Рукавицына М. В.
E-mail: mariarukavitsyna@yandex.ru
Павленко А. В.
E-mail: alyonavladp@gmail.com

Выявление факторов, влияющих на происхождение паводковых ситуаций в г. Орск Оренбургской области

Актуальность темы исследования. Чрезвычайные ситуации, обусловленные природными гидрологическими явлениями, представляют значительную угрозу для жизнедеятельности населения и устойчивости инфраструктурных объектов. Особую группу риска формируют населённые пункты, расположенные в непосредственной близости от крупных рек. Ярким примером является г. Орск (Оренбургская область), регулярно подвергающийся негативному воздействию сезонных паводков и наводнений. Это связано с особенностями климатических условий и их периодической нестабильностью, что, в свою очередь, приводит к превышению допустимого уровня воды, а в дальнейшем к ЧС. Чтобы меры по защите населения были эффективными, необходимо точно оценивать риски: как часто могут происходить наводнения, насколько высоким может быть уровень воды и какие районы окажутся под угрозой.

Цель исследования – рассчитать прогноз и вероятность безопасности для населения при ЧС природного характера (паводки и наводнения) в г. Орск Оренбургской области.

Задачи исследования:

1. Выявить ключевые факторы, влияющие на изменение уровня воды в г. Орске, и оценить степень их воздействия при возникновении ЧС природного характера.
2. Провести анализ взаимосвязей между выявленными факторами и уровнями воды.
3. Разработать прогностическую модель для оценки вероятности возникновения опасных уровней воды.

Объект исследования – уровни воды в г. Орск Оренбургской области, характеризующиеся как неблагоприятное и опасное явление.

Предмет – факторы, влияющие на уровни воды в г. Орск Оренбургской области.

Проблема: с одной стороны, существует множество факторов, влияющих на происхождение паводков, но недостаточная изученность факторов, влияющих на возникновение паводков именно в г. Орске затрудняет эффективное прогнозирование и снижение ущерба от них.

Методы исследования – факторный анализ, корреляционный анализ, описательные статистики.

Авторский анализ. Факторы, влияющие на происхождение паводков, – это причины, которые вызывают резкий подъём уровня воды в водоёмах, приводящий к выходу воды из берегов и затоплению территорий. [1] Для проведения анализа ключевых факторов, влияющих на изменение уровня воды в г. Орске, автором были проанализированы статистические данные о паводках за последние 5 и 100 лет. Сбор данных осуществлялся с помощью графика уровня воды в реке Урал из архивных данных гидропоста, находящегося в г. Орск. Важнейшими из характеристик, которые используется в архиве данных гидропоста в г. Орск являются уровни паводка:

1. 700,00 см – уровень опасного явления. Критическая отметка, при которой наступает подтопление населённых пунктов, строений, объектов экономики.
2. 360,00 см – уровень неблагоприятного явления. Отметка выхода воды на пойму [2].

Далее, опираясь на данные архива и характеристики уровней паводка, автором были собраны показатели уровня воды в реке Урал в период с 2020 по 2025 годы (см. таблицу 1).

Таблица 1

Статистические данные о паводковых ситуациях в г. Орск Оренбургской области за 2020-2025 годы

Уровень воды в Урале у города Орск (см)	Год	Авторская оценка
214	2020	Уровень воды соответствует норме, так как не превышает показатель неблагоприятного явления (<360 см)
350-450	2021	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель неблагоприятного явления (>360 см)
179	2022	Уровень воды соответствует норме, так как не превышает показатель неблагоприятного явления (<360 см)
433	2023	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель неблагоприятного явления (>360 см)
1185	2024	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)
224	2025	Уровень воды соответствует норме, так как не превышает показатель неблагоприятного явления (<360 см)

Выводы по таблице 1: паводковые явления в г. Орск являются регулярными. Текущие данные показывают высокую вероятность (50 %) ежегодной угрозы неблагоприятных паводков, требующих превентивных мер. Риск катастрофического наводнения (17 %) актуален для долгосрочного планирования.

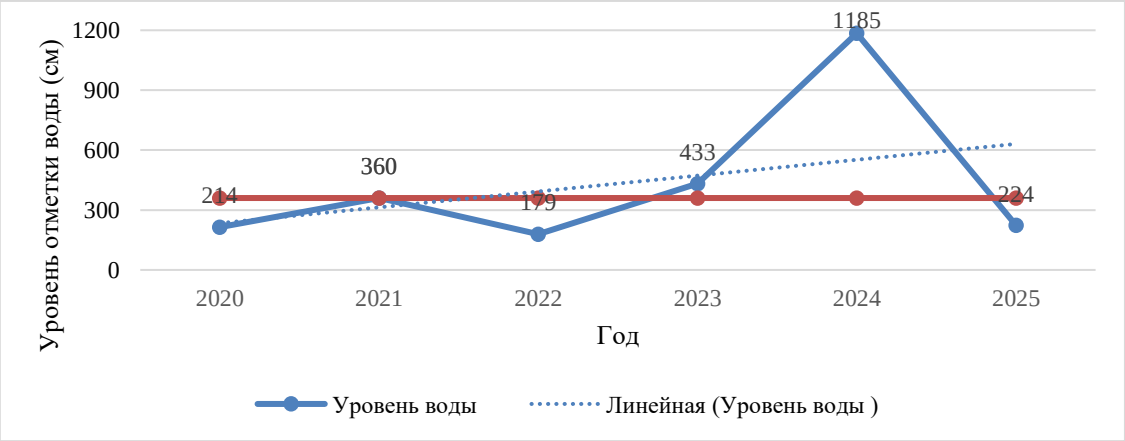


Рисунок 1 – Статистические данные о паводковых ситуациях в г. Орск Оренбургской области за 2020-2025 годы

Также, автором были собраны статистические данные о катастрофических наводнениях в г. Орск Оренбургской области за последние 100 лет для расчета более точной вероятности (см. таблицу 2).

Таблица 2

Статистические данные о паводковых ситуациях в г. Орск Оренбургской области за 100 лет

Уровень воды в Урале у города Орск (см)	Год	Авторская оценка	Превышение отметки опасного уровня в х раз	Превышение отметки неблагоприятного уровня в х раз
1200	1922	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)	0,71	3,33

987	1942	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)	0,41	2,74
1200	1957	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)	0,71	3,33
974	1993	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)	0,39	2,70
1 185	2024	Уровень воды **не соответствует норме**, так как превышает показатель опасного явления (>700 см)	0,69	3,29

Выводы по таблице 2: По этим данным можно сделать вывод, что г. Орск находится в зоне регулярной паводковой опасности.

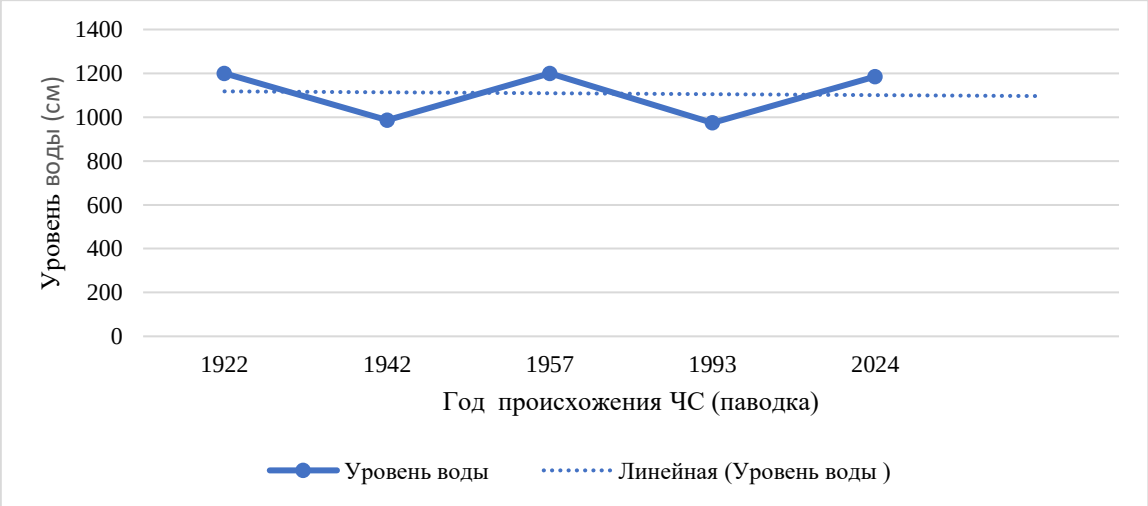


Рисунок 2 – Статистические данные о паводковых ситуациях в г. Орск Оренбургской области за 100 лет

На данном графике отчетливо видно, что колебание уровня катастрофического наводнения колеблется от отметки в ~1000 см до 1200 см, что является синусоидой, а значит подлежит закономерному формированию событий, которое можно предсказать.

Диапазон наступления события имеет различный шаг:

1. 20 лет – верхний предел.
2. 15 лет – нижний предел.
3. 36 лет – верхний предел.
4. 31 год – нижний предел.

Далее, авторами была описана логическая закономерность изменения шага (разницы) между событиями на основе представленных числовых соотношений.

- Факт 1 так относится к факту 2, как 4 к 3 (разница 25 %).
- Факт 2 так относится к факту 3, как 5 к 7 (разница 29 %).
- Факт 3 так относится к факту 4, как 7 к 6 (разница 15 %).

Таким образом, построив логическую закономерность, мы можем предположить, что последующие 2 события будут происходить на убывание в районе 1000 примерно через: с

шагом 7 к 6 15 % и потом скачок до 1200 с шагом 8 к 6 разница 30 %: 2055 год уровень 1000 см и 2086 год с уровнем 1200 см.

Помимо показателей уровня воды, необходимо рассмотреть погодные условия в дни катастрофических паводков в г. Орск. Изучив летопись погоды в Орске [3], была составлена таблица 3 с погодными условиями на апрель тех лет (см. таблицу 3).

Таблица 3

Статистические данные о погодных условиях в дни катастрофических паводков в г. Орск

Год	Дата происхож-дения паводка	Максимальная температура воздуха в год происхождения паводка (градусы Цельсия)	Минимальная температура воздуха в год происхождения паводка (градусы Цельсия)	Максимальное количество осадков в год происхождения паводка (мм)
1922	26 апреля	+34,2	-37,0	18
1942	30 апреля	+22,2	-37,5	10,7
1957	19 апреля	+22,3	-16,4	10
1993	3 мая	+21,7	-14,2	19
2024	5 апреля	+36,0	-29,0	34



Рисунок 3 – Статистические данные об уровне осадков при паводковых ситуациях в г. Орск Оренбургской области за 100 лет

Выводы по таблице 3: по этим данным можно сделать вывод, что все паводки происходили в апреле-мае, что указывает на их весенний характер, связанный с таянием снега и дождями. В годы с паводками наблюдались резкие перепады температур, также экстремально низкие зимние температуры (до -37,5 градусов), которые говорят о возможном накоплении большого снежного покрова, который затем таял.

Чтобы понять, есть ли линейная связь между уровнем осадков в годы катастрофических паводков и уровнем подъема воды в р. Урал авторами был проведен корреляционный анализ, в котором необходимо было рассчитать **коэффициент корреляции Пирсона (r)**, значение которого может быть от **-1** до **1**. Значения показателей были заранее переведены в Международную систему единиц (СИ) – в метры. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4

Корреляционная связь между уровнем осадков в годы катастрофических паводков и уровнем подъема воды в р. Урал во время происхождения катастрофических паводков в г. Орск

Год	Уровень воды в Урале у города Орск (см)	Максимальное количество осадков в год происхождения паводка (см)
1922	1200	0,18
1942	987	0,1070
1957	1200	0,1
1993	974	0,19
2024	1185	0,34
	Корреляция	0,273121064

Выводы по таблице 4: коэффициент корреляции равен 0,273. Это значение меньше 0,3, что указывает на слабую положительную корреляцию между осадками и уровнем воды. То есть, в годы с большими осадками уровень воды немного выше, но эта связь слаба и неустойчива. Можно сделать вывод, что наступление паводка зависит не только от климатических факторов.

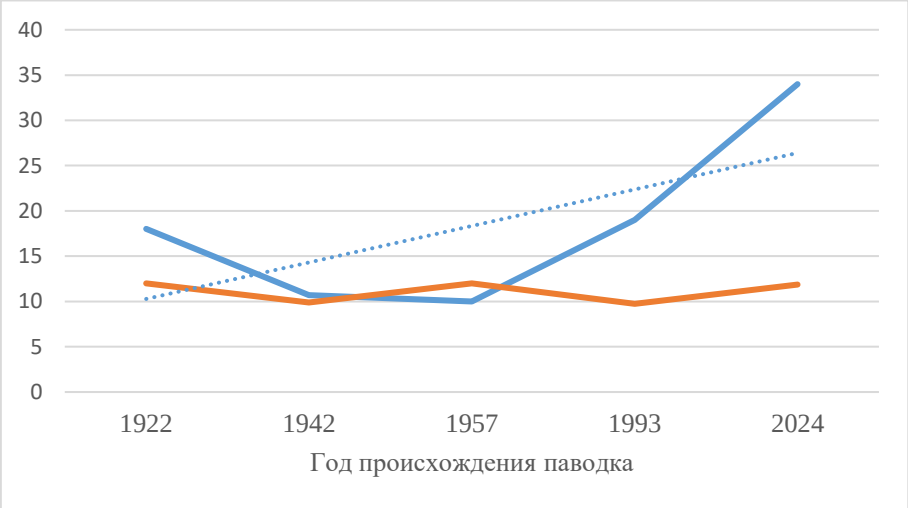


Рисунок 4 - Связь между уровнем осадков в годы катастрофических паводков и уровнем подъема воды в р. Урал во время происхождения катастрофических паводков в г. Орск

На данном графике представлены данные осадков в годы катастрофических паводков и уровнем подъема воды в р. Урал во время происхождения катастрофических паводков в г. Орск в разных единицах измерения для большей и лучшей наглядности.

На графике видно, что повышение осадков **не приводит** к пропорциональному повышению уровня воды. График наглядно показывает, что рост осадков и рост уровня воды не совпадают по тренду. Это подтверждает расчётный коэффициент корреляции.

Что касается паводка, произошедшего в 2024 году, то в сравнении с предыдущими катастрофами, есть некие различия: много осадков (в 1,8 раза больше среднего), и паводок произошёл на 2–3 недели раньше остальных.

Отсюда следует, что не только погодные условия напрямую влияют на скорость происхождения паводка. При анализе катастроф нельзя не учитывать только природные факторы как причину их возникновения, ведь, если обратить внимание на:

1) В 1922 году осадков было вдвое меньше (18 мм), и паводок был позже.

2) В 1993 году осадков было примерно столько же (19 мм), но из-за менее резкого потепления паводок случился в мае.

В 2024 году паводок был раньше и сильнее не только из-за погоды, но и из-за антропогенных факторов – прорыва дамбы.

Итого, факторами, влияющими на происхождение паводков, можно назвать следующие:

1. Климатические:

- Резкий перепад температур (морозная зима → быстрое потепление весной).
- Обильные осадки (дожди + таяние снега).
- Раннее потепление (ускоряет снеготаяние).

2. Антропогенные:

- Некачественная постройка дамбы (разрушение инфраструктуры).

Для понимания уровня влияния всех вышеперечисленных факторов, автором курсовой работы была составлена матрица факторного анализа, где факторы оценивались следующим образом:

- Вес фактора (W) – экспертная значимость каждого фактора, сумма = 1,0;
- Нормированная оценка влияния (О) – рассчитана по шкале от 1 до 5 на основе ранжирования и нормирования статистики. (где 5 – критически влияет);
- W × O – итоговая значимость фактора.

Расчеты матрицы факторного анализа производились следующим образом:

1) Работа производилась с 4 факторами: 3-мя климатическими и 1-м антропогенным.
2) Изначальные данные занесены в таблицу 5.

Таблица 5

Данные для матрицы факторного анализа о влиянии климатических и антропогенных условий на происхождение катастрофических паводков в г. Орск

№	Фактор	Тип	Вес (W)	Оценка (О, по 5-балльной шкале)
1	Резкий перепад температур	Климатический	0,30	5
2	Обильные осадки	Климатический	0,30	5
3	Раннее весеннее потепление	Климатический	0,20	4
4	Некачественная постройка дамбы	Антропогенный	0,20	5
Итого		–	**1,00**	–

3) Для расчета итоговой значимости было проведено перемножение веса и оценки для каждого фактора.

4) Затем, были произведены расчеты по группам факторов:

Климатические факторы (1–3): 1,50+1,50+0,80=3,8.

Антропогенный фактор (4): 1,0.

Матрица факторного анализа представлена в таблице 6.

Таблица 6

Матрица факторного анализа о влиянии климатических и антропогенных условий на происхождение катастрофических паводков в г. Орск

№ п/п	Фактор	Тип	Обоснование	Вес (W)	Оценка влияния (О, 1–5)	Итоговая значимость (W × O)
1	Резкий перепад температур (морозная зима	Климати-ческий	Быстрое снеготаяние после глубокой заморозки вызывает	0,30	5	1,50

	→ быстрое весеннее потепление)		резкое повышение уровня воды			
2	Обильные осадки (снег + дожди)	Климати-ческий	Увеличивают объём воды в реке, особенно при одновременном таянии снега	0,30	5	1,50
3	Раннее потепление весной	Климати-ческий	Смещает сроки половодья, может привести к одновременному притоку талых и дождевых вод	0,20	4	0,80
4	Некачествен-ная постройка дамбы / разрушение защитной инфраструк-туры	Антропо-генный	Приводит к прорыву воды в жилую зону, усиливает последствия паводка	0,20	5	1,00
Итог	–	–	1,00	–	4,80	

Выводы по таблице 6: общая значимость всех факторов: 4,80. Климатические факторы дают в сумме 3,80, а это примерно составляет 79 %. Антропогенный фактор даёт 1,00, что примерно составляет 21 %.

Итого, самыми опасными факторами являются: резкий перепад температур и обильные осадки, каждый с весом 1,50. Антропогенный фактор (состояние дамб) также значим и не может быть исключён – 1,00 балл. Общая сумма значимости всех факторов – 4,80, что позволяет их использовать при прогнозировании риска.

Вывод по исследованию. Цель исследования, а именно: рассчитать прогноз и вероятность безопасности для населения при ЧС природного характера (паводки и наводнения) в г. Орск Оренбургской области.

Задачи исследования, а именно:

1. Выявить ключевые факторы, влияющие на изменение уровня воды в г. Орске, и оценить степень их воздействия при возникновении ЧС природного характера.

2. Провести анализ взаимосвязей между выявленными факторами и уровнями воды.

3. Разработать прогностическую модель для оценки вероятности возникновения опасных уровней воды – решены.

Таким образом, проведенный анализ позволил выявить ключевые факторы, влияющие на возникновение паводков в г. Орске, и оценить степень их значимости. Наибольшую опасность представляют климатические факторы: резкие перепады температур (1.50 балла) и обильные осадки (1,50 балла), которые в совокупности формируют основную угрозу образования паводков. Антропогенный фактор (состояние дамб) также играет существенную роль (1,00 балл), усиливая риски при разрушении инфраструктуры. Полученные данные позволяют учитывать наиболее опасные климатические сценарии (резкое потепление и экстремальные осадки) при разработке превентивных мер, а также контролировать состояние защитных сооружений (дамбы) для минимизации антропогенных рисков.

Литература:

1. Что такое паводок, причины возникновения и чем он опасен [Электр. ресурс]. URL: https://moya-planeta.ru/travel/view/chto_takoe_pavodok (дата обращения: 21.05.2025).

2. AllRivers Уровень воды онлайн [Электр. ресурс]. URL: https://allrivers.info/gauge/ural-orsk/waterlevel (дата обращения: 12.05.2025).

3. История трех страшных наводнений [Электр. ресурс]. URL: https://www.ural56.ru/news/571541/ (дата обращения: 12.05.2025).