



Научная статья

УДК 631.67

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_3\_255

## ОЦЕНКА ПОВТОРЯЕМОСТИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ НА ЮГЕ РОССИИ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

Ю.Ю. Ткаченко<sup>1</sup>, И.А. Приходько<sup>1</sup>, М.А. Бандурин<sup>1</sup>, В.И. Денисов<sup>2</sup><sup>1</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

**Аннотация.** За последние 90 лет увеличилась повторяемость катастрофических паводков и наводнений. В период с 1930 по 2000 гг. повторяемость выдающихся наводнений в бассейне реки Кубань была 1 раз в 7 лет, на реках Черноморского побережья — 1 раз в 6 лет. В период с 2001 по 2022 гг. повторяемость катастрофических наводнений в бассейне реки Кубань возросла до 1 наводнения в 4 года, на реках Черноморского побережья — 1 раз в 3 года. Наиболее часто наводнения и паводки отмечаются в период май-июль (209 случаев за 23 года.), пик приходится на июнь — 100 случаев за 23 года. Увеличение количества наводнений, в первую очередь, связано с ростом количества случаев выпадения очень сильных осадков, как площадных, так и локальных (100 мм и более за период менее 12 часов). Повторяемость очень сильных осадков (100 мм и более) до 2000 г. составляла 1 раз в 5-7 лет, за последние 10 лет такой интенсивности осадки отмечаются ежегодно, а с 2011 г. количество случаев выпадения таких осадков на территории края доходит до 2-4 раз в год. Увеличилось и количество регистрируемых смерчей — за период 2000-2017 гг. в среднем в год отмечалось 11 смерчей, за период 2000-2023 гг. этот показатель составил 18 смерчей в год. Увеличение продолжительности периода с высокими температурами воздуха в летнее время будет способствовать увеличению температуры поверхностного слоя Черного и Азовского морей, а также внутренних водоемов, будет способствовать росту испарения в теплый период года. Как следствие — будет происходить увеличение количества случаев выпадения экстремальных осадков, в первую очередь на Черноморском побережье. При этом рост случаев выпадения экстремальных осадков составит до 10% за 10 лет. Увеличение продолжительности периода с максимальными температурами воды на поверхности Черного моря будет способствовать формированию условий, при которых более часто возможно образование смерчей в прибрежной зоне Черного моря.

**Ключевые слова:** паводок, наводнение, смерч, половодья, опасные явления погоды, климатические изменения

**Благодарности:** исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-17-20001.

Original article

## ASSESSMENT OF THE FREQUENCY OF HAZARDOUS WEATHER EVENTS IN THE SOUTHERN OF RUSSIA IN CONNECTION WITH CLIMATE CHANGE

Yu.Yu. Tkachenko<sup>1</sup>, I.A. Prikhodko<sup>1</sup>, M.A. Bandurina<sup>1</sup>, V.I. Denisov<sup>2</sup><sup>1</sup>Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia<sup>2</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

**Abstract.** Over the past 90 years, the frequency of catastrophic floods and inundations has increased. In the period from 1930 to 2000. The frequency of outstanding floods in the Kuban River basin was once every 7 years, on the rivers of the Black Sea coast — once every 6 years. During the period from 2001 to 2022. The frequency of catastrophic floods in the Kuban River basin has increased to 1 flood every 4 years, on the rivers of the Black Sea coast — 1 time in 3 years. Most often, floods and high waters occur in the period May-July (209 cases in 23 years), the peak occurs in June — 100 cases in 23 years. The increase in the number of floods is primarily due to the increase in the number of cases of very heavy precipitation, both area and local (100 mm or more in a period of less than 12 hours). The frequency of very heavy precipitation (100 mm or more) before 2000 was once every 5-7 years; over the past 10 years, precipitation of this intensity has been observed annually, and since 2011 the number of cases of such precipitation in the region reaches 2-4 times a year. The number of registered tornadoes has also increased — for the period 2000-2017, on average 11 tornadoes were recorded per year, for the period 2000-2023 this figure was 18 tornadoes per year. An increase in the duration of the period with high air temperatures in the summer will contribute to an increase in the temperature of the surface layer of the Black and Azov Seas, as well as inland water bodies will contribute to an increase in evaporation in the warm period of the year. As a result, there will be an increase in the number of cases of extreme precipitation, primarily on the Black Sea coast. At the same time, the increase in cases of extreme precipitation will be up to 10% over 10 years. An increase in the duration of the period with maximum water temperatures on the surface of the Black Sea will contribute to the formation of conditions under which the formation of tornadoes in the coastal zone of the Black Sea is more often possible.

**Keywords:** flood, inundation, tornado, floods, hazardous weather phenomena, climate change

**Acknowledgments:** the research was carried out with the financial support of a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation No. 22-17-2001.

**Введение.** По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО, 2020), период 2015-2020 гг. был самым теплым десятилетием, а 2011-2020 гг. — самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений. Начиная с 1980-х годов, каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее после 1850 г.

Только за период 1976-2020 гг. глобальная температура выросла на 0,8°C, при этом в среднем рост среднегодовой температуры воздуха составил 0,18°C/10 лет [1]. По данным Росгидромета, наибольший прирост температуры отмечен на территории России. Скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила +0,49°C/10 лет.

Наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур (0,66°C/10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом — +0,40°C/10 лет. Максимум летнего потепления отмечается на юге европейской части России (+0,74°C/10 лет для ЮФО) [2].

Как следствие — более часто стали отмечаться резкие изменения погодных условий на территории Российской Федерации, в том числе и на территории Краснодарского края. При этом это происходит как в теплый период года, так и в холодный.

Так, в летний период более часто стали отмечаться случаи, когда наблюдается увеличение продолжительности времени с отсутствием

осадков и с высокой температурой воздуха. При этом смена сухого и жаркого периода на прохладный и влажный происходит резко, как правило, сопровождается выпадением интенсивных осадков и шквалистым усилением ветра. Зимой возрастает частота повторения температурных «качелей», это когда происходит постоянное чередование периодов холодной погоды и периодов потепления. Перепад температур в таких «качелях» за короткий интервал времени может достигать более 10-15°C.

Это связано, в первую очередь, с увеличением энергии синоптических процессов, интенсивность которых напрямую зависит от изменений среднегодовой температуры воздуха,

и в данном случае среднегодовую температуру воздуха можно рассматривать как интегрированный показатель энергии атмосферы. Вместе с повышением температуры воздуха происходит повышение температуры подстилающей поверхности, в том числе и поверхностного слоя Черного моря. Рост температуры поверхностного слоя воды способствует интенсификации процессов испарения и увеличению содержания водяного пара в атмосфере. Соответственно возрастает интенсивность процессов конденсации

в нижней тропосфере, что является дополнительным фактором, увеличивающим энергетику синоптических процессов. Увеличение влагосодержания и энергии циклонов, особенно локальных, приводит к росту опасных природных явлений, таких как аномально сильные осадки, шквалистые ветры, смерчи, град, шторма, наводнения.

**Материалы и методы.** Наиболее опасными, наносящими наибольший ущерб, являются паводки, наводнения и смерчи. Самая высокая

повторяемость этих явлений приходится на Черноморское побережье и предгорные и горные районы края. В статье рассмотрено влияние происходящих климатических изменений на повторяемость опасных явлений погоды на территории Краснодарского края. Начиная с 1996 г. количество опасных явлений погоды выросло в 2 раза.

Это подтверждается данными Росгидромета — за последние 20 лет в России наметилась устойчивая тенденция к росту опасных явлений погоды [3]. Для территории Российской Федерации количество опасных явлений (ОЯ) природного характера, нанесших ущерб народному хозяйству, выросло по сравнению с 1996 г. практически в 2 раза, и удерживается на этом уровне последние 17 лет (рис. 1).

Из этого количества 25% (примерно 100 ОЯ в год) приходится на юг России. На территории Краснодарского края в год отмечается в среднем 40-50 опасных явления погоды. Из них 15-20 ежегодно наносят значительный ущерб народному хозяйству.

Как показывают проведенные исследования [4], из всего количества отмечаемых в Краснодарском крае опасных природных явлений наибольший ущерб наносят сильные осадки и связанные с ними наводнения, град и опасные явления погоды, связанные с сильным ветром (штормы, шквалы, смерчи и т.п.).

Наводнения по площади охватываемых территорий и наносимому ущербу превосходят все остальные стихийные бедствия.

В данной работе рассмотрены опасные природные явления — паводки и наводнения, отмечаемые на территории Краснодарского края, их временная и пространственная изменчивость, выполнена оценка повторяемости опасных явлений погоды.

Количество паводков и наводнений, которые привели к чрезвычайным ситуациям на территории края в период 2000-2023 гг., показаны на рисунке 2.

Наиболее часто паводки и наводнения отмечаются на Черноморском побережье (районы Большого Сочи, Туапсинский район, территория города-курорта Геленджик) и в горной и предгорной зоне (Лабинский, Мостовской, Северский районы). Паводкам также подвержены районы левобережных притоков реки Кубань — Отрадненский, Курганский, Белореченский районы, район города Горячий Ключ, Абинский, Крымский и Славянский районы.

Наибольшее количество паводков и наводнений в нынешнем веке отмечены на территории Большого Сочи, Лабинского и Туапсинского районов — 58, 55 и 39 случаев за 23 года соответственно (рис. 2).

Значительные наводнения, которые нанесли значительный ущерб, произошли в бассейне реки Кубань зимой и летом 2002, 2011, 2012, 2018, 2021 гг., на черноморском побережье — в 2010, 2012, 2013, 2015, 2016, 2018, 2021, 2022 гг. Самое катастрофическое наводнение в бассейне реки Кубань в 21 веке произошло в июне 2002 г. Это наводнение вызвано сильными ливневыми дождями в верхнем и среднем течении бассейна реки Кубань и ее притоков. Менее чем за трое суток на обширной территории выпало более 100 мм осадков. Сильные площадные дожди привели к формированию мощной паводочной волны и затоплению значительных территорий. Максимальный приток в Краснодарское водохранилище составил 1717 м<sup>3</sup>. Повторяемость этого разрушительного наводнения определена как 1 раз в 1000 лет.

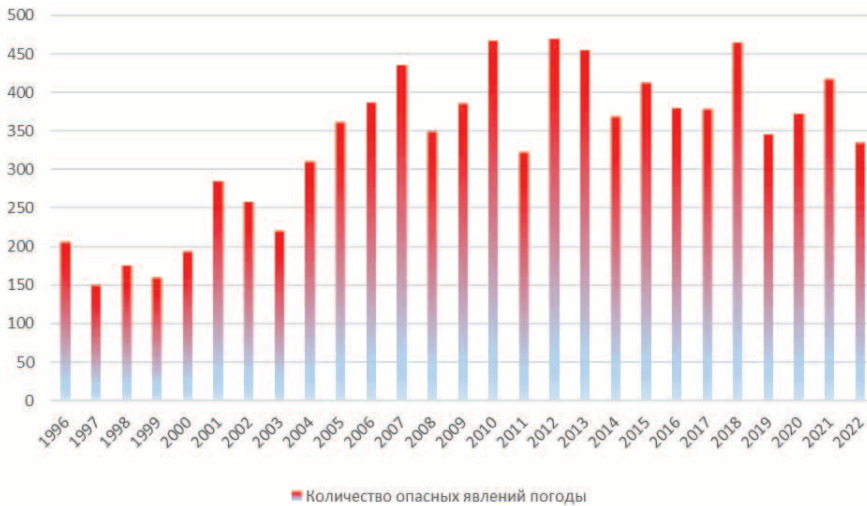


Рисунок 1. Распределение опасных явлений погоды по годам на территории РФ (по данным Обзора состояния и загрязнения окружающей среды в РФ за 2021 г. и обзора деятельности Росгидромета за 2022 г.)  
Figure 1. Distribution of hazardous weather phenomena by year on the territory of the Russian Federation (according to the Review of the state and pollution in the Russian Federation for 2021 and a review of the activities of Roshydromet for 2022)



Рисунок 2. Количество чрезвычайных ситуаций и происшествий, вызванных паводками и наводнениями за период 2000-2023 гг.  
Figure 2. Number of emergencies and incidents caused by floods for the period 2000-2023



В прошлом веке разрушительные наводнения отмечались в 1931, 1932, 1936, 1954, 1956, 1963, 1966, 1980, 1987, 1998 гг. в бассейне реки Кубань. На реках Черноморского побережья — в 1934, 1937, 1939, 1955, 1963, 1966, 1970, 1975, 1979, 1980, 1987, 1991 гг.

Самое разрушительное в прошлом веке наводнение на Кубани произошло в марте-апреле 1932 г. Причина этого наводнения была связана с тем, что зима была снежной и суровой. Выпало в предгорной зоне много снега, и после резкого потепления в середине марта до +20°C прошли интенсивные дожди. Все вместе это вызвало сильное снеготаяние, а при сохранившемся ледоставе в низовьях Кубани произошло затопление всей левобережной поймы реки Кубань от устья реки Лаба до Азовского побережья [4].

Все наводнения можно разделить на два класса:

- наводнения, вызванные естественными природными причинами;
- наводнения, вызванные хозяйственной деятельностью человека (антропогенные наводнения).

Наводнения, которые вызваны природными причинами, главным образом, связаны с выпадением сильных осадков.

1. *Площадные осадки.* При выпадении осадков на большой площади, как в 2002 г., происходит формирование паводка, который охватывает территории водозаборов нескольких рек. Для формирования на реках паводочных волн достаточно выпадения 50-100 мм дождей за интервал 1-3 дня.

2. *Локальные осадки.* Этот тип наводнений отмечается преимущественно в теплый период года, когда наблюдаются интенсивные конвективные процессы в тропосфере. Происходит развитие мощной кучево-дождевой облачности с вертикальной протяженностью более 10 км. В результате на небольшой территории выпадают за короткий интервал времени очень сильные осадки (50 мм/час и более, менее чем за 12 часов). И как следствие развивается паводок в бассейне одной реки.

Из-за особенностей рельефа (большие уклоны) в случае выпадения сильных ливневых осадков наиболее быстро развиваются паводки на горных реках. Значительные перепады высот между истоком и устьем способствуют тому, что время прохождения паводка на горных реках составляет несколько часов. Скоротечность процесса повышает степень негативного влияния на инфраструктуру и прибрежные населенные пункты.

3. *Паводки, вызываемые смерчами.* По степени нанесенного ущерба это наиболее разрушительные наводнения. Возникают при выходе на сушу смерчей, сформировавшихся над водной поверхностью.

В первую очередь этому подвержены районы Черноморского побережья Краснодарского края. Кроме очень сильных осадков, во время выхода смерча на сушу, опасным фактором является резкое усиление ветра до ураганных скоростей.

На Черноморском побережье Краснодарского края, в силу его физико-географических особенностей (горы и очень теплое море), при поступлении холодного воздуха с севера в конце лета и осенью создаются благоприятные условия для значительной конвективной неустойчивости атмосферы и возникновения смерчей, порой серии смерчей. Смерчам подвержена вся территория Черноморского побережья и в меньшей степени Азовское побережье.

Согласно Д.В. Наливкину [5], смерч — это быстро вращающееся воздушное образование в районе расположения кучево-дождевого облака и имеющее воронкообразную форму.

До сих пор неясен механизм образования смерчей. Так, наличие благоприятных условий для образования смерчей не является обязательным фактором. Наблюдения показывают, что под одним облаком смерч возникает, а под другим, с такими же характеристиками, образование смерчевой воронки не происходит. Изучение смерчей осложнено и тем, что образуются они неожиданно, захватывают небольшую территорию и быстро исчезают.

В результате наблюдений, как визуальных, так и с помощью доплеровского метеорологического локатора, удалось установить средние размеры смерчевого «материнского» облака, которое генерирует смерчевую воронку. Это мощная кучево-дождевая облачность с площадью основания от 10 до 25 км<sup>2</sup> и вертикальным развитием до 10-15 км.

Время жизни смерчей, которые возникают над поверхностью воды в Черном море, составляет от нескольких минут до 2 часов. Благодаря этому, большинство смерчей разрушается в море, не достигая береговой черты. Ширина воронки у маленьких смерчей иногда не превышает и 3 м, но у больших смерчей ее диаметр может достигать более 200 м.

В центре водяного смерча отмечается очень низкое давление (перепад давления составляет до 200 мб на 100 м), вследствие чего он засасывает в облако большой объем воды.

Вихревое облако, порождающее смерчи, является мощным транспортирующим агентом. Вес воды, которая в нем оказывается, может достигать 1 млн т [5].

Когда в облаке, которое генерирует смерч, находится такой значительный объем воды, то при выходе на сушу смерчевое облако представляет большую опасность. Это связано, в первую очередь, с тем, что при выходе с моря на сушу в силу ряда причин, до конца не выясненных, происходит разрушение смерчевой воронки. Наиболее вероятной причиной является то, что интенсивность восходящих потоков в центре облака резко уменьшается и объем воды, который накоплен, уже не в состоянии удерживаться внутри облака. Происходит «обвальное» выпадение осадков очень сильной интенсивности за короткий интервал времени, которые приводят к внезапным наводнениям.

В качестве примера можно привести наводнение 1-4 августа 1982 г. в Туапсинском районе, вызванное смерчами.

1 августа 1991 г. в районе Туапсе смерчевое облако большой мощности, выйдя с моря, «вылилось» в верховьях реки Пшенахо, реки Малое Псеушко и реки Пшиш. Интенсивность осадков составила 244 мм за 4 часа 30 минут. Выпадение такого количества осадков сформировало резкий и высокий паводок [6].

8 августа 2002 г. в районе города Новороссийск несколько смерчей вышли на сушу в районе Широкой Балки. Подъем уровня воды в ручье за короткое время поднялся более чем на 4 м.

В годовом ходе наиболее часто смерчи отмечаются в теплый период года — 110 случаев в июле, 94 случая в августе, 95 случаев в сентябре за последние 23 года. В это время происходит интенсивный прогрев поверхностного слоя морской воды. Температура воды в августе может достигать 26-28°C. Соответственно возрастает испаряемость влаги с морской поверхности, что при поступлении на акваторию Черного

моря холодных воздушных масс приводит к развитию мощной кучево-дождевой облачности с высотой до 12-14 км и формированию смерчей (рис. 3).

Если сравнить повторяемость смерчей за 2000-2023 гг. с повторяемостью смерчей за 2000-2017 гг. (табл.), то можно отметить, что в последние 6 лет (2018-2023 гг.) повторяемость смерчей в июне увеличилась почти в 2 раза. Если суммарно за 18 лет (2000-2017 гг.) в этот период отмечался 31 случай формирования смерчей, то только за последние 6 лет (2018-2023 гг.) — 32 случая. В июле увеличение количества зарегистрированных смерчей составило 57 случаев, в августе — 32 случая и в сентябре — 58 случаев.

Если общее количество смерчей, которые наблюдались в период 2000-2017 гг. составило 202 случая, то только за последние 6 лет (2018-2023 гг.) количество наблюдаемых смерчей составило 221.

Таким образом, за период 2000-2017 гг., в среднем в год, отмечалось 11 смерчей, а за период 2000-2023 гг. этот показатель составил 18 смерчей в год. Можно с высокой степенью уверенности говорить о том, что происходящие климатические изменения способствуют увеличению количества таких опасных явлений погоды, как смерчи. И эта тенденция будет сохраняться.

Тревожным фактором является образование смерчей в периоды, в которые ранее они не регистрировались. Так, в месяцы, когда отмечались минимальные температуры воздуха и поверхностного слоя воды в море, условий для образования смерчей не было. Это февраль и март. За период 2000-2017 гг. в эти месяцы не было зарегистрировано ни одного случая образования смерчей. Но за период 2018-2023 гг. в феврале отмечено 9 случаев образования смерчей, а в марте месяце 1 случай. Да, эти смерчи формировались над морем и быстро разрушались также над морской поверхностью, не достигая суши, но сам факт их образования говорит о том, что уже в периоды максимального выхолаживания поверхностного слоя моря фон минимальных температур воды стал более высоким, чем это было ранее. Это подтверждается данными проведенных нами исследований о том, что в изменениях среднегодовых температур верхнего квазигоризонтального слоя Черного моря выявлена положительная тенденция.

Таблица. Повторяемость смерчей на Черноморском побережье Краснодарского края в периоды 2000-2012 гг. и 2000-2023 гг. Table. Frequency of tornadoes on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory in the periods 2000-2012 and 2000-2023

месяц \ год	2000-2017	2000-2023	Изменения за период 2018-2023 гг.
01	1	5	+4
02	0	9	+9
03	0	1	+1
04	2	4	+2
05	7	13	+6
06	31	63	+32
07	53	110	+57
08	62	94	+32
09	37	95	+58
10	5	20	+15
11	0	3	+3
12	4	6	+2
Всего	202	423	+221





Положительный тренд температуры поверхностного слоя Черного моря отмечается с конца прошлого века. Связано это также с происходящими климатическими изменениями. В результате в теплый период происходит увеличение поступления тепла из атмосферы в море. Этот избыток тепла расходуется на увеличение теплоемкости верхнего квазиоднородного слоя моря. А в холодный период тепло, поступающее

от моря в прилегающие слои атмосферы, способствует подпитке энергетики циркуляционных процессов в атмосфере. И это происходит более интенсивно в последние годы при возрастании положительной разности температур вода-воздух, что и подтверждают факты формирования смерчей в зимние месяцы (особенности климата прибрежной зоны Северо-Восточной части Черного моря).

Наибольшее количество смерчей образовывается в прибрежной зоне Черного моря МО Туапсинский район и МО города-курорта Сочи, то есть в районах, где отмечается максимальный прогрев поверхностных вод моря (рис. 4).

Дополнительным фактором, который усиливает развитие паводка во всех трех случаях — это наличие в русле рек каскада гидротехнических сооружений (водохранилищ, прудов, которые при переполнении и дальнейшем разрушении создают дополнительную паводочную волну, усугубляя последствия от паводка).

Формирование катастрофических паводков происходит при определенной синоптической ситуации, когда на значительной территории выпадает в течение нескольких дней большое количество осадков (более 100 мм), как это было в 2002 г., или когда на небольшой территории (в пределах одного водосбора) за короткий интервал времени (менее суток) выпадает больше 100 мм осадков, как это было в 2012 г., выявить четкую периодичность формирования таких мощных паводков не представляется возможным. Все зависит от складывающейся синоптической ситуации над регионом, которая определяется глобальными процессами.

Однако один вывод можно сделать — если в прошлом веке за 70 лет отмечено 10 катастрофических наводнений в бассейне реки Кубань и 12 на реках Черноморского побережья, то за 22 года нынешнего века в бассейне реки Кубань прошло 5 катастрофических наводнения, на реках Черноморского побережья 7 мощных наводнения. При этом паводки категории ОЯ (опасного природного явления), когда отмечаются подтопления отдельных домов и низменных мест на реках Краснодарского края, происходят ежегодно.

Наиболее часто наводнения и паводки отмечаются в период май-июль (209 случаев за 23 года), пик приходится на июль — 100 случаев за 23 года (рис. 5).

Увеличение количества паводков в мае-июне связано с перестройкой синоптических процессов с зимнего на летний тип. Происходит интенсификация конвективных процессов. Выпадающие осадки связаны с мощной кучево-дождевой облачностью и носят ливневой характер.

Кроме этого, на этот период приходится максимальная стадия развития половодья, обусловленного активным таянием снега в горах на всем диапазоне высот. При выпадении даже умеренных осадков, когда на реках повышенный фон уровня, связанный с половодьем, возможно развитие паводка и превышение уровня воды выше опасных отметок.

При этом в последние 20 лет отмечается тенденция к увеличению паводков, и это связано с несколькими причинами (рис. 6).

Первая — происходящие климатические изменения способствуют развитию экстремальных синоптических ситуаций, нехарактерных для данного региона, которые генерируют выпадение очень сильных осадков.

Анализ количества выпавших осадков по метеостанциям края показал, что если до 2000 г. осадки интенсивностью 100 мм за 12 часов выпадали 1 раз в 5-7 лет, то последние 10 лет — ежегодно, а с 2011 г. — до 2-4 раз в год.

Также фактором, способствующим формированию сильных паводков, в первую очередь на Черноморском побережье, является дополнительное насыщение влагой атмосферных фронтальных разделов при их прохождении через акваторию Черного моря, вследствие повышенной температуры поверхностного слоя моря.

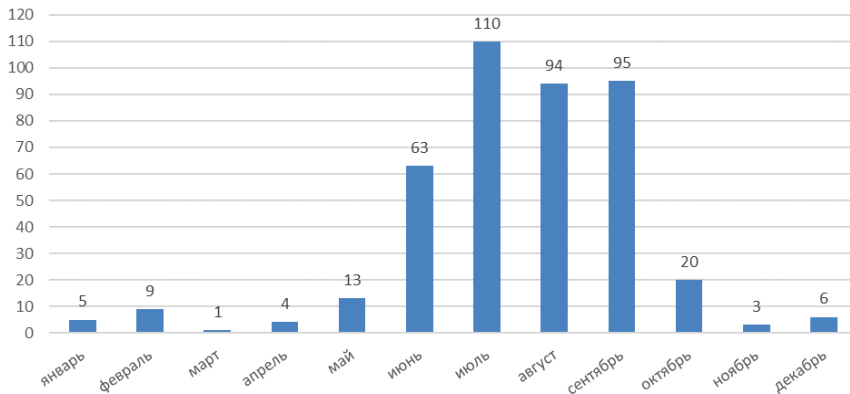


Рисунок 3. Повторяемость смерчей по месяцам за период 2000-2023 гг.  
Figure 3. Frequency of tornadoes by month for the period 2000-2023

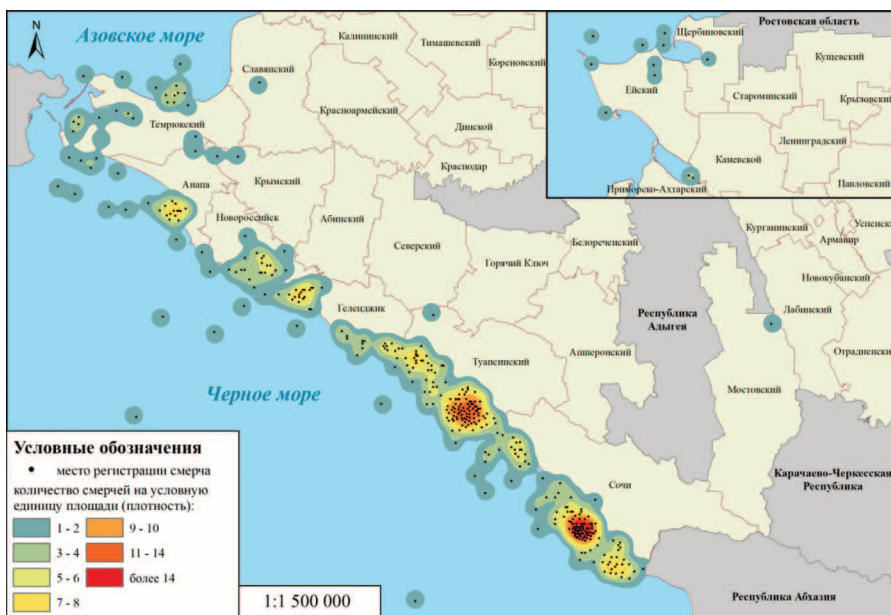


Рисунок 4. Случаи регистрации смерчей на территории Краснодарского края за период 2000-2022 гг.  
Figure 4. Cases of registration of tornadoes in the Krasnodar Territory for the period 2000-2022

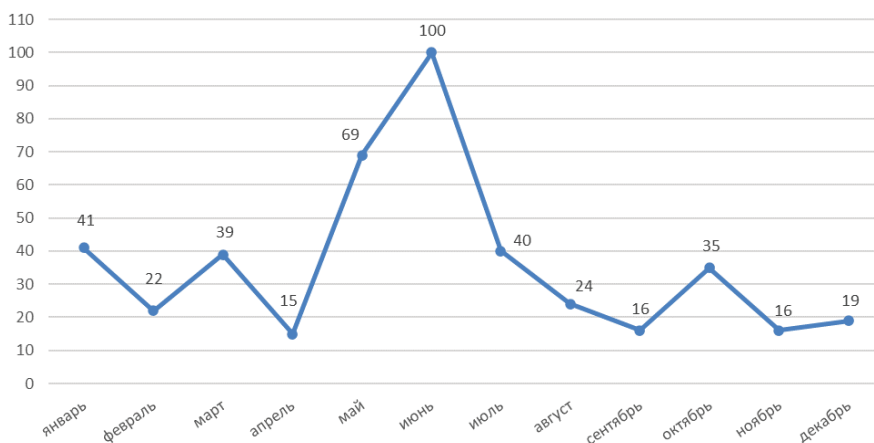


Рисунок 5. Паводки и наводнения по месяцам за период 2000-2023 гг.  
Figure 5. Flood and inundation by month for the period 2000-2023

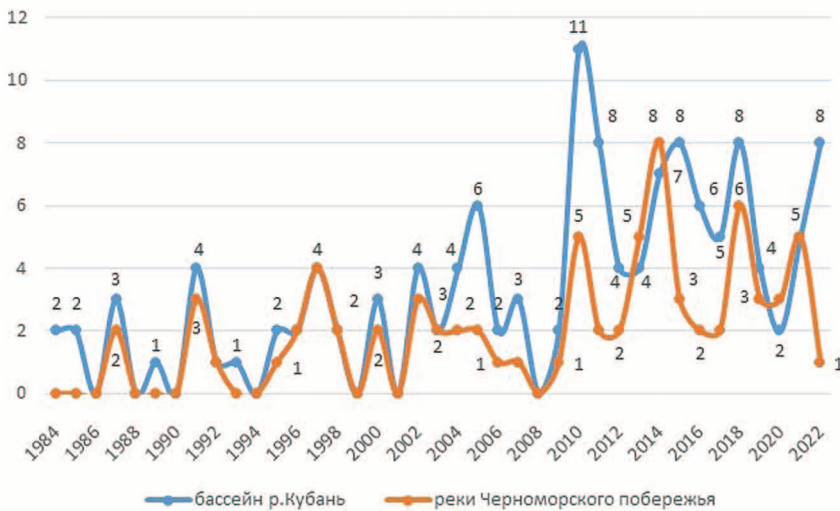


Рисунок 6. Паводки и наводнения за период 1984-2022 гг.  
Figure 6. Flood and inundation for the period 1984-2022

При выходе атмосферных фронтов на сушу происходит их обострение и резкое увеличение выпадения осадков на побережье и особенно в предгорной и горной зонах Черноморского побережья Краснодарского края.

Анализ осадков за 30-летний ряд наблюдений выявил, что среднее годовое количество осадков за каждые 10 лет увеличивается в среднем на 40-50 мм.

Второй фактор — антропогенный. Застройка пойм, низменных мест приводит к тому, что затопление жилых построек происходит уже при небольших подъемах уровня реки. Высокая заросленность русла рек, особенно малых, значительно снижает их пропускную способность, способствуя более быстрому выходу воды на пойму.

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Учитывая, что, согласно прогнозам Гидрометцентра России, высокие значения температуры воздуха у поверхности с очень высокой степенью достоверности будут наблюдаться чаще, будет отмечаться рост продолжительности периода, когда температуры поверхности моря будут максимальными.

2. Увеличение температуры поверхностного слоя Черного и Азовского морей, а также внутренних водоемов, будет способствовать росту испарения в теплый период года.

3. Увеличение продолжительности теплового периода будет способствовать росту интервала времени, когда поверхностный слой моря будет прогрет более 20°C. И, как следствие, вероятность возникновения смерчей в прибрежной зоне Черного моря будет возрастать в течение всего года, а в теплый период повторяемость возникновения смерчей в ближайшие 5 лет составит 20-22 случая в год.

4. Соответственно будет происходить увеличение количества случаев выпадения экстремальных осадков, в первую очередь, на Черноморском побережье.

5. При этом рост случаев выпадения экстремальных осадков составит до 10% за 10 лет.

6. Это совпадает с результатами сценарных прогнозов, выполненных Гидрометцентром России с привлечением региональных атмосферных и гидрологических моделей высокого разрешения, согласно которым ожидается рост катастрофических наводнений.

**Список источников**

1. World Meteorological Organization (2021). State of the Global Climate. *WMO Provisional report*. Available at: <https://library.wmo.int/idurl/4/56294>  
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. М., 2022. 104 с.

*Информация об авторах:*

**Ткаченко Юрий Юрьевич**, кандидат географических наук, доцент, профессор кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0614-0074>, yuyut23@mail.ru

**Приходько Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

**Бандурин Михаил Александрович**, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

**Денисов Валерий Иванович**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, denisovgeo@yandex.ru

*Information about the authors:*

**Yuri Yu. Tkachenko**, candidate of geographical sciences, associate professor, professor of the department of construction and operation of water facilities, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0614-0074>, yuyut23@mail.ru

**Igor A. Prihodko**, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

**Mikhail A. Bandurin**, doctor of technical sciences, associate professor, Honored inventor of the Russian Federation, dean of the faculty of hydro-reclamation, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

**Valery I. Denisov**, candidate of geographical sciences, associate professor, associate professor of the department of physical geography, ecology and nature conservation, Institute for Earth Sciences of the Southern Federal University, denisovgeo@yandex.ru

3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год / Росгидромет. М., 2023. 215 с.

4. Ткаченко Ю.Ю., Перов Е.А., Денисов В.И. Атлас опасных природных явлений на территории Краснодарского края: монография / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2018. 160 с.

5. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 487 с.

6. Ткаченко Ю.Ю. Опасные гидрометеорологические явления на Черноморском побережье, связанные с выпадением сильных осадков // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей / под ред. проф. К.П. Колтерманна, С.А. Добролюбова, Н.И. Алексеевского. М.: Триумф, 2012. 96 с.

7. Ткаченко Ю.Ю., Денисов В.И. Особенности климата прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря: монография / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2015. 80 с.

**References**

1. World Meteorological Organization (2021). State of the Global Climate. *WMO Provisional report*. Available at: <https://library.wmo.int/idurl/4/56294>

2. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossijskoj Federatsii za 2021 god (2022). [Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2021]. Moscow, 104 p.

3. Roshydromet (2023). *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchei sredy v Rossijskoj Federatsii za 2022 god* [Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2022]. Moscow, 215 p.

4. Tkachenko, Yu.Yu., Perov, E.A., Denisov, V.I. (2018). *Atlas opasnykh prirodnykh yavlenii na territorii Krasnodarskogo kraja: monografiya* [Atlas of natural hazards in the Krasnodar Territory: monograph]. Rostov-on-Don, Publishing House of the Southern Federal University, 160 p.

5. Nalivkin, D.V. (1969). *Uragany, buri i smerchi* [Hurricanes, storms and tornadoes]. Leningrad, Nauka Publ., 487 p.

6. Tkachenko, Yu.Yu. (2012). *Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na Chernomorskom poberezh'e, svyazannye s vypadeniem sil'nykh osadkov* [Dangerous hydrometeorological phenomena on the Black Sea coast associated with heavy precipitation]. *Prirodnye i sotsial'nye riski v beregovoj zone Chernogo i Azovskogo morei* [Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas]. Moscow, Triumf Publ., 96 p.

7. Tkachenko, Yu.Yu., Denisov, V.I. (2015). *Osobennosti klimata pribrezhnoy zony severo-vostochnoi chasti Chernogo morya: monografiya* [Climate features of the coastal zone of the northeastern part of the Black Sea: monograph]. Rostov-on-Don, Publishing House of the Southern Federal University, 80 p.

