

ЛИВНЕВЫЕ ДОЖДИ КАК ФАКТОР НАВОДНЕНИЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

А.С. Федоровский¹, Н.Н. Бортин², А.М. Горчаков², В.М. Милаев²

E-mail: as.fedorovskiy@mail.ru

¹ ФГБУ «Дальневосточное отделение Российской академии наук»,
г. Владивосток, Россия

² ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал,
г. Владивосток, Россия

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены характеристики (слой, продолжительность, интенсивность) ливневых осадков в Приморье, их пространственное и временное распределение. Приведены данные по типизации дождей по ходу во времени, показатели редукации осадков по площади и времени, многолетние данные по наводнениям в Приморье. Представлен анализ условий формирования дождей в зависимости от синоптических процессов, географического положения района выпадения дождей и особенностей подстилающей поверхности. Предложен вариант модели преобразования осадков в сток. В качестве расчетной схемы преобразования осадков в сток предлагается модель паводочного стока рек Приморья, разработанная ранее ДальНИИВХ по теме НИР «Разработать модели водохозяйственных систем бассейнов основных рек Приморского края с комплексом противопаводковых мероприятий».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ливневые осадки, типизация, редукация, наводнение, дождевой сток, Приморский край.

Режим осадков в Приморье определяется условиями муссонной циркуляции, циклонической деятельностью и характером рельефа. Взаимодействие этих факторов обуславливает существенные различия между количеством осадков в отдельных районах края. Еще в большей степени эти факторы оказывают влияние на распределение во времени и в пространстве осадков, что и определяет характер формирования паводочного стока, его максимум и форму гидрографа. При этом ориентироваться на одно типовое распределение осадков в пространстве или во времени при моделировании дождевого стока практически бесперспективно.

При выпадении осадков интенсивность их на протяжении всего дождя меняется в широких пределах. Исследование плювиографических записей дождя показало, что ход дождя не зависит ни от величины осадков, ни от их продолжительности. Изменение интенсивности связано с синоптическими условиями их образования и мощностью процесса.

© Федоровский А.С., Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Милаев В.М., 2019

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существует множество попыток типизации дождей по их ходу во времени и положению максимума на шкале времени [1–6]. Так, З.П. Богомазова и З.П. Петрова [1] выделили шесть типов хода дождя по положению слоя осадков на шкале времени. В дополнение к типизации Богомазовой, Н.Н. Соловьевой кроме шести типов выделены еще два [2]. Типизация по относительным суммам осадков в каждую из третей всей продолжительности дождя предложена И.А. Шикломановым. Ход ливня был выражен в виде интегральной кривой, всего выделено четыре типа. Однако подобные способы типизации носят ограниченное практическое значение, т. к. не имеют количественного выражения.

Заслуживает внимания типизация, предложенная И.И. Галактионовым [3]. В ее основу положен показатель симметрии хода дождя (ϕ), рассчитываемый для интегральных кривых хода дождя в относительных координатах. При этом выделено пять типов и три подтипа дождей:

– I тип ($\phi > 1,0$), осадки сконцентрированы в начале первой половины дождя;

– II тип ($1,0 > \phi > 0,2$), осадки сконцентрированы в середине первой половины дождя;

– III тип ($0,2 > \phi > -0,2$), относительно равномерный ход дождя; III_а – равномерный ход дождя;

III_б – небольшая интенсивность в середине дождя; III_в – наибольшая интенсивность в начале и конце дождя.

– IV тип ($-0,2 > \phi > -1,0$), осадки сконцентрированы в середине второй половины дождя;

– V тип ($\phi < -1,0$), осадки сконцентрированы в конце второй половины дождя.

Расчетные суточные осадки принимаются согласно статистической обработке многолетних рядов наблюдаемых максимальных суточных осадков для каждого метеопункта речного бассейна, включая метеопункты смежных водосборов. По значениям определенной обеспеченности строится карта распределения осадков в изолиниях, по которой вычисляются осадки на том или ином бассейне притока или участке водосбора главной реки. В дальнейшем они используются в расчетах максимального стока той же обеспеченности и в построении гидрографа паводка. Однако получаемая при этом картина распределения осадков одной обеспеченности нереальна, т. к. имеет очень маленькую вероятность. В действительности распределение осадков по площади даже небольшого (не говоря уже о крупных реках) речного водосбора в каждом ливневом периоде неповторимо и имеет такое большое многообразие, которое невозможно описать каким-либо

одним или несколькими типовыми распределениями, т. е. каждый случай выпадения дождя необходимо рассматривать как частный.

Исследование систематических эффектов в остаточных флуктуациях (колебаниях относительно тренда, среднего или сглаживающей кривой) позволяет выяснить – подчинены ли ряды некоторому закону и, следовательно, предсказуемы или любая часть их абсолютно случайна.

Из множества существующих критериев случайности использованы следующие [7]:

1. Метод экстремальных точек, основанный на подсчете «пиков» или «ям» в ряде и соответствии суммы экстремальных точек математическому ожиданию экстремума.

2. Метод знаков разностей, где критерий основан на подсчете числа положительных разностей первого порядка в ряде (или числа точек роста ряда) и соответствии его математическому ожиданию.

3. Критерий, основанный на ранговой корреляции: ряд считается случайным, если стандартная ошибка коэффициента ранговой корреляции больше самого коэффициента.

Такой обработке подверглись записи ливневых дождей за 1956, 1974, 1979 и 1984 гг., сделанные на всех метеостанциях Приморья. Анализ полученных результатов показал, что наиболее устойчивым и эффективным критерием оказался критерий ранговой корреляции. По этому критерию подавляющее большинство исследуемых дождей характеризуется случайным распределением в них осадков по интервалам. Поэтому при моделировании расчетного дождя необходимо исходить из факта случайности его распределения во времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов типизации дождей по вышеизложенной методике по плювиографическим записям хода 58 значительных (>50 мм) дождей на метеостанции г. Партизанск показал следующее.

Все дожди распределились по типам (без детализации) неравномерно: I тип – 2 случая (3,4 %); II тип – 17 (29,3 %); III тип – 12 (20,7 %); IV тип – 25 (43,1 %) и V тип – 2 случая (3,4 %). Наиболее часто представлен IV тип, ливневая часть которого расположена в середине второй половины дождевого периода.

Дожди с слоем более 100 мм (их было 12) распределились несколько равномернее: I тип – 8,3 %; II тип – 25 %; III тип – 33,3 %; IV тип – 25 % и V тип 8,3 %.

Анализ устойчивости хода дождя по территории показал, что тип дождя сохраняется в среднем на площади до 200 км². При одном и том же дожде, охватившем значительные площади, в разных точках могут наблюдаться

различные типы. Связь между типом дождя и характером синоптического процесса не устанавливалась.

Исследования дождей в Приморье [5, 6, 8] позволили установить, что все параметры дождя связаны, с одной стороны, с особенностями подстилающей поверхности и географическим положением района, с другой – с синоптическими процессами. Общая продолжительность дождя зависит от континентальности климата. В центральных районах она меньше, чем на побережье. Средняя продолжительность дождей для южных и восточных районов составляет 10,4 ч, для центральных – 9,3 ч.

Для большинства дождей характерно кратковременное увеличение интенсивности в одни промежутки времени и сравнительно низкая интенсивность в другие, более длительные периоды. Такие дожди с неоднократно меняющейся высокой интенсивностью на фоне небольшой, но продолжительной, интенсивности являются смешанными. Для дождей высокой интенсивности характерна малая продолжительность. Так, для 1_{\max} от 0,11 до 10,0 мм/мин продолжительность равна 1–5 мин и составляет от 0,00 до 0,01 общей продолжительности дождя.

Обложные дожди характеризуются обычно невысокой и равномерной интенсивностью и большой продолжительностью. Средняя интенсивность обложных осадков по Приморью равна 0,02 мм/мин, причем эта величина мало меняется по территории и внутри года.

Анализ структуры особо опасных дождей в Приморье (с величиной осадков 50 мм и более за 12 ч и менее) показал, что лишь 8 % от всего числа дождей можно отнести к чисто ливневым, остальные дожди – смешанного типа.

Средняя продолжительности ливневой части (t_{Δ}) сильных дождей составляет 20–25 % общей их продолжительности, а для очень сильных дождей 50–70 %. Для побережья параметр t_{Δ} равен 7,0 ч, для центральной части – 5,3 ч. Средняя интенсивность ливневой части дождя 1_{Δ} для центральных районов равна 0,26 мм/мин, для побережья этот показатель составляет 0,16 мм/мин. Годовой ход параметра 1_{Δ} выражен четко – минимальные значения отмечаются в начале и в конце теплого периода.

При смешанных сильных дождях с периодом выпадения более 12 ч продолжительность ливневой части составляет в среднем 22 % общей продолжительности дождя: интенсивность ливневой части $1_{\Delta} = 0,06$ мм/мин; количество обложных и ливневых осадков примерно одинаковое.

Для дождей, продолжительностью от 3 до 12 ч эти параметры несколько иные: 1_{Δ} составляет 28 % общей продолжительности; $1_{\Delta} = 0,09$ мм/мин; количество обложных осадков составляет 40 % общей продолжительности дождя.

Кратковременным дождям, продолжительностью менее 3 ч, соответствуют интенсивности ливневых осадков, достигающие в среднем 0,30 мм/мин, про-

должительность ливневой части составляет 42 % общей продолжительности. Количество обложных осадков равно 27 % общей суммы осадков за дождь.

Анализ пювиограмм наибольших в году дождей по г. Партизанску за 50 последних лет показал, что из 51 ливня 15 (29,5 %) имели продолжительность от 7 до 12 ч; 28 (55 %) – от 13 до 24 ч; 6 (11,8 %) – от 25 до 31 ч и только 2 (3,9 %) – от 36 до 40 ч. Таким образом, 84,5 % всех выдающихся в году дождей имеют продолжительность от 7 до 24 ч.

Если все рассмотренные дожди разделить по указанным интервалам продолжительности, то каждая группа будет иметь различные характеристики (табл. 1). В таблице отражено, что с увеличением продолжительности дождя сумма осадков растет довольно медленно, что обуславливает снижение его средней интенсивности. Значения максимальной интенсивности осадков даже за часовой период носят случайный характер и колеблются в диапазоне от 5,4 до 54,9 мм/ч при диапазоне колебания средней за дождь интенсивности 1,9–12,7 мм/ч.

Таблица 1. Характеристики наибольших в году ливней по метеостанции Партизанск

Table 1. Characteristics of the greatest rainstorms during one year at the Partizansk meteorological station

Интервал, ч	Слой осадков, мм		Интенсивность за дождь, мм/ч		Максимальная интенсивность	Наибольшая, доля за 6 ч, %		Интенсивность за 6 ч, мм/ч	
	диапазон	средний	диапазон	средняя		диапазон	средняя	диапазон	средняя
7–12	54–104	71,7	4,5–12,7	7,3	6,8–32,2	51–98	83,2	5,3–16,5	9,9
13–24	52–151	75,4	2,8–8,5	4,5	5,4–54,9	48–93	69,5	4,4–18,3	8,7
25–36	59–149	101	1,9–6,0	3,6	6,5–19,2	37–53	45,8	3,9–11,1	7,7
37–48	148–176	161	4,0–4,4	4,2	9,5–15,5	26–46	36,9	6,6–13,4	10

Кроме того, все дожди, а в особенности значительные, имеют так называемые ядра дождя или ливневые части, которые могут быть легко выделены на пювиограммах. Исследования показали, что продолжительность ливневой части в среднем составляет 6 ч. Из табл. 1 следует, что, начиная от коротких дождей (7–12 ч) и заканчивая очень продолжительными (36–48 ч), приходящаяся на ливневую часть (6 ч) средняя доля осадков изменяется, соответственно, от 83 до 37 %. При этом колебания абсолютных средних значений слоя осадков ливневой части незначительны (46–60 мм). Более

того, если в ливневую часть средняя интенсивность осадков (7,7–10 мм/ч) в 1,5–2 раза выше средней интенсивности за дождь (4,2–7,3 мм/ч), то средняя интенсивность осадков в остальное время не превышает 2,1–3,1 мм/ч.

Большое значение на процесс формирования склонового, а затем руслового стока имеет положение ливневой части относительно начала дождя. Известно, что благоприятным условием для формирования значительного поверхностного стока является высокое предшествующее увлажнение бассейна и значительные осадки за короткий период времени. При низком предшествующем увлажнении ведущую роль играет положение и количество осадков в ядре дождя. В этом случае не ливневая часть дождя подготавливает водосбор, компенсируя дефицит влаги в почве и заполняя подземную емкость.

Для Приморья характерно частое выпадение осадков в теплый период года как в течение одних суток, так и нескольких суток подряд. Средние интенсивности дождей очень высоки (0,25–0,50 мм/мин), максимальные же интенсивности в редких случаях достигают 5–6 мм/мин.

Согласно работе [4], для Приморья приняты следующие критерии особо опасных дождей: дожди, дающие 50 мм и более за 12 ч и менее, и ливни с количеством осадков 30 мм и более за час и менее. Случаи с максимальным полусуточным количеством осадков приняты за «выдающиеся дожди».

Анализ материалов наблюдений на метеостанциях Приморья за 36 лет [4] показал, что наибольшее число особо опасных дождей отмечено в августе и сентябре. В среднем по краю за год может наблюдаться один опасный дождь. Максимальное число опасных дождей за год – семь (зарегистрировано на станциях Сад-город и Барабаш в 1972 г.). Особо опасные дожди наблюдаются по всей территории края, однако их распределение неравномерно. С учетом выводов, сделанных в [9, 10], можно всю территорию Приморья разделить по типам дождевых периодов на четыре района.

Первый район занимает северную часть Приморья и включает бассейн рек Бикин и Большая Уссурка (без р. Малиновки). Особо опасные дожди здесь возможны 3–5 раз в 10 лет. Максимальные полусуточные суммы осадков достигают 69–95 мм, что составляет 47–84 % месячной нормы осадков. Абсолютный полусуточный максимум осадков – 153,0 мм (15.08.1938 г., мст Мельничное). Для этого района характерны довольно затяжные дождевые периоды со средней продолжительностью от 6 до 9 сут. Среднее количество осадков за дождь 150–180 мм, средняя интенсивность осадков за дождливый период составляет в бассейне р. Бикин 20–25 мм/сут, в бассейне р. Большая Уссурка 15–17 мм/сут. Для бассейна Бикина характерны более короткие дождливые периоды и, соответственно, более высокая интенсивность осадков.

Второй район охватывает центральную часть Приморья, включает верхнее и среднее течение р. Уссури и р. Малиновки. Особо опасные дожди здесь наблюдаются реже: 2–4 раза в 10 лет. Абсолютный полусуточный максимум осадков составляет 90,9 мм (мст Чугуевка, 22.07.1950 г.). По другим станциям максимальные полусуточные суммы осадков варьируют в пределах 80–90 мм, что составляет 60–95 % месячной нормы. Продолжительность дождливых периодов – от 3 до 6 сут со средним количеством осадков за дождь 70–120 мм. Средняя интенсивность дождя не превышает 25 мм/сут.

Третий район объединяет Приханкайскую равнину и юго-западные предгорья Сихотэ-Алиня (среднее течение р. Уссури). Особо опасные дожди здесь возможны 5–6 раз в 10 лет. Абсолютный максимум полусуточных осадков составил 192 мм (Халкидон, 22.07.1950 г.). В среднем по району максимум осадков превысил месячную норму осадков в 1,5–2,0 раза. Продолжительность дождливых периодов составляет 6–8 сут. Среднее количество осадков за дождь от 150 до 180 мм, средняя интенсивность дождя 20–25 мм/сут.

Четвертый район занимает побережье Японского моря и южный район Сихотэ-Алиня. Он характеризуется наиболее частым выпадением особо опасных дождей (1–2 раза в год). Максимальные полусуточные нормы осадков изменяются в пределах от 125 до 170 мм, что составляет 1–2 нормы месячной суммы осадков. Абсолютный максимум – 219 мм (13.10.1967 г. мст Владивосток). Продолжительность дождливых периодов короткая: от 2 до 3 сут на побережье и до 4–5 сут в бассейне р. Раздольной. Среднее количество осадков за дождь 140–200 мм, средняя интенсивность от 40 до 60 мм/сут.

В отдельные годы особо опасные дожди выпадают одновременно на значительных площадях. Так, в связи с выходом тайфуна 14–15 сентября 1954 г. дожди охватили все южные районы Приморского края и побережье Японского моря. Особо опасные дожди отмечены на 14 станциях. Наибольшее количество осадков зафиксировано во Владивостоке – 166 мм за 9,8 ч. В результате выхода южного циклона 9–10 августа 1972 г. особо опасные дожди отмечались на всей территории края. Наибольшее количество осадков отмечено на станциях Барабаш (146 мм) и Маргаритово (160 мм). В 1979 г. четыре тайфуна вышли на территорию Дальнего Востока, из которых самым мощным был тайфун «Ирвинг», прошедший 3000 км и оказавший влияние на всю территорию Приморья с 16 по 19 августа. Количество осадков за 12 часов превысило 100 мм.

Различие максимальных осадков по величине, повторяемости и продолжительности выпадения по территории обусловлено сложным взаимодействием атмосферной циркуляции с рельефом местности, который имеет решающее значение в распределении осадков. Так, например, циклоны, приходящие с запада, вызывают длительные дожди с большим

количеством осадков за весь период при относительно небольших суммах осадков за отдельные сутки. Чаще всего такие циклоны охватывают центральную и северную части Приморья. Циклоны, приходящие с юга и юго-востока, вызывают кратковременные дожди большой интенсивности, обуславливающие значительную величину суточных максимумов осадков. Но наиболее значительные суточные осадки обусловлены тайфунами (тропическими циклонами).

В целом можно сказать, что сильные дожди в той или иной степени связаны с циклонической деятельностью на тихоокеанской ветви полярного фронта. Здесь можно выделить три типа атмосферных процессов [11]. При первом дожди обусловлены непосредственно циклонами, развившимися на полярном фронте. Возникают такие циклоны в районе Восточно-Китайского или Желтого морей, когда на Китай распространяется глубокая высотная ложбина из района Байкала. При втором типе процессов на тихоокеанском полярном фронте нет глубоких циклонов, но с юга к нему приближается тайфун. Дожди начинаются еще до прихода тайфуна к полярному фронту; наибольшей интенсивности они достигают при выходе тайфуна к берегам Приморья. Третий тип характеризуется развитием вблизи Приморья активной циклонической деятельности на прежнем арктическом фронте, сместившемся с севера. Очень сильные дожди наблюдаются в том случае, если одновременно развивается циклоническая деятельность на тихоокеанском полярном фронте.

Особо опасные дожди (90 % случаев) вызывают тайфуны. Южные циклоны вызывают особо опасные дожди значительно реже (10 % случаев). В большинстве случаев это наблюдается при взаимодействии двух фронтальных разделов – прежнего арктического и полярного.

В исследованиях [12] выделено два основных типа синоптических ситуаций, когда на юге Дальнего Востока выпадают обильные (более 100 мм) осадки:

- выход на Японское море и Приморский край (рис. 1) тропических циклонов (тайфунов) с последующей их трансформацией или затуханием;
- циклогенез на монгольской ветви полярного фронта.

Таких ситуаций в году может быть от 1 до 7, причем без какой-либо определенности в их чередовании. Оба типа почти равновероятны. Максимумы осадков приурочены к центрам образований либо к фронтам. Во втором случае наблюдается значительная пятнистость выпадения осадков.

Тайфуны отличаются от внетропических циклонов сравнительно небольшими размерами и очень низким давлением в центре. В большинстве случаев диаметр тайфуна колеблется от 200 до 800 км. Радиус штормовой зоны (расстояние от центра тайфуна до границы 6-балльного ветра) находится в пределах от 100 до 400 км.

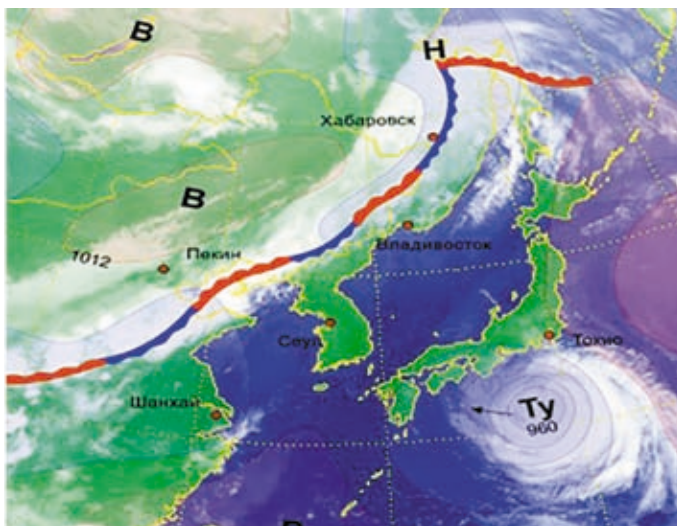


Рис. 1. Пример синоптической обстановки над Приморьем при выходе тихоокеанского тайфуна.

Fig. 1. An instant of synoptic situation over Maritime Region at the moment of a Pacific typhoon appearance.

На погоду Дальнего Востока оказывают влияние тайфуны, выходящие по четырем наиболее характерным траекториям (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика тайфунов, влияющих на погоду Приморья
Table 2. Characteristics of typhoons affecting the Maritime Region weather

Типы траекторий	Максимальное количество осадков, мм	Место трансформации	Место поворота	Куда выходит	Частота выхода, %
1	50	Материк	25–30° с. ш.	Китай	10,3
2	Значительные	Желтое море	30–33° с. ш.	север Японского моря	72,4
3	200–380	Север Японского моря или о. Хонсю	без поворота	Япония	–
4	Значительные	Японское море	без поворота	Хабаровский край	17,3

За период с 1919 по 1969 гг. на Приморский край вышло 110 тайфунов (26 % от всех тайфунов, зародившихся в тропической зоне), из которых 45 (41 %) пришлось на август, 27 (24,5 %) – на сентябрь и 28 (25,5 %) – на июль.

В период с 1965 по 1997 гг. в Тихом океане зародилось 780 тропических циклонов (тайфунов), 118 из них достигли Японского моря, т. е. в среднем в год на Японское море и Приморье выходит три тайфуна, а от года к году количество тайфунов варьирует от 0 (1977 и 1983 гг.) до 6 (1962 и 1974 гг.). При выходе на Приморье они находятся в разной степени трансформации: трансформированные в полярно-фронтовые циклоны (37 %), нетрансформированные – в стадии тайфуна (13 %) и стадии сильного тропического шторма (30%).

Тайфуны, выходящие на Приморский край, вызывают сильные дожди в 76 % случаев, наиболее часто (84 %) такие дожди выпадают на побережье, реже – в центральных районах края (64 %). Абсолютный суточный максимум осадков (243 мм) в г. Владивостоке отмечен 13 июля 1990 г. в период действия тайфуна «Робин».

На погоду Приморского края за указанный период непосредственное влияние оказало 32 тайфуна, из которых 23 (72 %) вызвали значительные паводки либо на всей территории края, либо на отдельных речных водосборах. Повсеместное выпадение осадков в крае связано с тайфунами, которые смещаются вглубь территории. Классическими примерами такого смещения являются выходы тайфуна «Ирвинг» (14–18.08.1979 г.) и тайфуна «Орчид» (11–13.09.1980 г.). Схема движения тайфуна «Ирвинг» получена в результате тщательного анализа записей дождя на всех метеопунктах Приморья.

Во многих случаях тропические циклоны, находясь на достаточном удалении от берегов Приморья, оказывают косвенное влияние на обострение фронтальных разделов. Именно таким было воздействие тайфуна «Мелисса» (17–21.09.1994 г.), когда в г. Владивостоке за три дня выпало 188 мм осадков.

Обильные дожди в Приморье связаны с выходом тайфунов или полярно-фронтовых циклонов, как правило, приводящим к наводнениям на реках. За период 1867–1990 гг. (124 года) в Приморье отмечено 97 наводнений (почти ежегодно), из них 18 катастрофических (1 раз в 7 лет). В 60,5 % случаев наводнения связаны с осадками тайфунного происхождения, периодичность которых 3–4 года. С 2010 по 2018 гг. большие и очень большие наводнения наблюдались в 2013, 2015, 2016 гг., самое масштабное наводнение 2016 г. было вызвано тайфуном «Лайонрок».

Выход циклонов и тайфунов на Приморье может произойти в любое время теплого периода, но наиболее часто в июле–сентябре (табл. 3). Средняя продолжительность существования тайфунов составляет 11 дней, максимальная – 18. Не все тайфуны приносят осадки, способные привести к катастрофическим паводкам, но каждый из них приводит либо к локальным подъемам воды в реках, либо к формированию паводков разной интенсивности на всей территории Приморского края. В 1948, 1953, 1969 и 1977 гг. на Приморье и Японское море не выходило ни одного тайфуна.



Рис. 2. Последствия тайфуна «Лайонрок» в Приморском крае, сентябрь 2016 г.
Fig. 2. The Lionrock typhoon aftermath in Maritime Region, September 2016.

Таблица 3. Частота выхода тайфунов на Приморье по месяцам, (раз/год)
 Table 3. Frequency of the typhoons coming to Maritime Region by months (once a year)

Месяц	VI	VII	VIII	IX	X	Всего
Частота	0,19	0,64	1,02	0,64	0,09	2,6

Количество осадков в тайфунах может быть самым различным в зависимости от места его зарождения, начальной глубины, типа траектории, длительности существования до выхода на Японское море и степени заполнения (трансформации). В августе за период воздействия тайфуна может выпасть до 380 мм осадков, в сентябре – до 217 мм, в июле до 76 мм. Циклоны и тайфуны, которые в теплый период года перемещаются с юго-запада на северо-восток и с юга на север, имея разные площади распространения и траектории, охватывают территорию края либо целиком, либо ее отдельные части. Ливневые осадки летнего периода характеризуются большой неравномерностью их распределения по территории Приморского края, причем степень неравномерности зависит от их происхождения. В сочетании с орографией это определяет сложную мозаику осадков (за период ливня и за сутки) по территории края. Так, наводнение 1950 г. охватило одновременно бассейны рек Уссури, Арсеньевки, Илистой, Комиссаровки, Большой Уссурки, Артемовки, Раздольной и других.

Аналогичная картина по охвату территории, но со значительно большим ущербом для края и человеческими жертвами наблюдалась в 1989 г., когда большая часть районов Приморья дважды подвергалась катастрофическим наводнениям в связи с выходом на Приморье тайфуна «Холли» (22–23 августа) и «Джуди» (8–10 сентября) [13]. Тайфун «Холли» вызвал сильные дожди в южной, центральной и юго-восточной частях Приморья, где было зафиксировано максимальное количество осадков за сутки (145 мм) или до трех норм осадков за август. В западных и северных районах Приморья выпало 20–40 мм (0,5–0,7 нормы). Тайфун «Джуди» наибольшее количество осадков принес на северо-восточную часть края. За время его пребывания над Приморьем выпало от 50 до 200 мм осадков. Неравномерность осадков по территории была значительнее, чем в августе.

Анализ наибольших в году суточных осадков показал, что их повторяемость по месяцам, повторяемость дождей с различной величиной осадков и диапазон осадков примерно одинаковы в каждом пункте Приморского края. Однако вероятность совпадения события даже для близко расположенных пунктов практически мала. Для примера приведем повторяемость максимальных суточных осадков и дождей с различной величиной осадков для метеостанции Приморская. (табл. 4 и 5).

Таблица 4. Распределение наибольших в году суточных максимумов осадков по месяцам на мтс. Приморская, (%)

Table 4. Distribution of the maximal daily precipitations by months at Primorskaya meteorological station

Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X
Частота	4,2	4,1	16,7	37,5	25,0	12,5

Таблица 5. Повторяемость дождей с различной величиной осадков

Table 5. Repetition of the rains' occurrence with the different precipitation volume

Диапазон осадков за дождь, мм	Повторяемость	
	число случаев	%
10–20	144	57,1
20,1–30	62	24,6
30,1–50	27	10,7
50,1–70	10	4,0
70,1–100	4	1,6
100,1– 50	3	1,2
>150	2	0,8

Распределение осадков внутри тайфуна характеризуется большой неравномерностью, уменьшаясь от 100 мм/сут в центральной части до 2–5 мм – на периферии передней и тыловой частях. По данным самолетных, радиолокационных и спутниковых наблюдений обнаружено, что область тропического циклона (тайфуна) не заполнена однородной массой облаков, а представляет собой узкие, вытянутые полосы более плотной облачной массы в виде спиралей, сходящихся к глазу бури. Длина облачных полос колеблется от 50 до 400 км, средняя ширина составляет несколько км. Число облачных полос в тайфуне колеблется от 1 до 7.

Тайфуны характеризуются спиральной структурой осадков, представленной кольцевидной полосой вокруг глаза тайфуна и отходящими от нее 4–5 спиральными полосами, расширяющиеся от центральной части к периферии. Расстояние между полосами может достигать 70–100 км. Эти полосы представляют с разной степенью насыщенности влагой слой атмосферы, имеющий свой внутренний вертикальный обмен с подстилающей поверхностью. Спиральная структура осадков в тайфуне и мозаич-

ность концентрации осадков по длине спирали создают очень сложную картину хода дождя во времени и пространстве.

Обработка плювиограмм дождя в 1956 г. по Владивостоку и Партизанску показала, что все его характеристики сильно разнятся. Это касается времени начала и конца дождя, количества волн, амплитуды интенсивности и количества дождя в каждую волну (табл. 6).

Таблица 6. Характеристика дождевого периода в тайфуне 9–10 сентября 1956 г.

Table 6. Characteristics of the rain period in the typhoon of September 9–10, 1956

Период волны, мин	г. Владивосток		г. Партизанск	
	Число случаев	Число случаев, %	Число случаев	Число случаев, %
0–10	2	8,0	3	8,8
11–20	3	12,0	10	29,4
21–30	7	28,0	9	26,5
31–40	3	12,0	7	20,6
41–50	3	12,0	0	0,0
51–100	3	12,0	4	11,8
>100	4	16,0	1	2,9

В результате обобщения табл. 6 выявлено, что в обоих пунктах количество волн, частота интервалов и количество осадков в них не одинаковы, что может служить доказательством невозможности описания типового дождя. Можно говорить лишь об особенностях каждого или некоторой их совокупности.

Всего рассмотрено семь ливневых дождей тайфунного происхождения в период с 1956–1984 гг. (1956, 1962, 1968, 1974, 1979, 1980 и 1984 гг.) с количеством осадков более 60 мм на примере двух речных бассейнов – рек Раздольная и Партизанская. Протяженность обоих водосборов с юга на север около 100 км.

Особенности дождевых периодов тайфунного происхождения заключаются в следующем.

Характерные пути траекторий тайфунов, выходящих на Японское море и оказывающих влияние на погоду Приморья – южное, юго-западное и юго-восточное. В этих же направлениях перемещаются границы облачности и осадков.

Неодновременность начала выпадения дождей не только по краю, но и по названным водосборам. При этом скорости перемещения фронта осад-

ков изменяются от 14 до 100 км/ч. Следовательно, время движения фронта осадков – от 1 до 7 ч, т. е. орошение бассейна р. Партизанской начинается от устья к верховью, а бассейна р. Раздольной – с правых притоков к левым. При выходящих с запада или северо-запада циклонах – картина обратная.

Аналогичная ситуация складывается и относительно ливневой части дождевого периода, которая занимает по времени в среднем 35–66 % (максимум – 89 %), а по количеству осадков в среднем 73–81 % (максимум – 98 %). При этом скорости перемещения начала ливневой части дождя изменяются в тех же пределах (12–87 км/ч). В отличие от границ начала дождевых периодов передвижение границы начала и конца ливневой части выражено более четко.

Скорость перемещения линии окончания ливневой части по территории, как правило, больше скорости перемещения линии ее начала, т. е. по мере перемещения тайфуна тыл ливня как бы догоняет его фронт. При этом продолжительность ливневой части сокращается.

Максимальное количество осадков за период дождя в рассматриваемых случаях в бассейне р. Раздольной достигло 195 мм, а ливневой части – 160 мм (мст Приморская, 1979 г.). В бассейне р. Партизанской максимум осадков за дождь составил – 170 мм, за ливневой период – 141 мм (г. Находка, 1980 г.), причем в четырех случаях из 7 максимум осадков приходился на центральную часть бассейна р. Партизанской (г. Партизанск), в остальных случаях – на устье (г. Находка).

Продолжительность рассматриваемых дождевых периодов колеблется от полусуток до полутора суток, в то же время ливневая часть в среднем длится 9–17 ч.

Средняя интенсивность осадков за дождевые периоды изменяется от 0,040 до 0,104 мм/мин, ливневой части – от 0,046 до 0,178 мм/мин.

В период ливневых осадков интенсивность выпадения колеблется в широких пределах, достигая в отдельных случаях 1–3,6 мм/мин. Продолжительность периодов с высокой интенсивностью осадков, как правило, от 1 до 20 мин.

Ливневой части дождевого периода, как правило, предшествует малоинтенсивная (от 0,003 до 0,036 мм/мин), но довольно продолжительная часть дождя – до 20 ч. При этом может выпасть до 30 мм осадков, которые, очевидно, не участвуют в формировании пика паводка, но идут на первоначальное увлажнение бассейна (компенсацию дефицита влаги в почвах и грунтах).

Границы дождя или его ядра не являются стационарными: они перемещаются в направлении и со скоростью передвижения фронта, циклона или тайфуна. Поэтому орошение отдельных частей достаточно крупного

водосбора осуществляется не в одно время, а с определенной последовательностью, зависящей от направления синоптического процесса. Перемещение фронта осадков (начала дождя) по долине р. Партизанской происходит неравномерно. Более устойчиво перемещается граница ливневой части дождя. Промежуток времени (отставание) между ливневой частью от начала дождя колеблется в больших пределах – от 2 (1974 г.) до 12 (1962 г.) часов. В долине р. Партизанской осадки за дождь распределяются по двум вариантам: либо центральная часть орошается больше устьевой и верхней, либо – наоборот. Соотношение между осадками в разных пунктах бассейна за один дождь неустойчиво.

Все это не может не повлиять на формирование паводочного стока, на величины максимального расхода, формы гидрографа и на продолжительности стояния высоких уровней воды на заливаемых участках поймы и долины.

Таким образом, в условиях неравномерности выпадения дождя во времени и пространстве при одновременном перемещении границ начала дождя и его ядра для целей расчета и прогноза паводков необходимо учитывать вариантность этого явления. Выбор наиболее благоприятного или неблагоприятного варианта может быть реализован при наличии пространственной модели формирования паводочного стока.

Опасность представляют дожди, при которых за один или два-три смежных дня выпадает 50 мм осадков и более на сравнительно большой территории. Л.К. Вершинина [5] указывает на важную роль рельефа и ориентации склонов горной системы Сихотэ-Алиня к влагонесущим ветрам на распределение осадков по Приморскому краю. При анализе осадков на территории края установлено, что увеличение сумм осадков с высотой связано с увеличением числа дождливых дней в горах. Суточные же величины осадков с высотой уменьшаются, т. к. дожди в горах менее интенсивны и более продолжительны.

Исследованиями установлено, что в разных точках покрытой дождем территории продолжительность выпадения осадков обычно различная. При переходе от центра дождя к его периферии не наблюдается убывания продолжительности дождя. Одним и тем же продолжительностям дождя может соответствовать разная величина слоя осадков.

Изменение слоя осадков по площади зависит от двух факторов: размера площади и количества осадков в пунктах наблюдений. Эти факторы действуют в противоположных направлениях: с увеличением площади средний слой осадков уменьшается, а при увеличении осадков в пунктах наблюдений на постоянной площади средний слой увеличивается. В зависимости

от соотношений величин этих факторов и происходит изменение среднего слоя осадков по площади. Количество осадков в пунктах наблюдений может изменяться в зависимости от расположения центра дождя по отношению к бассейну реки и под влиянием физико-географических условий.

Чтобы разграничить влияние этих двух факторов, редукцию осадков по площади можно рассматривать от постоянного пункта наблюдений, расположенного на конкретном бассейне реки. В этом случае коэффициенты неравномерности осадков по площади находятся в обратной зависимости от размера площади и не зависят от слоя осадков. В работе [6] установлены коэффициенты редукции осадков по площади для рек Дальнего Востока.

Для суточных осадков коэффициент неравномерности на площади до 3000 км² практически равен 1,0, для площади до 10 000 км² значение его равно 0,90, а для 20 000 км² – примерно 0,85–0,80. Для двухсуточных осадков редукция отсутствует на площади до 10 000 км², на площади 20 000 км² коэффициент неравномерности равен 0,90.

Площадь распространения осадков значительно превышает площадь возникновения стока. Наибольшая разница между этими величинами наблюдается при продолжительных дождях, покрывающих значительные площади. Это связано с тем, что единичные осадки, величиной менее 10 мм, если до их выпадения не было значительных по величине осадков, как правило, стока не дают. Объем воды, полученный от дождя на площадь, ограниченную изогией 10 мм, составляет всего 8 % от общего объема дождя. Следовательно, в непосредственном образовании стока принимает участие меньше 10 % общего количества осадков, выпавших за период дождя на площадь его распространения, больше 90 % уходит на смачивание, увлажнение почвы и испарение.

Ливневые дожди в Приморье отличаются значительной растянутостью во времени и медленным нарастанием интенсивности. Характерной чертой для летних дождей является также большая длительность их ливневой части. С увеличением интервала времени (с 5 мин до 1 ч) интенсивность дождя изменяется с 3,5 до 0,32 мм/мин, что значительно превышает подобные характеристики по другим регионам России. Такие высокие значения интенсивностей ливней для больших интервалов времени являются главной причиной формирования значительных паводков на реках Приморья.

В Приморье наблюдаются преимущественно дожди продолжительностью от 5 до 20 ч (табл. 7), однако продолжительность отдельных дождей может достигать нескольких суток.

Таблица 7. Характеристика ливневых дождей по метеостанции Приморская
 Table 7. Characteristics of the rainstorms at Primorskaya meteorological station

Наибольшая интенсивность, мм/мин	Повторяемость, %	Продолжительность дождя, ч	Повторяемость, %
<10	19,8	<0,5	0,4
0,11–0,20	28,6	0,51–1,00	1,2
0,21–0,30	13,5	1,01–2,00	6,8
0,31–0,50	17,0	2,01–5,00	18,2
0,51–0,70	6,0	5,01–10	37,7
0,71–1,00	7,9	10,01–15	19,4
1,01–2,00	6,0	15,01–24	12,3
>2,00	1,2	>24	4,0

Уменьшение (редукция) количества осадков по их продолжительности может быть описано уравнением общего вида

$$P_m = P_o / T^n, \quad (1)$$

где P_m – количество осадков за определенный интервал времени от начала дождя;

P_o – количество осадков в первую единицу времени;

T – показатель редукции по времени.

T – расчетный интервал времени;

Для минутного интервала времени n в среднем для Приморья принимается равным 0,55.

Одновременно с редукцией осадков по времени при расчете средних осадков для отдельного водосбора необходимо учитывать редукцию осадков по площади, которую можно выразить эмпирической формулой вида:

$$P = P_o / (1 + k F^m) \quad (2)$$

$$\text{или } P = P_o - k_f, \quad (3)$$

где P_o и P – количество осадков, соответственно, в центре тайфуна или его ядре и на периферии за определенный интервал времени (ч, полусутки, сут);

k – численный параметр, который зависит от района и характера дождя;

m – показатель редукции по площади;

k_f – коэффициент редукции по площади.

Коэффициенты редукции для районов – разные. Так, по данным [6], для Южного Приморья k_f изменяется по площади согласно табл. 8.

Большое значение в гидрологических расчетах максимального стока имеет выбор расчетной единицы времени для осадков. Известно, что ги-

дрологические и метеорологические сутки сдвинуты на 5 ч по времени, что создает определенные трудности при расчетах. Кроме того, в климатических справочниках [8, 9] и справочнике по водным ресурсам [10] приведены несопоставимые значения максимальных суточных осадков. В первом случае даны осадки за 1440 мин, полученные по пювиограммам, во втором – осадки, полученные по двухразовым в метеорологические сутки измерениям осадков на осадкомерах и дождемерах.

Соотношение между осадками в период дождя за 24 ч и принятые метеорологические сутки зависит от продолжительности дождевого периода и времени его начала относительно 19 часов времени суток. Вероятность того, что весь данный дождь или его интенсивная часть, продолжительностью менее 24 ч уложится целиком в метеорологические сутки или разделится на две (как правило, неравные) части, независимо от положения его начала относительно 19 часов по местному времени (т. е. безусловную вероятность), можно оценить по простой формуле $P = 1 - T/24$, где T – продолжительность всего дождя или его части (табл. 9).

Таблица 8. Характер редукции осадков по площади
Table 8. The precipitation reduction character by area

Площадь, км ²	Центр	1000	5000	10 000	20 000	40 000
Коэффициент редукции по площади	1,0	0,92	0,79	0,71	0,63	0,54

Таблица 9. Вероятность попадания дождевого периода
в метеорологические сутки

Table 9. Probability of the rain period getting into the meteorological one-day period

Период дождя, сут		3	6	9	12	15	18	21
Вероятность, ед.	попадания	0,875	0,750	0,625	0,500	0,375	0,250	0,125
	разделения	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875

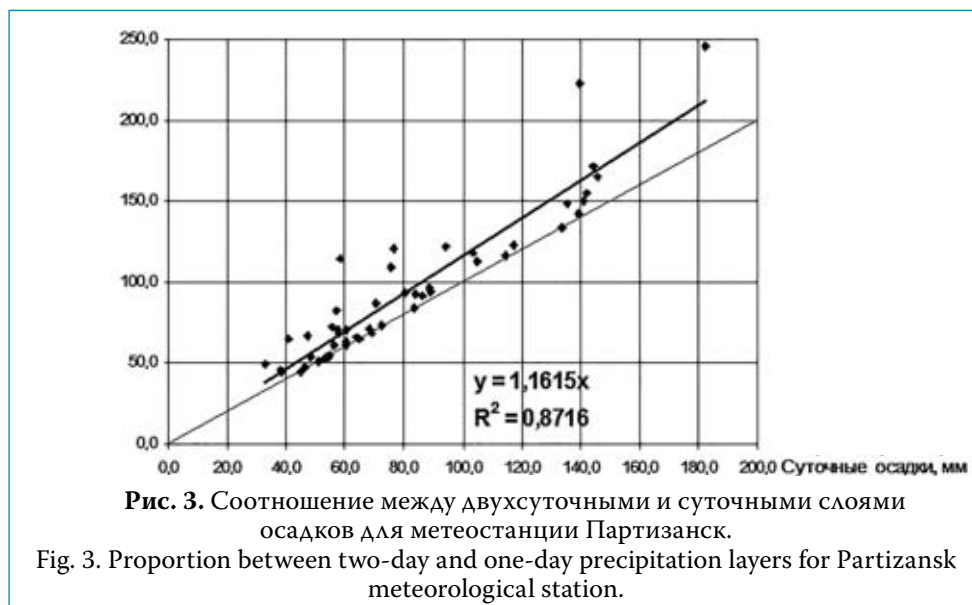
Из табл. 9 следует, что дожди продолжительностью 9–15 ч с вероятностью 38–62 % могут быть разделены жесткими границами метеорологических суток. Это приводит не только к занижению величин максимальных суточных осадков, но и к ложному представлению о характере выпадения осадков. Отрицательные значения разности в этой таблице обусловлены неполнотой учета осадков пювиографами по сравнению с осадкомерами. Если исключить ст. Агзу, то превышение осадков за 24 ч над осадками за метеорологические сутки колеблется от 0 до 25 %. Очевидно, что при расчетах паводочного стока необходимо пользоваться величинами осадков, приведенными к 24 ч с последующим введением коэффициентов редукции (табл. 10).

Таблица 10. Коэффициенты редукиции осадков относительно осадков за метеорологические сутки по [14]

Table 10. Precipitation reduction coefficients against the precipitation amount over the meteorological day

Район	Интервал времени, мин								
	10	60	90	150	300	720	1440	2880	4320
1	0,15	0,44	0,52	0,63	0,80	1,03	1,25	1,44	1,60
2	0,15	0,36	0,42	0,50	0,63	0,84	1,05	1,28	1,48
3	0,18	0,49	0,57	0,66	0,79	0,91	1,00	1,07	1,12
4	0,16	0,40	0,49	0,63	0,87	1,20	1,43	1,70	1,80
5	0,11	0,27	0,33	0,42	0,57	0,80	1,09	1,40	1,65

Анализ соотношений между максимальными суточными и двухсуточными осадками (рис. 3) показал, что в среднем во вторые сутки добавляется 16–25 % от осадков за одни сутки, хотя в очень редких случаях эта добавка может достигнуть 100 %. Следует отметить, что довольно часто непрерывный ливневой дождь определенной продолжительности не укладывается в границы календарных (метеорологических) суток и делится этими границами на две, как правило, неравные части. Отметим при этом, что осадки за 24 ч и календарные (метеорологические) сутки также различаются и тем больше, чем ближе граница календарных суток к середине дождя (рис. 4).



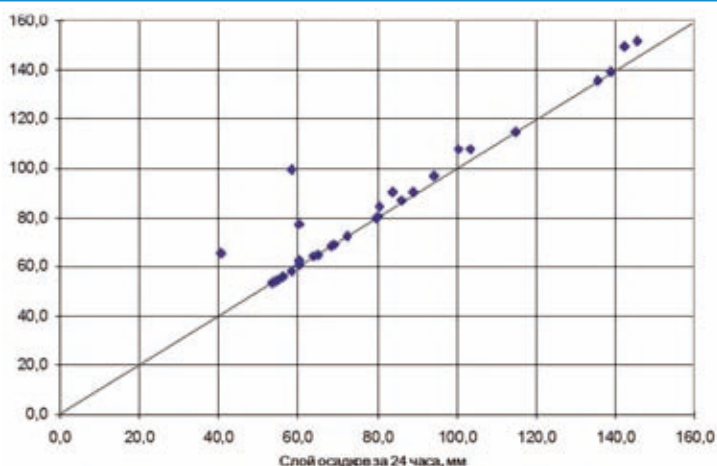


Рис. 4. Соотношение между слоями осадков за 24 ч и за метеорологические сутки, г. Партизанск.

Fig. 4. Proportion between precipitation layers over 24 hours and the meteorological day, Partizansky.

Коэффициенты временной вариации максимальных суточных осадков по территории Приморского края изменяются от 0,4 до 0,7, а абсолютные величины максимумов 1 % обеспеченности варьируют от 250–270 мм в южной части до 150–180 мм в северной части побережья; в бассейне р. Уссури – от 100 до 270 мм. Таким образом, распределение максимальных осадков по территории Приморья характеризуется довольно большим диапазоном.

Следует учесть, что как само поле осадков, так и отдельные пятна внутри поля могут находиться в движении в произвольном направлении и с различной скоростью. Это приводит к существенным трудностям при схематизации осадков для расчета паводков.

Исследования показывают, что суточные максимумы осадков слабо зависят от орографии и местоположения пункта, поэтому их распределение по территории в каждом году и в отдельные периоды нельзя считать постоянным.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показывают, что в Приморье разнообразие ситуаций с выпадением осадков по территории настолько велико, что ни одно типовое распределение не подойдет для его описания. Представляется, что выход из такого положения возможен через моделирование возможных ситуаций на отдельно взятом речном водосборе и всей территории Приморья на основе известных математических моделей преобразования осадков в сток, законах формирования паводков и их трансформации в речной системе.

В качестве расчетной схемы преобразования осадков в сток может быть предложена модель паводочного стока, разработанная в ДальНИИВХ для рек Приморья [14].

В соответствии с данной разработкой:

– стокоформирующие (паводкообразующие) осадки представлены как максимальные годовые за расчетный интервал времени, с вероятностью превышения принятой в конкретном расчете, осредненные по площади водосбора за вычетом потерь дождевого стока;

– за расчетный интервал времени принимается среднее для водосбора время добегания склонового и руслового стока до расчетного створа;

– по модели определяется максимум стока (максимальный расход) паводка и при известных морфометрических характеристиках русла и поймы в расчетном створе максимальный уровень воды, определяющий параметры наводнения.

Следует отметить, что использование этой модели для прогнозирования наводнений должно основываться на прогнозе паводкообразующих осадков, однако при долгосрочном и сверхдолгосрочном прогнозе это невозможно, поскольку осадки в долгосрочной перспективе в настоящее время не прогнозируются.

В данной статье впервые показано, что большое значение для прогнозирования паводков имеет учет характера распределения ливня во времени и выработка алгоритма расчета поля осадков и дождевой ячейки, необходимого для расчета гидрографа паводочного стока и его прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомазова З.П., Петрова З.П. Характеристика выдающихся дождей на территории Центральных черноземных областей // Труды ГГИ. 1949. Вып. 14 (68). С. 95–122.
2. Соловьева Н.Н. Характеристика полей жидких осадков /межведомств. сб. «Исследования формирования речного стока и его расчеты». ЛГМИ. 1981. Вып. 76. С. 40–50.
3. Галактионов И.И. Метод типизации дождей по показателю симметрии // Труды ЛГМИ. 1975. Вып. 55. С. 48–55.
4. Тонких Т.А. Распределение особо опасных дождей на территории Приморского края // Труды ДВНИГМИ. 1976. Вып. 57. С. 139–147.
5. Вершинина Л.К. Осадки на территории Приморского края, их характер, распределение и методика расчета // Труды ГГИ. 1960. Вып. 79. С. 49–163.
6. Петрова З.П. Расчет многодневных осадков и закономерности их распространения по площади на территории Дальнего Востока // Труды ГГИ. 1960. Вып. 79. С. 117–148.
7. Кендал М. Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М.: Наука, 1976. 736 с.

8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. // Многолетние данные. Приморский край. 1988. Ч. 1–6. Вып. 26. Сер. 3. 416 с.
9. Справочник по климату СССР. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1988. Вып. 26. 416 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. 1972. Т. 18. Вып. 3. Приморье, 626 с.
11. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Дальний Восток. Вып. 5, Ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 176 с.
12. *Бережная С.П.* Синоптические условия выпадения обильных осадков на юге Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 1975. Вып. 11. С. 41–47.
13. Федеральная целевая программа «Защита от наводнений населенных пунктов, народнохозяйственных объектов, сельскохозяйственных и других ценных земель в Приморском крае на 1995–2000 годы» / В.Ф. Балябин и др. Владивосток, 1996. 83 с.
14. *Милаев В.М., Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Крета С.А.* Модель формирования и расчета максимального стока дождевых паводков // Водное хозяйство России. 2000. Т. 2. № 3. С. 211–227.

Для цитирования: А.С. Федоровский, Н.Н. Бортин, А.М. Горчаков, В.М. Милаев. Ливневые дожди как фактор наводнений в приморском крае // Водное хозяйство России. 2019. № 4. С. 144–168.

Сведения об авторах:

Федоровский Александр Сергеевич, д-р геогр. наук, профессор, начальник управления организации научных исследований, ФГБУ «Дальневосточное отделение Российской академии наук» (ДВО РАН), Россия, 690091, г. Владивосток, ул. Светланская, д. 50; e-mail: as.fedorovskiy@mail.ru

Бортин Николай Николаевич, д-р геогр. наук, директор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153; e-mail: dvf@wrm.ru

Горчаков Анатолий Михайлович, канд. геогр. наук, заведующий отделом гидрологических исследований и водохозяйственных расчетов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153; e-mail: dvf@wrm.ru

Милаев Валерий Максимович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, а/я 153; e-mail: dvf@

RAIN STORMS AS A FLOOD FACTOR IN MARITIME REGION

Alexander S. Fedorovskiy, Nikolay N. Bortin, Anatoliy M. Gorchakov,
Valeriy M. Milayev

¹ Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

² Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection, Far Eastern Branch, Vladivostok, Russia

Abstract: The article considers characteristics (layer, duration, and intensity) of rainfall in Maritime region, as well as their spatial/temporal distribution. We quote the following data: typification of rains (layer, duration, and intensity) in the course of time; indicators of precipitation reduction by area and time; long-term data on floods in Maritime region. An analysis of the conditions of the formation of rain depending on the synoptic processes, the geographical location of the rainfall area and the characteristics of the underlying surface has been made. A version of the model for the precipitation conversion into runoff is proposed.

Key words: rainfall, distribution, typification, reduction, flooding.

About the authors:

Alexander S. Fedorovskiy, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Scientific Research Organization of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (RAS FEB), ul. Svetlanskaya, 50, Vladivostok, 690091, Russia; e-mail: as.fedorovskiy@mail.ru

Nikolay N. Bortin, Doctor of Geography, Director, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Far Eastern Branch (DalNIIVKh), P.O. Box 153, Vladivostok, 690014 Russia; e-mail: dvf@vlad.ru

Anatoliy M. Gorchakov, Candidate of Geography, Head, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Far Eastern Branch (DalNIIVKh) Department of Hydrological Research and Water Management Calculations, P.O. Box 153, Vladivostok, 690014 Russia; e-mail: dvf@vlad.ru

Valeriy M. Milayev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Far Eastern Branch (DalNIIVKh), P.O. Box 153, Vladivostok, 690014 Russia; e-mail: dvf@vlad.ru

For citation: Fedorovskiy A.S., Bortin N.N., Gorchakov A.M., Milayev V.M. Rain Storms as a Flood Factor in Maritime Region // *Water Sector of Russia*. 2019. No. 4. P. 144-168.

REFERENCES

1. Bogomazova Z.P., Petrova Z.P. Feature prominent Central territory's wet black soil areas. – Trudy GGI, 1949, Iss. 14 (68). Pp. 95–122.
2. Solovyova N.N. characteristics of liquid precipitation fields. Interdepartmental collection «Studies the formation of river runoff and its calculation, ed. LGMI; 1981. Vol. 76. Pp. 40–50.
3. Galaktionov I.I. Metod tipizatsiyi dozhdey po pokazatelyu simmetriyi [The rains typification method by the symmetry indicator] // Tr. LGMI. 1975. Vyp. 55. Pp. 48–55.
4. Tonkikh T.A. Raspredeleniye osobo opasnykh dozhdyy na territoriyi Pimorskogo kraya [The specially dangerous rains distribution on the territory of Maritime Kray] // Tr. DVNIGMI. 1976. Vyp. 57. Pp. 139–147.
5. Vershinina L.K. Osadki na territoriyi Primorskogo kraya, ikh kharakter, raspredeleniye i metodika rascheta [Precipitation on the territory of Maritime Kray, their character, distribution, and method of calculation] // Tr. GGI. 1960. Vyp.79. Pp. 49–163.

6. *Petrova Z.P.* Raschet mnogodnevnykh osadkov i zakonomernosti ikh raspredeleniya po ploschadi na territoriyi Dalnego Vostoka [Calculation of many-day precipitations and regularities of their distribution over the territory of the Far East] // Tr. GGI. 1960. Vyp. 79. Pp. 117–148.
7. *Kendal M.J., Stewart A.* Mnogomerniy statisticheskiy analiz i vremenniye ryady [Multivariate statistical analysis and temporal series] / M.: Nauka, 1976. 736 p.
8. Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR [Scientific/applied reference book on the climate of the USSR] // Mnogoletniye danniyе. Primorskiy kray. Ch. 1–6. Vyp. 26. Serp. 3. 1988. 416 p.
9. Spravochnik po klimatu SSSR [Reference book on the climate of the USSR] // Vyp. 26., C-П.: Gidrometeoizdat, 1988. 416 p.
10. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Resources of the surface waters of the USSR] // Dalniy Vostok. Vol. 18. Vyp. 3. Primorye, 1972. 626 p.
11. Rukovodstvo po kratkosrochnym prognozam pogody [Manual on short-term weather forecasts] // Dalniy Vostok. Vyp. 5, Ch. 2. L.: Gidrometeoizdat. 1988. 176 p.
12. *Berezhnaya S.P.* Sinopticheskiye usloviya vypadeniya obilnykh osadkov na yuge Dalnego Vostoka [Synoptic conditions of the abundant precipitations in the Southern part of the Far East] // Meteorologiya i gidrologiya. 1975. Vyp. 11. Pp. 41–47.
13. Federalnaya tselevaya programma “Zashchita ot navodneniy naseleennykh punktov, narodokhozyaystvennykh obyektov, selskokhozyaystvennykh i drugikh tsennykh zemel v Primorskoy kraye na 1995–2000 gody” [Federal target program “Flood protection of inhabited locations, economic establishments, agricultural and other valuable lands in Maritime Krai for 1995–2000” / V.F. Balyabin et al. Vladivostok, 1996. 83 p.
14. *Milayev V.M., Bortin N.N., Gorchakov A.M., Kreta S.L.* Model formirovaniya i rascheta maksimalnogo stoka dozhdevykh pavodkov [A model of the rain flood maximal runoff formation and calculations] // Water Sector of Russia. 2000. Vol. 2. No. 3. Pp. 211–227.