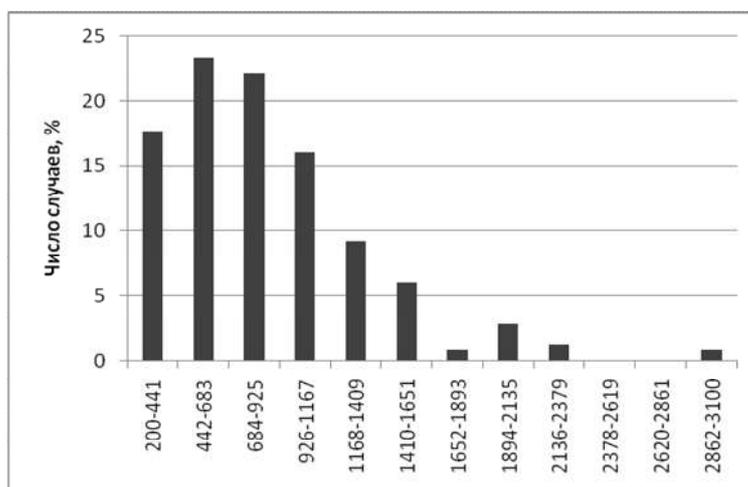


Рис. 8. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от диаметра циклонов (км), %

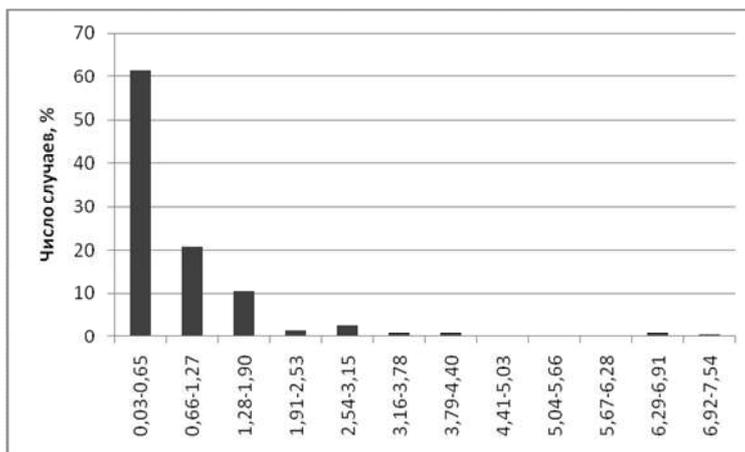


Рис. 9. Распределение числа случаев сильных дождей в зависимости от площади циклонов (млн. км<sup>2</sup>), %

Диаметр циклонов, при которых наблюдались сильные дожди, изменялся от 200 до 3100 км. Среднее значение составило 876 км. Около 80% случаев сильных дождей приходятся на циклоны, диаметр которых не превышает 1200 км. Площадь циклонов изменялась от 0,03 до 7,54 млн км<sup>2</sup>. Среднее значение площади составило 0,79 млн км<sup>2</sup>. Приблизительно 80% случаев связано с небольшими циклонами, площадь которых не превышает 1,20 млн км<sup>2</sup>.

### Выводы

В результате проведенной работы был выполнен комплексный статистический анализ данных о характеристиках циклонов, с которыми связаны сильные дожди в Пермском крае. Установлено, что в 87% случаев сильные дожди связаны с влиянием циклонов, остальные 13% случаев приходятся на малоградиентные поля и периферии антициклонов.

Наибольшее число случаев сильных дождей в Пермском крае связано с влиянием южных и западных циклонов. Преобладающими направлениями смещения циклонов являются восточное либо северо-восточное направления. Среднее значение скорости смещения рассматриваемых циклонов составило 19 км/ч.

При изучении влияния стадии развития циклона на формирование сильных дождей выяснилось, что наибольший вклад вносят молодые циклоны, а также циклоны на стадии заполнения. Преобладают хорошо развитые по вертикали циклоны, которые прослеживаются до поверхности 300 гПа и выше. Средняя глубина циклона составила 998,7 гПа.

В ходе исследования геометрических характеристик циклонов, с которыми связаны сильные дожди, выяснилось, что средние диаметр и площадь таких циклонов составляют 876 км и 0,79 млн км<sup>2</sup> соответственно.

Кроме того, анализ временного распределения числа случаев сильных дождей показал, что за исследуемый период наблюдается положительный тренд числа случаев сильных дождей – в среднем за период 1979–2015 гг. их число увеличивалось со скоростью 3,1 случая за 10 лет.

### Библиографический список

1. Грищенко И.В. Опасные явления погоды в условиях изменения климата на территории Архангельской области и Ненецкого автономного округа: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2011. 25 с.
2. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
3. Пицальникова Е.В. Аналитический обзор современного состояния проблемы влияния циклонической деятельности на условия формирования обильных осадков в холодный период года // Географический вестник. 2014. №1(28). С. 69–79.
4. Пицальникова Е.В. Синоптическая классификация очень сильных снегопадов в Пермском крае // Географический вестник. 2017. №1(40). С. 85–92.
5. Полякова А.М., Капуненко Д.Д. Использование классификации типов атмосферных процессов в северной части Тихого океана для определения связи с индексом южного колебания // Метеорология и гидрология. 2005. №9. С. 30–36.
6. Полякова А.М. Типизация атмосферных процессов над Южно-Китайским морем // Метеорология и гидрология. 2011. №5. С. 17–24.

7. Matlik O., Post. P. Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961–2005 // Estonian Journal of Engineering. Vol. 14. P. 195–208.

### References

1. Grishenko, I.V. (2011), *Opasniye yavleniya v usloviyah izmeneniya klimata na territorii Arkhangel'skoy oblasti i Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Hazardous weather conditions under the climate changes in Arkhangel'sk and Nenetskiy regions], Saint-Petersburg, Russia.

2. Drozdov, O.A., Vasilev, V.A. and Kobysheva, N.V. (1989), *Klimatologiya* [Climatology], Gidrometeoizdat, Leningrad, Russia.

3. Pischalnikova, E.V. (2014), *Analiticheskiy obzor sovremennogo sostoyaniya problemi vliyaniya tsiklonicheskoy deyatel'nosti na usloviya formirovaniya obilnikh osadkov v kholodniy period goda* [The analytical review of current state of issue of the cyclonic activity influence on the conditions of formation intensity precipitation in the cold season], Geographical Bulletin, no. 1(28), pp. 69–79.

4. Pischalnikova, E.V. (2017), *Sinopticheskaya klassifikatsiya ochen silnykh snegopadov v Permskom krae* [Synoptic classification of very heavy snowfalls in the Perm region], Geographical Bulletin, no. 1(40), pp. 85–92.

5. Polyakova, A.M. and Kaplunenko, D.D. (2005), *Ispolzovaniye klassifikatsii tipov atmosferykh protsessov v severnoy tchasty Tikhogo okeana dlya opredeleniya svyazi s indeksom yuzhnogo kolebaniya* [Using the classification of atmospheric processes types in Northern Pacific region for relation defining with Southern Oscillation index], Meteorology and Hydrology, no. 9, pp. 30–36.

6. Polyakova, A.M. (2011), *Tipizatsiya atmosferykh protsessov nad Yuzhno-Kitayskim morem* [Atmospheric processes typification over the Southern-Chinese sea], Meteorology and Hydrology, no. 5, pp. 17–24.

7. Matlik, O. and Post. P. (2008), Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961–2005, Estonian Journal of Engineering, no. 14, pp. 195–208.

Поступила в редакцию: 09.01.2018

### Сведения об авторах

### About the authors

#### Костарев Сергей Владимирович

магистр направления «Гидрометеорология»,  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет;  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

#### Sergei V. Kostasrev

Master of «Hydrometeorology»,  
Perm State University;  
15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia

e-mail: meteo@psu.ru

#### Ветров Андрей Леонидович

кандидат географических наук, доцент кафедры  
метеорологии и охраны атмосферы, Пермский  
государственный национальный  
исследовательский университет;  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

#### Andrei L. Vetrov

Candidate of Geography, Associate Professor,  
Department of Meteorology and Atmosphere  
Protection, Perm State University;  
15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia

e-mail: meteo@psu.ru

#### Тиунов Владислав Егорович

магистр направления «Гидрометеорология»,  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет;  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

#### Vladislav E. Tiunov

Master of «Hydrometeorology»,  
Perm State University;  
15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia

e-mail: meteo@psu.ru

#### Быков Алексей Васильевич

аспирант кафедры метеорологии и охраны  
атмосферы, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет;  
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

#### Alexei V. Bykov

Postgraduate Student, Department of Meteorology  
and Atmosphere Protection,  
Perm State University;  
15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia

e-mail: meteo@psu.ru

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

*Костарев С.В., Ветров А.Л., Тиунов В.Е., Быков А.В.* Синоптическая типизация случаев сильных дождей в Пермском крае // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №3(46). С. 56–64. doi 10.17072/2079-7877-2018-3-56-64

**Please cite this article in English as:**

*Kostarev S.V., Vetrov A.L., Tiunov V.E., Bykov A.V.* Synoptic typification of heavy rain events in Perm region // Geographical bulletin. 2018. №3(46). P. 56–64. doi 10.17072/2079-7877-2018-3-56-64

УДК 911.3:61

DOI 10.17072/2079-7877-2018-3-64-74

**ОСОБЕННОСТИ АККЛИМАТИЗАЦИИ ЛЮДЕЙ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ  
(НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛТАЯ)****Екатерина Сергеевна Сапьян**

e-mail: katerinass@vtomske.ru

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

Горы являются привлекательными районами для туристов, предоставляя широкий спектр видов отдыха и оздоровления, но горные туры связаны с большими нагрузками на организм человека. Для того, чтобы отдых в горах не оказывал отрицательного воздействия на организм человека, при организации рекреационных мероприятий необходимо учитывать факторы, влияющие на самочувствие туристов. Для комплексной оценки влияния биоклиматических условий среднегорных районов Центрального Алтая на человека были проведены исследования, во время которых одновременно фиксировались изменения метеорологических параметров и основных показателей сердечно-сосудистой системы (артериальное давление, частота сердечных сокращений и частота дыхания) участников типичных туристских маршрутов. В результате были выделены ведущие факторы, влияющие на ход адаптационных процессов, и даны рекомендации для максимально комфортной адаптации, при соблюдении которых пребывание в горном районе оказывает на рекреантов тренирующее, положительное воздействие, способствующее оздоровлению и закаливанию организма.

Ключевые слова: адаптация, функциональное состояние организма, рекреация, Центральный Алтай, биоклиматические ресурсы.

**FEATURES OF HUMAN ACCLIMATIZATION IN MOUNTAIN AREAS  
(A CASE STUDY OF THE CENTRAL ALTAI)****Ekaterina S. Sapyan**

e-mail: katerinass@vtomske.ru

*National Research Tomsk State University, Tomsk*

Mountains are areas attractive for tourists since they provide a wide range of recreational activities. However, mountain tours are associated with heavy loads on the human organism. To ensure that recreation in the mountains will not have a negative impact on health, when organizing recreational activities, it is necessary to take into account factors affecting the physical well-being of tourists. For a comprehensive assessment of the influence of the bioclimatic conditions in the middle-altitudinal regions of Central Altai on recreants, we conducted some studies. During the studies, we recorded the simultaneous changes in the main physical indicators of participants in typical tourist trips (arterial pressure, heart rate, and respiration rate) and meteorological data. As a result, the main factors influencing the course of adaptation processes were identified, and recommendations were developed for the most comfortable adaptation in the middle-altitudinal regions of Central Altai. Provided that these recommendations are followed, staying in this area has a positive training influence on recreants, and also promotes healing of the organism.