



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной гидрологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

На тему **Расчет максимального дождевого стока**  
**малых рек при отсутствии данных**  
**гидрометрических наблюдений**

Исполнитель Канашин Сергей Андреевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Сикан Александр Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Т.Н., Доцент

(ученая степень, ученое звание)

Каустов Виталий Александрович

(фамилия, имя, отчество)

« 06 » 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ .....	9
1.1. Краткий обзор методов расчета .....	9
1.2. Методика расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, представленная в СНиП 2.01.14-83 .....	12
1.3. Методика расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, представленная в СП 33-101-2003 .....	14
1.4. Альтернативные методы расчета интенсивности осадков и потерь стока .....	15
1.4.1. Расчет дождевых осадков .....	15
1.4.2. Расчет потерь осадков .....	18
1.5. Мировой опыт расчета дождевых паводков .....	20
1.5.1. Анализ ливневых осадков для целей гидрологического проектирования .....	20
1.5.2. Анализ повторяемости паводков .....	26
1.5.3. Оценка расчетных паводков .....	28
2. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ .....	34
2.1. Физико-географическая характеристика .....	34
2.2. Климат .....	39

3. РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО ДОЖДЕВОГО СТОКА ПО ФОРМУЛЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ .....	44
3.1. Исходные данные .....	44
3.2. Формула для расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, рекомендуемая СП 33-101-2003 .....	46
3.3. Разработка компьютерного шаблона для расчета максимальных расходов по формуле предельной интенсивности. ....	48
3.4. Исследование влияния параметров формулы предельной интенсивности на конечный результат расчета. ....	52
3.5. Проверка формулы предельной интенсивности на примере рек Волжского бассейна .....	57
3.6. Расчет максимальных расходов дождевых паводков малых рек по региональным формулам .....	61
3.7. Расчет максимального стока малых рек на урбанизированных территориях .....	63
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	69
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Основные гидрографические характеристики рек и их водосборов в пунктах гидрологических наблюдений .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Основные характеристики наибольших за многолетний период максимальных расходов дождевых паводков .....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Расчетные максимальные расходы воды дождевых паводков малых рек Волжского бассейна .....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Расчетные слои стока дождевых паводков малых рек Волжского бассейна .....	82

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Расчетные значения переходного коэффициента $\lambda_{p\%}$ .....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Расчетные параметры формулы предельной интенсивности .....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Результаты расчета по формуле предельной интенсивности .....	92

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с классификацией К.П. Воскресенского [1] основанной на учете общих закономерностей формирования стока различных водотоков можно выделить три категории рек: большие, средние и малые.

Большая река – протекающая в пределах нескольких географических зон. Режим ее является смешанным и зависит от климатических факторов, меняющихся не только во времени, но и по территории. Сток больших рек является транзитным в пределах отдельных географических зон и часто по величине несвойственен им.

Средняя река – протекающая в пределах одной географической зоны. Сток ее формируется в более или менее однородных физико-географических условиях. Она получает все виды питания в том характерном соотношении, которое свойственно данному физико-географическому району, и вследствие большого эрозионного вреза русла полностью дренирует подземные воды в пределах своего бассейна. Изменение стока средних рек по территории подчиняется закону географической зональности.

Малая река – имеет сток в течение всего года или кратковременно пересыхает, промерзает, и не полностью дренирует подземные воды. Сток малой реки может значительно отличаться от его зональной величины в данном районе вследствие влияния местных факторов. Он может быть, как больше, так и меньше ее.

В самостоятельную подкатегорию Воскресенский выделил временные водотоки (лога, балки, овраги), которые имеют поверхностный сток в отдельные кратковременные периоды весеннего половодья или выпадения интенсивных и продолжительных дождей.

Малые реки в общем случае имеют меньшую естественную зарегулированность стока, чем средние и большие и потому обладают большей изменчивостью стока, как в многолетнем, так и внутригодовом разрезе. В

частных же случаях малые реки вследствие преобладающего влияния одного какого-либо фактора (например, карста или озер) могут иметь более значительную естественную зарегулированность.

Как следует из Государственного доклада «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации» [2], подавляющее большинство водотоков, протекающих по территории России, имеют длину менее 10 км (2,6 млн. ед.), т. е. относятся к категории малых рек. Число малых рек, зарегистрированных в государственном водном реестре, составляет 117,6 тыс. ед. Их суммарная длина – около 95% общей длины рек страны.

Малые реки и ручьи – основной элемент русловой сети водосборных территорий. В их бассейнах проживает до 44% населения России и почти 90% сельского населения.

Несмотря на то, что малые реки и временные водотоки составляют большую часть всех водотоков на территории России, непосредственных гидрологических наблюдений на них производилось очень мало. Особенно мало изучены временные водотоки, наблюдения на которых производятся лишь на специально оборудованных стоковых станциях. Учитывая это, в большинстве случаев определять максимальные расходы малых рек приходится по эмпирическим формулам в зависимости от различных физико-географических и климатических факторов.

В настоящее время расчет максимальных расходов малых рек при выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий для строительного проектирования регламентируется Сводом Правил СП 33 101-2003 [3] и Методическими Указаниями [4]. В соответствии с этими нормативными документами расчет максимального дождевого стока малых рек должен производиться по формуле предельной интенсивности.

Хотя данная формула используется уже достаточно давно, она имеет целый ряд недостатков, в частности:

- Формула разработана на основе линейной модели формирования стока. В рамках этой модели предполагается, что время добегания на водосборе в период формирования максимума паводка остается постоянным.
- Учет потерь стока производится с помощью объемного коэффициента стока.
- Формула содержит более 10 параметров, которые определяются с разной степенью точности, что неизбежно приводит к накоплению ошибки расчета.

В результате – ошибка расчетного расхода, определенного по формуле предельной интенсивности в отдельных случаях может превышать 50% и даже 100%.

Учитывая сказанное, расчет по формуле предельной интенсивности требует от исследователя не только знания методики расчета, но и неформального подхода к оценке ее параметров.

Цель настоящей работы: проанализировать структуру формулы предельной интенсивности и разработать алгоритм минимизирующий ошибки расчета.

В связи с этим решались следующие задачи:

- Разработать компьютерный шаблон (в программе Microsoft Excel) для расчета максимальных расходов по формуле предельной интенсивности.
- Выявить параметры, оказывающие наибольшее влияние на конечный результат расчета.
- Дать рекомендации по повышению точности расчета.

Работа состоит из 3 глав введения и заключения.

В первой главе представлен краткий обзор существующих методов расчета максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Приведены методики расчета по

формуле предельной интенсивности согласно СП 33-101-2003 и СНиП 2.01.14-83. Рассмотрены методики, позволяющие рассчитать количество дождевых осадков и их потери. Изложены методы анализа ливневых осадков, повторяемости паводков и оценки расчетных паводков.

Во второй главе приведена краткая физико-географическая характеристика Волжского бассейна. Отдельно для бассейнов Верхней Волги, Нижней Волги и Камы рассмотрены рельеф, почвы и грунты, природные зоны исследуемых территорий, характеристика гидрологической сети. По каждому из бассейнов составлена краткая климатическая характеристика, включающая в себя описание температурного режима бассейна, режима осадков, направления преобладающих ветров и испарение.

В третьей главе приведены исходные данные, дано подробное описание формулы предельной интенсивности согласно СП 33-101-2003, представлен компьютерный шаблон для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Выполнен анализ влияния параметров формулы предельной интенсивности на конечной результат расчета и проверка формулы на примере рек Волжского бассейна. Представлены результаты расчета и выполнен их анализ. Даны описание методик для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек по региональным формулам и для расчета максимального стока с техногенно-нагруженных и селитебных территорий.

В разделе «Заключение» в краткой форме представлены результаты проведенного исследования.

Работа содержит 17 рисунков, 10 таблиц, 7 приложений и список литературы из 18 наименований. Общий объем работы 91 листов.

# 1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

## 1.1. Краткий обзор методов расчета

Расчетные формулы для определения максимальных расходов дождевых паводков при отсутствии материалов гидрометрических наблюдений многочисленны и разнообразны как по теоретическим принципам, положенным в их основу, так и по характеру используемых данных [5,6,7,8]. Вопросам расчета максимального стока посвящены работы Кестлина, Ф.Г. Зброжека, Н.Е. Долгова, М.М. Протодияконова, Н.Н. Чегодаева и Е.В. Болдакова, К.П. Воскресенского, Д.Л. Соколовского, Г.А. Алексеева и др. Эти формулы могут быть разделены на 3 основные группы:

- Редукционные формулы отражают убывание (редукцию) модуля максимального стока с возрастанием площади водосбора.
- Объемные формулы. В этих формулах максимальный расход зависит от слоя (объема) паводка и формы гидрографа.
- Формулы предельной интенсивности стока. При выводе этих формул предполагается, что максимальный модуль стока можно рассматривать, как предельную интенсивность эффективных осадков за время добегания дождевых осадков до замыкающего створа.

В наиболее простом случае редукционная формула имеет вид:

$$q_{P\%} = \frac{A}{(F+c)^n} k_{P\%} \delta, \quad (1.1)$$

где  $q_{P\%}$  – максимальный модуль дождевого стока обеспеченностью  $P\%$ ;

$F$  – площадь водосбора;

$n$  – районный показатель редукции;

- $c$  – параметр, учитывающий снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора;
- $A$  – элементарный модуль стока;
- $k_{P\%}$  – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения;
- $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;

Недостатком редуционной схемы является ограничение области ее применения в диапазоне малых площадей водосборов из-за невозможности надежного определения параметра « $c$ » по причине дефицита данных наблюдений на малых реках. При этом границу между «средними» и «малыми» водосборами в данном случае можно установить только эмпирически, условно приняв некоторое значение критической площади  $F_{кр}$ , ниже которой применение региональной зависимости (1.1) становится неэффективным.

Из объемных формул для максимумов дождевых паводков наиболее известна и долго применялась формула Д. Л. Соколовского (1943).

$$Q_{p\%} = \frac{k(h_{p\%} - h_0) \alpha_{p\%} F}{t_n} f \delta \delta_1 + Q_{гр}, \quad (1.2)$$

- $t_n$  – продолжительность подъема паводка в часах;
- $k$  – коэффициент размерности;  $k = 0,28$  если  $t_n$  в часах;
- $h_{p\%}$  – слой осадков за время расчетной продолжительности паводка;
- $h_0$  – слой начальных потерь осадков;
- $\alpha_{p\%}$  – коэффициент стока;
- $F$  – площадь водосбора;
- $f$  – коэффициент формы гидрографа (0,48-1,20);
- $Q_{гр}$  – расход грунтового питания;

- $\delta$  – коэффициент учитывающий снижение максимального расхода под влиянием озер;
- $\delta_1$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода под влиянием болот и лесов.

При расчете максимальных расходов дождевых паводков на малых реках наибольшее распространение получила формула предельной интенсивности.

Эта формула может быть получена из схемы изохрон в виде:

$$q_p = 16.67 \bar{\alpha}_{\tau_\delta, P}, \quad (1.3)$$

где  $\alpha_{\tau_\delta}$  – максимальная интенсивность водоотдачи за время добегания воды по склонам и русловой сети.

Если представить  $\bar{\alpha}_{\tau_\delta}$  как произведение максимальной интенсивности дождя  $\bar{I}_{\text{макс}, \tau, P}$  на коэффициент стока  $\varphi$  и учесть регулирующее влияние бассейна через коэффициент  $\delta$ , то формулу предельной интенсивности можно записать как:

$$Q_p = 16.67 \varphi \bar{I}_{\text{макс}, \tau, P} F \delta \quad (1.4)$$

Одним из самых востребованных методов является метод ГГИ 1970 г., в котором используется формула предельной интенсивности для водосборов с площадями менее 50-200 км<sup>2</sup>. В основе метода лежат формулы (1.3) и (1.4), привязанные к обеспеченности  $P = 1\%$ :

$$q_{1\%} = 16.67 \varphi \bar{\psi}(\tau_\delta) N_{1\%} \quad (1.5)$$

Для перехода к другим обеспеченностям необходимо ввести переходной коэффициент  $\lambda_p$ .

Особенностями данной методики являются определение коэффициента стока и бассейного времени добегания  $\tau_\delta$ :

$$\tau_\delta = 1.2 \tau_p^{1.1} + \tau_{\text{ск}} \quad (1.6)$$

Коэффициент стока  $\varphi$  дифференцированы по следующим знакам: категория почвогрунтов, суточный слой осадков 1%-й обеспеченности и площадь водосбора [10].

## 1.2. Методика расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, представленная в СНиП 2.01.14-83

В данном нормативном документе предусмотрен расчет по формуле предельной интенсивности для малых бассейнов: в тундровой и лесной зонах с площадью водосбора менее 50 км<sup>2</sup>, в прочих районах – менее 100 км<sup>2</sup> (кроме Крыма, где в качестве критической принята площадь 200 км<sup>2</sup>). Формула предельной интенсивности стока имеет вид:

$$Q_p = 16.67 \bar{\psi}(\tau_{\sigma}) \varphi H_{1\%} \delta \lambda_p F, \quad (1.7)$$

где  $\varphi$  – сборный коэффициент стока, определяемый на основании фактических данных по малым рекам обратным вычислением:

$$\varphi = \frac{q_{1\%}}{16.67 \bar{\psi}(\tau_{\sigma}) H_{1\%}} \quad (1.8)$$

Для разработки рекомендаций по определению сборного коэффициента  $\varphi$ , были выполнены расчеты сборного коэффициента стока  $\varphi_{10}$  приведенного к стандартной площади  $F = 10$  км<sup>2</sup>. Проведенные исследования зависимости  $\varphi_{10}$  от уклона водосбора и типов почв и их механического состава показали, что учет этих факторов необходим. Выявлено, что значения сборных коэффициентов  $\varphi_{10}$  для одних и тех же почвогрунтов в разных природных зонах различны.

В окончательном виде формула принята в виде:

$$\varphi = \frac{c_2}{(F + 1)^{n_6}} \varphi_0 \frac{i_6^{n_6}}{50}, \quad (1.9)$$

где  $\varphi_0$  – сборный коэффициент стока для стандартного водосбора с площадью

10 км<sup>2</sup> и средним уклоном  $i = 50 \text{ ‰}$ ;

$c_2$  – эмпирический коэффициент для лесной и лесотундровой зон.

Коэффициент  $c_2$  для лесной и лесотундровой зон принимается равным 1,2, для остальных зон – 1,3. Показатель  $n_6$  для лесной и лесотундровой зон равен 0,07, для остальных зон – 0,11. При  $i_b > 150 \text{ ‰}$  коэффициент  $\varphi$  определяется по формуле (1.8) как при  $i_b = 150 \text{ ‰}$ .

Для горных районов непосредственная связь сборного коэффициента стока  $\varphi$  со средним уклоном водосбора отсутствует из-за пестроты условий формирования стока.

Формула для определения максимальных расходов воды неизученных рек имеет вид:

$$Q_p = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_p F, \quad (1.10)$$

где  $q'_{1\%}$  – модуль стока, приведенный к площади  $F = 10 \text{ км}^2$ ;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий снижение максимального стока рек, зарегулированных проточными озерами.

При наличии реки-аналога сборный коэффициент  $\varphi$  следует определять по формуле (1.9), используя данные аналога, а затем привести к условиям рассматриваемого водосбора с помощью формулы:

$$\varphi = \varphi_a \frac{i_b^{n_6}}{i_{b,a}^{n_6}} \frac{F_a + 1}{F + 1}^{n_6}, \quad (1.11)$$

где  $\varphi_a$  – сборный коэффициент стока реки-аналога;

$i_{b,a}$  – средний уклон водосбора реки-аналога;

$F_a$  – площадь водосбора реки-аналога.

### 1.3. Методика расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, представленная в СП 33-101-2003

Расчетная формула типа III для определения  $Q_{P\%}$  на водосборах площадью менее 200 км<sup>2</sup> имеет вид:

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{P\%} A, \quad (1.12)$$

где  $q'_{1\%}$  – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , определяют в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла  $\Phi_p$  и продолжительности склонового добега  $\tau_{ск}$ :

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi H_{1\%}}, \quad (1.13)$$

где  $\varphi$  – сборный коэффициент стока;

$H_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P=1\%$ , мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций;

$\lambda_{P\%}$  – переходной коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P < 25\%$ .

$$\Phi_p = \frac{1000L}{m_p I_p^m A^{0.25} (\varphi H_{1\%})^{0.25}}, \quad (1.14)$$

где  $m_p$  и  $m$  – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока;

$I_p$  – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;

$L$  – гидрографическая длина водотока.

#### 1.4. Альтернативные методы расчета интенсивности осадков и потерь стока

Представленные в СП 33-101-2003 методы расчета максимального дождевого стока не являются идеальными и требуют дальнейшего совершенствования. Поэтому целесообразно рассмотреть методы расчета осадков и потерь, которые в течение определенного времени применялись в практике гидрологических расчетов, но не входят СП 33-101-2003.

##### 1.4.1. Расчет дождевых осадков

В России для расчета интенсивности и слоя дождевых осадков долгое время использовалась формула:

$$i = \frac{S}{(T+1)^{0,67}} \text{ мм/мин}, \quad (1.15)$$

где  $i$  – интенсивность ливня, имеющего продолжительность  $T$  минут;

$S$  – наибольшая мгновенная интенсивность ливня в данном климатическом районе, мм.

Согласно исследованию ГГИ:

$$S = A + B \lg N, \quad (1.16)$$

где  $N$  – число лет, в течение которого можно ожидать ливень данной интенсивности, равное средней повторяемости расчетного максимума;

$A$  и  $B$  – географические параметры, отражающие характер выпадения дождей в данном районе.

Для значений наибольшей интенсивности ливня  $S$  расчетной повторяемости 50, 10, 1 и 0,1% Европейской части России составлены

картограммы. Для других частей России величина  $S$  может быть определена непосредственно по формуле (1.16).

Преобразуя формулу (1.16) можно получить количество осадков за заданный промежуток времени  $T$ :

$$H = (A + B \lg N) T^{0.33}, \quad (1.17)$$

Основным недостатком формулы является то, что слой осадков, вычисляемый по формуле, может неограниченно возрастать с увеличением времени  $T$ . В действительности же пределом расчетного количества осадков является суммарный слой осадков за весь дождь данной повторяемости  $N$ . Вследствие этого при расчетах по формуле осадков за большие промежутки времени, например, за сутки ( $T = 24$  часам), получается преувеличение  $H$ . Вместе с тем формула не дает возможности расчета суммарного слоя осадков за весь дождь. Поэтому данной формулой можно пользоваться только при расчетах максимальных расходов малых водотоков с временем добегания стока не более 8—10 часов. Для более значительных водотоков приходится вводить специальные эмпирические коэффициенты для уменьшения продолжительности осадков в сравнении с временем добегания [1].

Стоит отметить, что ливни локального происхождения, составляющие около 20% всех дождей, охватывают площади порядка сотен, реже тысяч километров.

Исключительно интенсивные ливни выпадают на ограниченной территории, вызывая катастрофические паводки на малых реках и временных водотоках.

Расчет слоя осадков за дождь какой-либо повторяемости может быть сделан путем построения кривой обеспеченности суммарных количеств осадков за отдельные дожди в году, используя материалы наблюдений ближайшей к речному бассейну метеорологической станции.

Вследствие большой асимметрии кривых распределения сумм осадков за дожди, применяющиеся в гидрологии кривые распределения плохо соответствуют эмпирическим точкам осадков.

На этом основании Г. А. Алексеев предложил особую кривую распределения, отвечающую уравнению:

$$H = \alpha(\lg \bar{m} + \lg N)^n, \quad (1.18)$$

где  $H$  – слой осадков за сутки, который может превышен один раз в  $N$  лет в мм;

$\bar{m}$  – среднее число дней с осадками за теплый период года;

$n$  – показатель степени, характеризующей коэффициент вариации и асимметрии суточных величин осадков;

$\alpha$  – параметр, пропорциональный среднему суточному количеству осадков, причем:

$$\alpha = k \frac{\bar{W}}{m}, \quad (1.19)$$

где  $k$  – коэффициент, который для практических расчетов может быть принят равным среднему значению 2,62;

$\bar{W}$  – норма осадков за теплый сезон;

Параметр  $n$  определяется путем подбора, исходя из условий спрямления кривой обеспеченности осадков. Параметры кривой обеспеченности  $\bar{m}$  и  $\bar{W}$  могут быть определены по данным наблюдений отдельных метеорологических станций

Для перехода от слоя осадков за весь дождь к слою осадков за его наиболее интенсивную часть следует использовать формулу, рекомендованную Г.А. Алексеевым:

$$H_\tau = \frac{0.20H_\tau}{\sqrt{H + 0.20\tau}}, \quad (1.20)$$

Для расчета максимальных расходов малый водотоков необходимо также учитывать распределение осадков или изменение интенсивности во времени.

Д.Л. Соколовский считает, что для расчета дождевых паводков должны быть использованы типичные, выдающиеся, критические ливни и дожди, характерные для различных районов [5]. При этом для расчетов должна быть использована эффективная часть дождя, формирующая паводок. Часто ограничиваются схематизацией ливня по какой-либо геометрической фигуре, например, по треугольнику или по фигуре, ограниченной двумя сходящимися параболами [1].

#### 1.4.2. Расчет потерь осадков

В формировании паводков принимают участие принимает участие лишь часть осадков. Потери осадков на инфильтрацию в почву при интенсивных дождевых паводках составляют более 70-80% от общего числа выпавших осадков.

Потери осадков происходят и в последующие стадии образования стока. Начиная с просачивания в различные трещины и крупные поры и заканчивая впитыванием в капиллярные ходы и фильтрацию.

Для расчетов потерь осадков на инфильтрацию необходимы кривые инфильтрации, выражающие закономерности инфильтрации для водосбора в целом. Методика построения кривых инфильтрации для неизученных бассейнов отсутствует.

Невозможность практического учета потерь осадков на инфильтрацию в течении всего паводка привела к необходимости учета этих потерь следующими способами:

1. Путем вычитания слоя потерь из слоя осадков;
2. Путем умножения слоя осадков на коэффициент стока.

В первом способе принимается, что интенсивность осадков не изменяется во времени, следовательно, величина осадков будет зависеть от соотношения интенсивности осадков к некоторой средней интенсивности осадков. Во втором случае, принято, что всегда существуют потери определенной части осадков. Таким образом, осадки стекают даже, когда их интенсивность меньше интенсивности инфильтрации, т.е. они полностью расходуются на впитывание.

Несмотря на недостатки обоих методов, они используются в практике гидрологических расчетов. В действительности точность определения потерь осадков зависит в основном от обоснованности принятой шкалы потерь и коэффициентов стока. Однако, правильным учет потерь можно считать только при построении кривой инфильтрации.

Г.А. Алексеев приводит следующее выражения для определения слоев стока за дождевой паводок:

$$h = (\sqrt{H} - \sqrt{H_0})^2, \quad (1.21)$$

где  $h$  – слой стока за паводок заданной обеспеченности в мм;

$H$  – слой осадков за дождь в мм;

$H_0$  – слой начальных потерь в мм.

$$H_0 = \frac{k}{\gamma}, \quad (1.22)$$

где  $k$  – интенсивность инфильтрации в мм/мин;

Коэффициент  $\gamma$  характеризует соотношение между суммарным слоем осадков и максимальной мгновенной интенсивностью дождя и различается исходя из климатической зоны.

Начальный слой потерь может быть рассчитан по реке-аналогу по формуле (1.22).

## 1.5. Мировой опыт расчета дождевых паводков

### 1.5.1. Анализ ливневых осадков для целей гидрологического проектирования

Для оценивания паводкового потенциала, выполняемого в ходе гидрологического проектирования, необходимы данные о количестве осадков определенной продолжительности и повторяемости в данном пункте. Использование метода генерирования возможного количества осадков имеет большую ценность для территорий, где нет наблюдений за паводками или в тех случаях, когда ряды наблюдений являются недостаточно длинными или неоднородными из-за изменения характеристик водосбора.

#### *Интенсивность дождевых паводков*

В обычной инженерной практике результатом частотного анализа точечных осадков являются соотношения, связывающие либо интенсивность, продолжительность и повторяемость, либо толщину слоя, продолжительность и частоту осадков, наблюдаемых на каждом осадкомерном посту. Эти соотношения общедоступны в интервале от пяти минут до двух дней и с периодом повторяемости от двух до ста лет. Из-за неопределенности, связанной с экстраполяцией, количество дождевых осадков не оценивается для периодов повторяемости, которые в два раза больше, чем ряд наблюдений. Были разработаны эмпирические коэффициенты, которые выражают соотношения между интенсивностью, продолжительностью, повторяемостью и продолжительностью, повторяемостью и слоем:

$$i = \frac{aT}{t^c + b}; \quad (1.21)$$

$$i = a(t - b)^{-c}, \quad (1.22)$$

где  $i$  – средняя интенсивность осадков в мм/ч;

$t$  – продолжительность осадков в минутах или часах;

$T$  – период повторяемости, лет.

$a, b, c$  – параметры, меняющиеся в зависимости от расположения и периода повторяемости

*Временная и пространственная экстраполяция оценок точечных дождевых паводков*

Оценки квантилей точечных дождевых осадков продолжительностью и с периодом повторяемости, не показанными на карте, могут быть найдены при помощи интерполяции. При отсутствии пригодных для интерполяции данных об осадках за короткие промежутки времени в данной точке или поблизости режим дождевых осадков может быть оценен по имеющимся косвенным данным. К таким косвенным данным относятся среднегодовые осадки и среднее в году число дней с дождями, которые можно определить по картам или вычислить.

При отсутствии пригодных для интерполяции данных об осадках за короткие промежутки времени в данной точке или поблизости режим дождевых осадков может быть оценен по имеющимся косвенным данным. К таким косвенным данным относятся среднегодовые осадки и среднее в году число дней с дождями, которые можно определить по картам или вычислить.

Следует отметить, что применение данных расчетов в некоторых регионах может привести к ошибочным результатам. Например, в регионах, где большая часть дождевых осадков выпадает при грозах, эти отношения будут занижать фактические величины. С другой стороны, в регионах, где выпадение большей части дождевых осадков связано с орографическими факторами и слабо зависит от конвективной деятельности, применение этих соотношений может привести к завышенному результату.

Если частотному анализу подвергается большое количество данных по дождевым осадкам по какому-либо региону, такие ряды ограничиваются

данными со сравнительно небольшого числа наблюдательных станций с надежными рядами данных наблюдений в течение, по крайней мере, десяти лет. Затем рассчитываются средние значения для годовых рядов данных, которые используются для подготовки графиков.

Другой метод оценивания квантилей экстремальных дождевых осадков для мест, где данные о дождевых осадках отсутствуют, основан на использовании региональных карт статистических данных о дождевых осадках.

Таким образом, главная трудность для инженеров и гидрологов заключается в получении репрезентативной информации об экстремальных дождевых осадках в заданном пункте. Станции для измерения осадков не всегда находятся в непосредственной близости к интересующей точке или для них нет рядов наблюдений достаточной продолжительности для того, чтобы получить надежные оценки дождевых осадков. Необходимо проверять карты повторяемости дождевых осадков, поскольку иногда они составлены на основе небольшого количества данных, полученных по весьма ограниченной территории, и интерполяция характеристик дождевых осадков к другим территориям может привести к серьезным погрешностям.

#### *Интегральные кривые дождевых осадков*

Первым шагом в изучении дождевых осадков является построение интегральной кривой для каждой станции или для ряда репрезентативных станций. Интегральные кривые строятся по данным самописца соответствующей метеорологической станции. Если станция не оборудована самописцем, то интегральные кривые строятся путем сравнения с кривыми, полученными по станциям со самописцами при помощи коэффициентов пропорциональности. При это необходимо учитывать перемещение ливня, время его начала и окончания, и наибольшей интенсивности.

Интегральные кривые строятся путем суммирования максимальных величин дождевых осадков за различные интервалы времени (6, 12, 18, 24 часов и др.)

### *Анализ зависимости между продолжительностью, площадью охвата и слое дождевых осадков*

Анализ зависимости между продолжительностью, площадью охвата и слоем осадков позволяет получить ряды данных, полезных для проектирования сооружений по защите от наводнений, а также для исследования по численному прогнозированию осадков.

Данные наблюдений за осадками на отдельных пунктах (суточные суммы осадков) рассматриваются в сочетании с наблюдениями по нескольким самописцам, которые содержат сведения об интенсивности кратковременных ливневых осадках. Реже данные уточняются с помощью опроса, синоптических карт, данных радиолокаторов, сведений о подъеме уровня малых рек.

Затем на основе таблиц приращений максимальных осадков составляются карты изогий для каждого интервала продолжительности (например, 6 или 12 часов). Далее оценивается площадь, прилегающая к каждой. С помощью полученных значений строится график зависимости слоя осадков от площади охвата. Как правило, слой осадков выражают в линейном масштабе, а площадь – в логарифмическом.

### *Основные методы расчета максимально возможных осадков*

Термин «максимально возможные осадки» применяется, когда речь идет о количестве осадков близком к верхнему пределу для заданной продолжительной в данном бассейне. Понятия «максимально возможные осадки» и «экстремальные осадки» используются приблизительно в одинаковом значении.

Существует три метода расчета максимальных осадков: метод транспозиции, обобщенный метод, метод статистического оценивания.

### *Метод транспозиции данных о ливне*

Транспозиция – это процесс переноса сильного ливня из одного места в другое в условиях метеорологически однородной зоны.

Главное условие при транспозиции данных о максимально возможных осадках заключается в том, что рассматриваемый район и район, в котором прошел ливень схожи по географическим и синоптическим условиям.

Необходимо провести локализацию карт изогет. Перенос должен соответствовать элементам мелкомасштабной орографии исследуемого водосбора, например, местности, окружающей русло реки.

По мимо этого производится корректировка транспозиции, которая заключается в ведении геометрических и географических поправок для исследуемого водосбора

#### *Обобщенный метод оценивания*

Данный метод предназначен для оценивания максимально возможных осадков как для неорографических, так и орографических районов. Для неорографических районов ливневые осадки обуславливаются происхождением метеорологическими системами, для орографических районов метеорологическими системами и орографическими системами.

Обобщенный метод включает в себя 4 этапа:

1. максимизация сильных фактических ливней;
2. транспонирование максимизированных ливней в изучаемый район;
3. сглаживание огибающих кривых и соотношение их с данным, включающими сглаженные соотношения слоя и продолжительности, слоя и площади, продолжительности и площади;
4. определение максимально возможного ливня на рассматриваемом водосборе.

#### *Метод статистического оценивания*

Это приближенный метод оценивания максимально возможных осадков для маленьких водосборов площадью до 1000 км<sup>2</sup>.

Из-за недостатка данных о влажности и ветре, в данном методе вместо величины максимально возможных осадков транспонируется абстрактная статистическая величина  $K_m$ .

$$K_m = \frac{X_m - \overline{X_{n-1}}}{S_{n-1}}, \quad (1.23)$$

где  $X_m$  – первый член в упорядоченном  $m$ -ряде наблюдений, т.е. имеющий очень большое значение;

$\overline{X_{n-1}}$  – среднее за исключением очень большого значения;

$S_{n-1}$  – среднеквадратическое отклонение, за исключением очень большого значения.

С увеличением числа рассматриваемых районов и используемых данных значение  $K_m$  будет ближе к значению, соответствующему максимально возможным осадкам.

Переход от величины  $K_m$  к максимально возможным осадкам осуществляется по формуле:

$$PMP = \overline{X_n} + K_m S_n, \quad (1.24)$$

где  $X_n$  – среднее значение осадков на водосборе;

$S_n$  – среднеквадратическое отклонение.

#### *Расчетный ливень*

Расчетный ливень (расчетная кривая распределения дождевых осадков) – это временной ход дождевых осадков, который определен для использования при проектировании гидротехнического сооружения [9].

Кривую распределения дождевых осадков можно получить путем определения слоя осадков из соотношения слоя, продолжительности и повторяемости. Затем к известному слою дождевых осадков добавляют

поправочный коэффициент для площади и определяют распределение слоя дождевых осадков во времени.

### *Засуха*

Засуха представляет собой экстремальное гидрологическое явление, когда продолжительное время наблюдается недостаток воды в результате нарушения гидрологического цикла.

Если рассматривать засуху с метеорологической точки зрения, то производится оценка засушливого периода. Одним из видов анализа является сравнение суммарных дождевых осадков за определенный промежуток времени и нормой. Для учета распределения осадков во времени вместо осадков можно использовать индекс предшествующего увлажнения.

Суровость гидрологической засухи определяется величиной отклонения от нормы минимального стока и почвенных запасов воды в сочетании с сильным понижением уровня грунтовых вод.

### 1.5.2. Анализ повторяемости паводков

Зачастую возникает необходимость учета повторяемости объемов паводка и максимальных расходов воды. В таком случае можно воспользоваться многомерным гидрографом паводка.

Целью расчета повторяемости паводка и дождевых осадков является установление связи между величиной паводка или слоем дождевых осадков и их повторяемостью или вероятностью наступления в будущем [9].

Наиболее простой и эффективный способ оценивания повторяемости паводков является «подгонка» одного из распределений повторяемости. Однако надежные оценки параметров распределения не всегда могут быть получены из-за недостаточной длины ряда наблюдений.

### *Обобщение характеристик паводка по району*

Для пункта, не имеющего большого количества наблюдений, рекомендуется использовать региональный анализ повторяемости квантилей характеристик паводка. В данном методе существует два этапа:

1. уточнение границ гидрологически однородных районов и определение гидрометрических постов со сходным режимом;
2. перенесение информации с водомерных постов, на которых она была получена, на рассматриваемые пункты.

Однородные районы можно определить следующими способами:

- как фиксированные географически сопредельные районы;
- как географически разрозненные районы;
- как граничащие между собой районы с соответствующими станциями.

Для уточнения контура однородных районов можно использовать два метода:

- метод области влияния (гидрометрический пост рассматривается как центр своего района)
- канонический корреляционный анализ (идентификация постов со схожим режимом в исследуемом пункте)

Второй этап регионального анализа заключается в получении информации о паводках в виде квантилей. Регионального оценивание может быть выполнено с помощью метода индексов паводка или регрессионных методов.

### *Метод индекса паводков*

Метод заключается в построении безразмерной кривой обеспеченности для однородного района. Безразмерной кривая становится путем деления ординат кривой на некий индекс, например, таким может являться период повторяемости паводка. На втором этапе строится зависимости между

климатическими и физическими характеристиками исследуемого водосбора и индексом.

#### *Регрессионные методы*

Используя региональный метод, основанный на регрессии, величина паводка для каждой станции оценивается на основании анализа повторяемости с использованием предварительно выбранного распределения. Параметры уравнений, связывающих паводковый расход определенной повторяемости с характеристиками водосбора, можно получить используя, например, метод наименьших квадратов или метод взвешенных наименьших квадратов.

Получаемое уравнение регрессии необходимо проверить на региональную однородность для проверки смещения погрешностей регрессии с учетом особенностей местности.

Преимуществом регрессионных методов можно считать их вариативность при выборе типа распределения. Региональные методы, основанные на регрессии, также можно применять при учете пиков паводка, выходящих за пороговые значения (распределение Парето или распределение Вейбулла).

#### 1.5.3. Оценка расчетных паводков

Расчетный паводок представляется в виде гидрографа паводка или максимального мгновенного расхода [9]. Риск разражения проектируемого объекта равен вероятности появления паводка, превышающего расчетный. При определении расчетного паводка важной особенностью является характеристика паводка, которая принимается основной причиной разрушения объекта.

Таблица 1.1 – Параметры расчетного паводка

Параметр расчетного паводка	Тип проектируемого сооружения
Максимальный расход воды	Переход трубопроводов, мостовые переходы, водосливы, отверстия

Параметр расчетного паводка	Тип проектируемого сооружения
	водосброса малых плотин и дамб
Максимальный уровень воды	Берегоукрепительные сооружения, отверстия между опорами мостов, зоны затопления при проектировании шоссе и железных дорог
Объем стока	Противопаводочные водохранилища
Гидрограф паводочного стока	Учет наложения нескольких паводков при проектировании систем защиты от паводка ниже устьев крупных притоков и эксплуатации водохранилищ

В практике гидротехнического строительства применяют следующие типы расчетных паводков:

- расчетный водосбросный паводок – паводок, который должен пропускать водослив без угрозы разрушения плотины;
- строительный паводок – максимальный расход воды, по величине которого устанавливают меры защиты от паводка;
- максимально возможный паводок – максимальный расход воды, которой можно ожидать на рассматриваемом участке при критическом сочетании всех факторов. Такой паводок принимается в качестве максимального расхода для обеспечения наивысшей степени безопасности сооружения.

#### *Максимально возможный паводок*

Расчет максимально возможного паводка осуществляется исходя из величины максимально возможных осадков или самого критического сочетания максимальной интенсивности снеготаяния и максимально возможных дождевых осадков.

Преобразование дождевых осадков в максимально возможный паводочный сток можно выполнить с помощью модели «дождевые осадки – сток», которая имеет ряд особенностей:

- упрощение методов подсчета инфильтрации, так как влияние на сток начального увлажнения почвы и инфильтрации во время выпадения осадков меньше по сравнению с влиянием этих факторов в нормальных условиях;
- для подбора единичного гидрографа паводка необходимо использовать методы, которые позволяют получить наибольший паводок.

Параметры максимального возможного паводка необходимо сравнить с соответствующими параметрами кривых распределения, полученных на основе фактических наблюдений. Данная процедура позволяет выполнить контроль, что максимально возможные паводки имеют более редкую повторяемость, выходящую за пределы наблюдаемых паводков.

#### *Стандартный проектный паводок*

Стандартный проектный паводок обычно составляет 50 процентов от максимального возможного паводка. Методика его определения схожа с правилами расчета максимального возможного паводка. Стандартный проектный паводок должен представлять крайне редкое события и не может быть превышен более чем на несколько процентов от выдающегося паводка, наблюдаемого на рассматриваемой территории.

#### *Методы определения расчетного паводка*

Выбор метода определения расчетного паводка зависит от вида, количества и качества данных, а также от типа информации о расчетном паводке [9]. Подбор метода чаще всего производится субъективно и интуитивно. В зависимости от данных существующие методы можно разделить на эмпирические, основанные на повторяемости и отражающие соотношение «дождевые осадки-сток».

#### *Эмпирические методы*

Эмпирические формулы зачастую используются для получения грубых оценок верхнего предела расходы для исследуемого пункта. Использование

эмпирических формул ограничивается рассматриваемым районом. Также недостатком данного метода является трудность оценивания повторяемости, полученного на их основе.

При наличии наблюдений по большому количеству станций максимальные расходы паводков можно нанести на клетчатку и полученное поле точек огибается сглаженной кривой. Данные кривые особенно полезны, когда по каждой станции имеются ограниченные выборки. Однако использование такого метода дает грубые оценки и позволяет уточнить порядок величины паводочного стока.

#### *Рациональный метод*

Данный метод относится к модели типа «дождевые осадки – сток» и является одним из самых старых и уравнений данного типа:

$$Q_p = 0.278CiA, \quad (1.25)$$

где  $C$  – коэффициент стока (безразмерный);

$i$  – интенсивность осадков (мм/ч) выбранной продолжительности и повторяемости;

$A$  – площадь водосбора (км<sup>2</sup>).

Рациональный метод в основном используется для получения грубых оценок при отсутствии данных для использования других методов. Уязвимыми местами данного метода является выбор коэффициента стока и предположение о дождевые осадки. Верхний предел использования данного метода не установлен (от 40 до 500 га), но применяться он должен ограниченно.

#### *Единый гидрограф Службы охраны почв*

Самым простым методом является метод единого гидрографа, который предполагает, что формой гидрографа является просто треугольник.

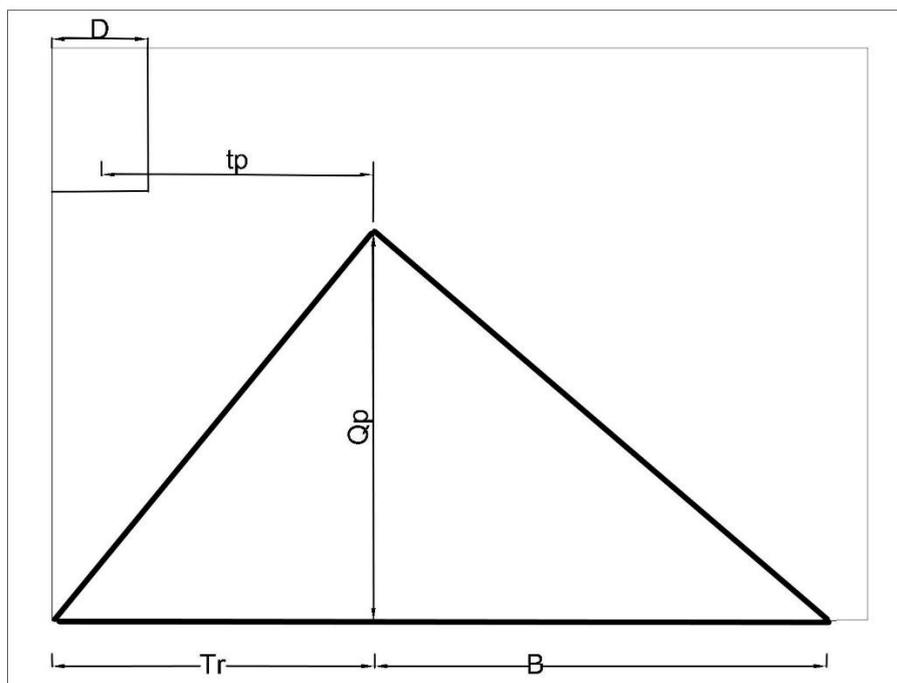


Рисунок 1.1 – Треугольный единичный гидрограф.

Пиковый расход определяется по формуле:

$$Q_p = \frac{0.208AQ_R}{T_R}, \quad (1.26)$$

где  $T_R$  – время до пика (часы);

$Q_R$  – глубина стока для расчета единичного гидрографа (мм);

$A$  – площадь водосбора (км<sup>2</sup>).

Время до пика можно выразить следующим уравнением:

$$T_R = \frac{D}{2} + t_p, \quad (1.27)$$

где  $D$  – продолжительность осадков (часы);

$t_p$  – время отклика водосбора (часы) на дождевые осадки.

Данный метод широко используется благодаря своей простоте, доступности информации и в связи с тем, что он дает адекватные результаты.

*Концептуальные модели гидрографа паводков*

В связи с развитием информационных технологий и теоретической гидрологии появляются все большие возможности для использования данных дистанционного зондирования, ГИС-систем, верификации параметров модели в пространстве и времени.

Исходя из вышесказанного можно выделить несколько наиболее используемых разработанных моделей:

- НЕС-1. Данная модель позволяет пользователю выбирать из разнообразия подмоделей, которые моделируют инфильтрацию и сток. Главной особенностью метода является то, что сток рассчитывается от одного ливня;
- модель SWMM состоит из модуля стока, транспортного стока и модуля хранения/восстановления стока. Наиболее полная модель для городского стока;
- модели SCS-TR20 (с/х территории) и SCS-TR55 (городские территории) используют метод номера кривой для расчета гидрографа стока, полученного с единичного ливня, проходящего через дренажные системы и водохранилища.

## 2. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование формулы предельной интенсивности проводилось на примере рек Волжского бассейна, включая бассейны Верхней Волги, Нижней Волги и Камы.

### 2.1. Физико-географическая характеристика

#### *Верхневолжский бассейн*

Бассейн Верхней Волги расположен в центре Восточно-Европейской равнины. По большей части равнинная территория бассейна представляет собой чередование низменностей и возвышенностей с колебанием абсолютных отметок в пределах от 100 до 300 м [11]. Рельеф рассматриваемой территории осложнен осадочными породами, покрытыми покровом лессовидных отложений мощностью до нескольких метров.

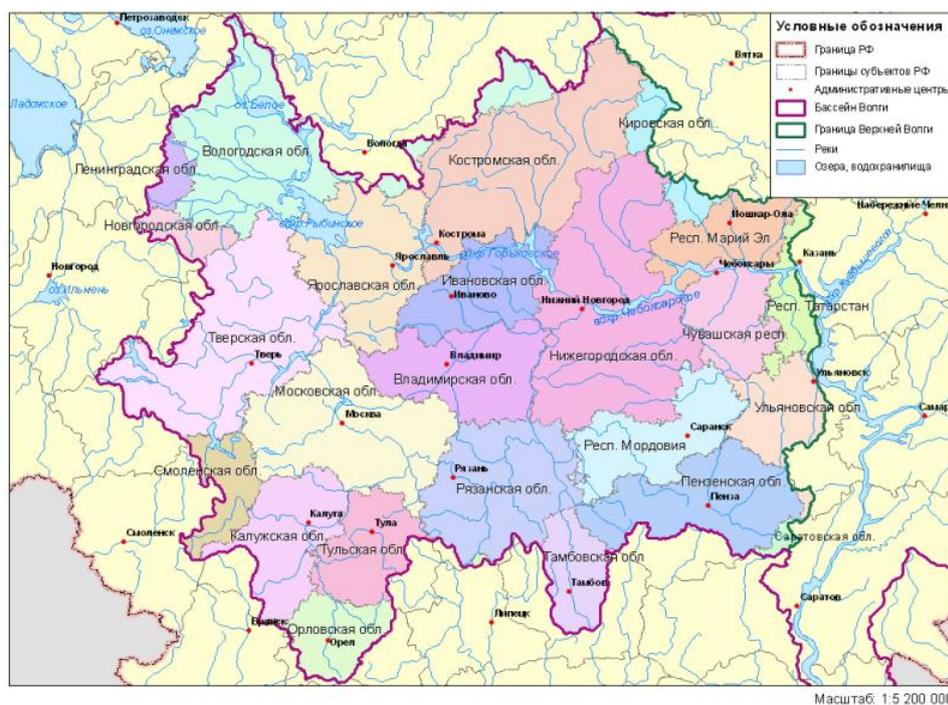


Рисунок 2.1 – Административно-территориальное деление Верхней Волги.

Преобладающими почвами на территории бассейна являются занята дерново-подзолистые (> 50%), имеющие разнообразный механический состав, однако наиболее распространены глинистые и тяжелосуглинистые почвы (23,6 %). Из-за большого влияния хозяйственной деятельности на территории Верхневолжского бассейна в естественном состоянии почвы сохранились лишь на 20% от общей площади бассейна.

В бассейне Верхней Волги представлены таежная зона, зона смешанных лесов, а также лесостепная зона. Лесистость бассейна в среднем составляет 38 – 40%, достигая 70% в южной тайге и до 10% в лесостепных районах [11]. Общая площадь лесов составляет 325000 км<sup>2</sup> (50,2% территории региона). Большая часть лесов исследуемого района имеет вторичное происхождение, в следствии чего регулирующие функции данных областей значительно отличаются по сравнению с естественными ландшафтами.

Структура речной сети бассейна Верхней Волги значительно меняется по территории. Большинство рек имеют площадь водосбора менее 1000 км<sup>2</sup>. Основная доля речной сети приходится на самые малые реки (длиной менее 25 км.) и составляет 99 % от общего числа, соответственно [11]. Гидрологический режим малых водотоков существенно зависит от местных физико-географических и гидрометеорологических условий. Средняя озерность региона составляет 1,5 %. Характерной чертой как для Верхневолжского бассейна, так и для всей европейской части России является уменьшении озерности с севера на юг и с запада на восток. Средняя заболоченность бассейна составляет около 4%, наиболее заболочены северная и северо-западная часть региона.

#### *Бассейн реки Кама*

Камский бассейн расположен в восточной части европейской части России и граничит с бассейнами Северной Двины, Печоры, Оби, Верхней и Нижней Волги. Исследуемая территория имеет сложный рельеф, так как располагается в пределах Восточной –Европейской равнины и Уральских гор.

Для восточной части Восточно-Европейской равнины характерен холмистый рельеф с широкими речными долинами с пологими террасированными склонами. В верхнем течении рек Камы и Вятки расположена плоская Верхне-Камская возвышенность, глубоко расчленённая реками [12].

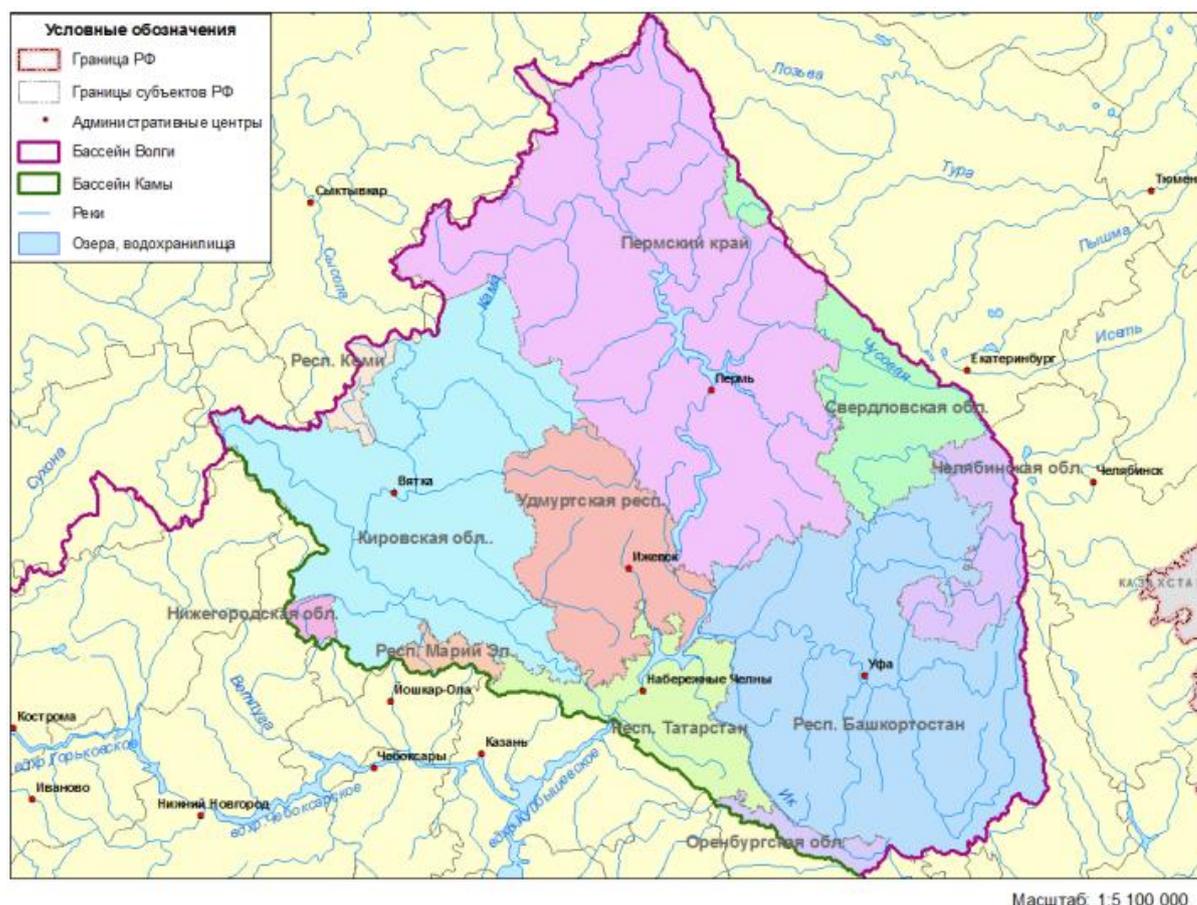


Рисунок 2.2 – Территориальное положение бассейна реки Кама.

Наибольшее распространение на равнинной части Камского бассейна получили дерново-подзолистые почвы (более 50 %), серые лесные почвы (14 %) и черноземы лесостепи (19 %). Также на горной части рассматриваемой территории выделяют горные подзолистые, бурые, луговые и тундровые почвы. По механическому составу наибольшее распространение получили глинистые и тяжелосуглинистые почвы (более 36 %).

В связи с расположением региона на в пределах нескольких природных зон на территории бассейна Камы выделяют три ландшафтные зоны: таежная, широколиственная и лесостепная. Лесистость бассейна неодинакова; средняя

лесистость бассейна Камы составляет 60 % и уменьшается от таежной к лесостепной зоне. Доля эродированных земель в начале 1990-х гг. составила 56%, что превышает опасные пределы развития процессов смыва почв и овражной эрозии [13].

Средняя плотность речной сети составляет 0,50 км/км<sup>2</sup> и уменьшается с севера на юг под влиянием азональных факторов. Большинство из водотоков (99%) – малые реки длиной менее 25 км. Средняя озерность бассейна составляет 0,8 %. По генезису большинство озер относятся к речному типу и имеют неравномерное распределение по площади Камского бассейна. Средняя заболоченность региона равна 1,7 %. Неравномерное распределение болот объясняется различными условиями увлажнения региона.

#### *Бассейн Нижней Волги*

Нижневолжский бассейн расположен в юго-западной части территории России. Левобережье Волги полностью лежит в области Восточно-Европейской равнины, правобережье относится к территории Приволжской возвышенности, расчленённой оврагами и речными долинами. Заволжье (левобережье) представляет собой широкие террасы, равнинные территории прерываются холмистыми увалами.

К преобладающим почвам бассейна Нижней Волги можно отнести серые лесные почвы, черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы сухой степи. Около половины рассматриваемой территории занимают глинистые и тяжелосуглинистые почвы. Вторые по численности почвы – среднесуглинистые покрывают 13% площади региона. Более 70 % земель Нижневолжского бассейна используются под хозяйственные нужды, менее 20% территории района сохранились в естественном состоянии. Более половины площади рассматриваемого региона можно отнести к территориям с не промываемыми почвами.

Большую часть бассейна Нижней Волги занимают степи (43 %). Широколиственные леса и лесостепная зона, распространены на севере региона

и занимают 13 и 20 % от общей площади, соответственно. Зона пустыни и полупустыни расположена на Прикаспийской низменности и занимает 24 % от общей площади бассейна.

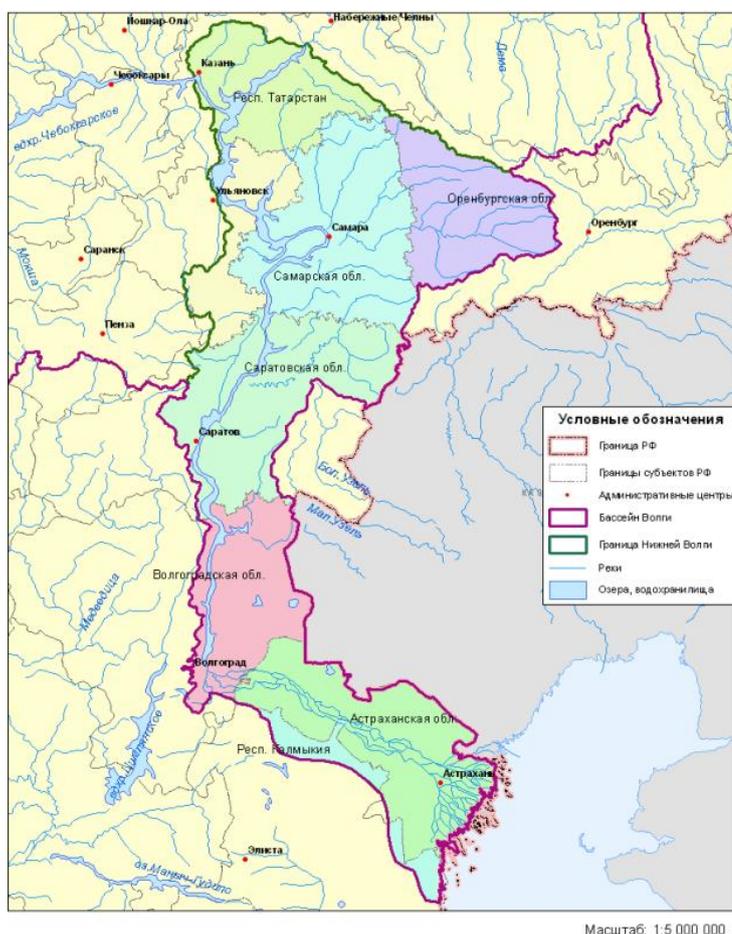


Рисунок 2.3 – Территориальное положение бассейна Нижней Волги.

Площадь бассейна Нижней Волги равна 280 тыс. км<sup>2</sup>, средняя густота речной сети составляет 0,14 км/км<sup>2</sup> и уменьшается с севера на юг под влиянием аazonальных факторов. Большинство водотоков малые и имеют длину менее 25 км (97 %). Устьевая часть Волги одна из крупнейших в мире, включая дельту, которая насчитывает до 500 водотоков. Озерность региона мала по причине засушливости региона и составляет 0,11 %. Средняя заболоченность бассейна Нижней Волги невелика и равна 0,2 %. Большинство болот относится к дельте Волги, где условия наиболее подходят для заболачивания местности [14].

## 2.2. Климат

### *Верхневолжский бассейн*

Рассматриваемый район относится к области умеренного пояса с умеренно-теплым летом и продолжительной зимой с устойчивым снежным покровом.

Средняя годовая температура воздуха находится в пределах от 3,0 до 4,5°С. Средние температуры самого холодного месяца (января) понижаются к северо-востоку и составляют –9–15 ° С. Среднегодовая температура самого теплого месяца (июль) составляет 16–20 ° С , убывая с юга на север, соответственно.

Верхневолжский бассейн располагается в зоне достаточно увлажнения, однако в засушливые годы в южной части бассейна испарение может превышать количество выпавших осадков. Среднее максимальное суточное количество осадков в году формируется обильными дождями в летний период и может достигать 30–35 мм. [11]. Наибольшее количество осадков приходится на июль (более 70–90 мм.).

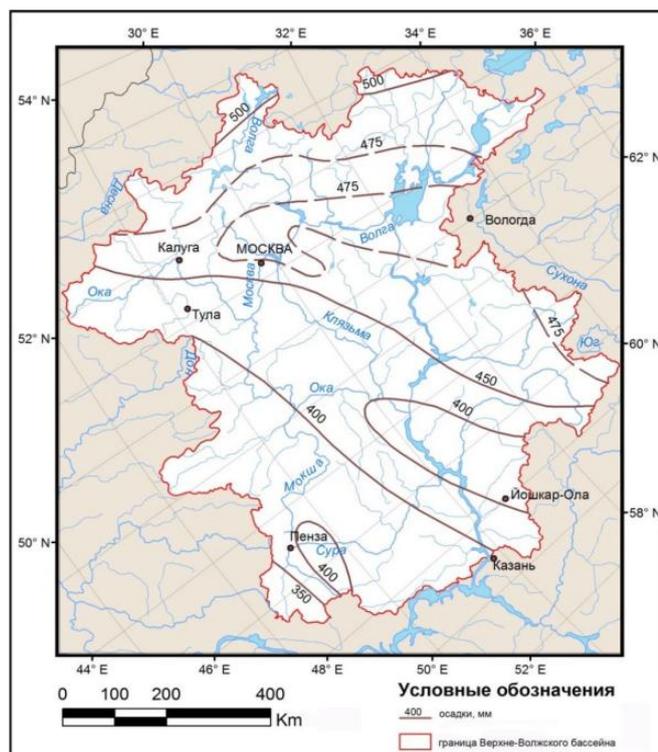


Рисунок 2.4 – Количество осадков за теплый период в бассейне Верхней Волги.

Преобладающими в годовом режиме направления ветра являются южное и западное. В холодный период скорости ветра на порядок выше относительно теплого периода и составляют 3–5 м/с.

Суммарное годовое испарение бассейна Верхней Волги в среднем составляет 500 мм, с наибольшими значениями в западной части (525 мм).

#### *Бассейн реки Кама*

Бассейн Камы располагается на востоке европейской области умеренного пояса. Наличие широтной зональности на равнинной части и вертикальной поясности в Уральских горах обуславливается особенностями рельефа. Зима длинная, холодная с устойчивым снежным покровом. Удаленность от Атлантического океана способствует уменьшению осадков и увеличению амплитуды годовой температуры по сравнению с бассейном Верхней Волги. Средняя годовая температура составляет 0–3 °С. Преобладающими ветрами являются ветры юго-западной четверти.

По степени увлажнения Камский бассейн принадлежит к зоне достаточно увлажнения. В верховьях Камы годовая сумма осадков составляет 700–800

мм/год и уменьшается к нижнему течению до 100–150 мм/год. За теплый период выпадает 280–560 мм, уменьшаясь с севера на юг [13].

Средняя годовая разность осадков и испаряемости изменяется от севера к югу и равна 200 и 100 мм, соответственно.

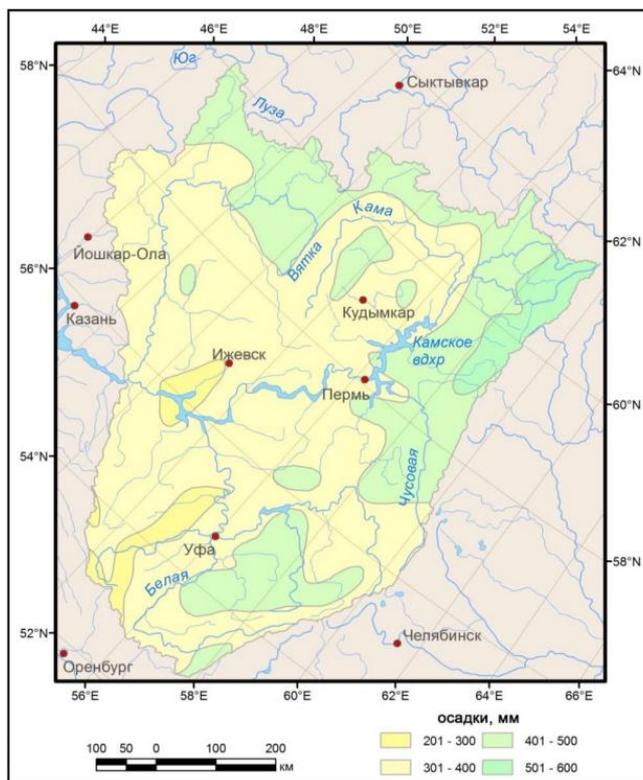


Рисунок 2.5 – Количество осадков за теплый период в бассейне Камы.

### *Бассейн Нижней Волги*

Часть бассейна относится к атлантико-европейской области умеренного пояса с теплым летом и холодной зимой. Южнее Волгограда территория относится к теплой и умеренно сухой континентально восточноевропейской области умеренного климата [14]. Большое влияние оказывает не только тот факт, что регион достаточно удален от океана, но и внутрисезонная изменчивость температуры (резкие оттепели, летние заморозки, засухи).

Среднегодовая температура варьируется от северной части бассейна к южной части от 3,0°C до 9,5°C, соответственно.

Сумма осадков по территории распределена неравномерно. Годовые суммы варьируются от 600 мм на севере до 20 мм на юге региона. По степени увлажнения бассейн Нижней Волги подразделяется на три участка: зона достаточного увлажнения, недостаточное увлажнения, умеренно сухая зона (разница осадков и испаряемости за год изменяется от  $-400$  до  $-700$  мм). Летом осадки могут быть обложными и ливневыми. Всего за теплый период выпадает от 50 мм в дельте Волги до 300 мм на севере бассейна. Межгодовая изменчивость средних годовых сумм осадков довольно велика и составляет 20–30 %. Годы с достаточным увлажнением могут сменяться годами с длительными засушливыми сезонами [14].

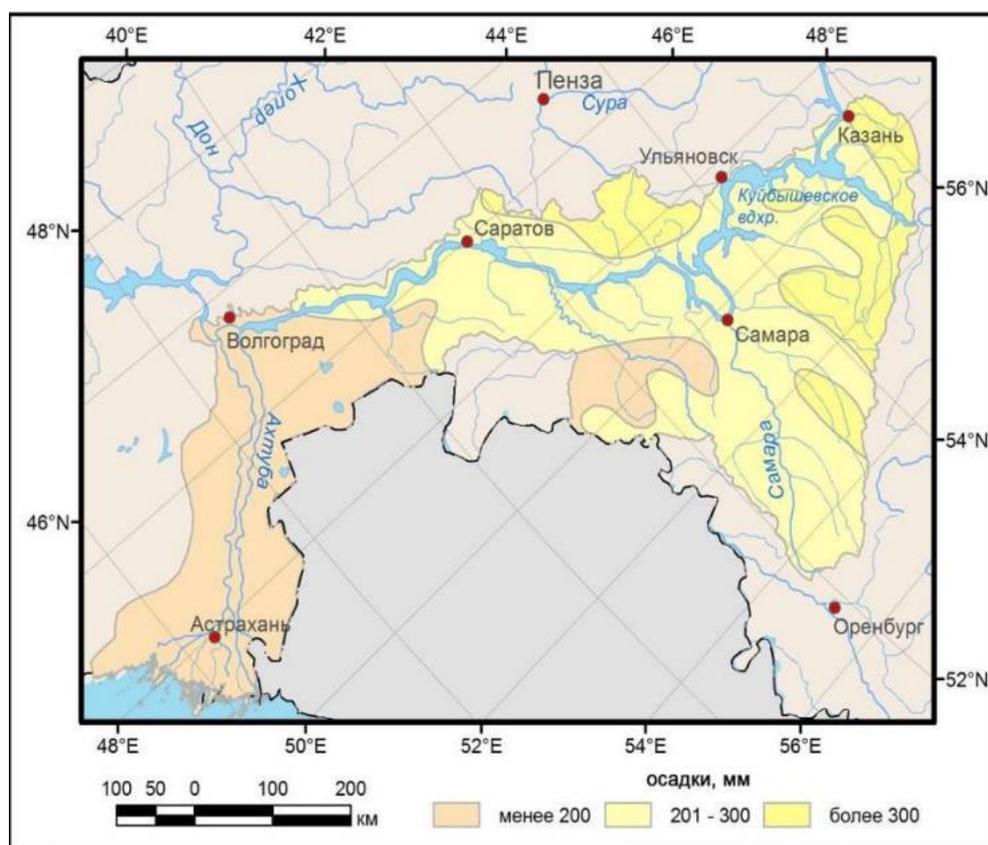


Рисунок 2.6 – Распределение осадков за теплый период в бассейне Нижней Волги.

Преобладающие ветра Нижневолжского бассейна в холодный сезон – ветра южного румба, в теплый – северного.

Испаряемость увеличивается с северо-востока на юго-запад от 600 мм до 1000 мм. Средняя годовая разность осадков и испаряемости, характеризующая увлажненность территории, меняется от –50 до –100 мм на севере бассейна и от –600 до –700 мм в дельте Волги [14].

### 3. РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО ДОЖДЕВОГО СТОКА ПО ФОРМУЛЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

#### 3.1. Исходные данные

В качестве исходных данных использовались максимальные расходы дождевых паводков малых рек Волжского бассейна из научно-прикладных справочников «Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы, Верхней и Нижней Волги»

Схема расположения постов показана на рисунке 3.1. В общей сложности были использованы данные по 51 посту с площадью водосборов менее 200 км<sup>2</sup> (таблица 3.1). Основные гидрографические характеристики исследуемых рек и их водосборов даны в приложении А.

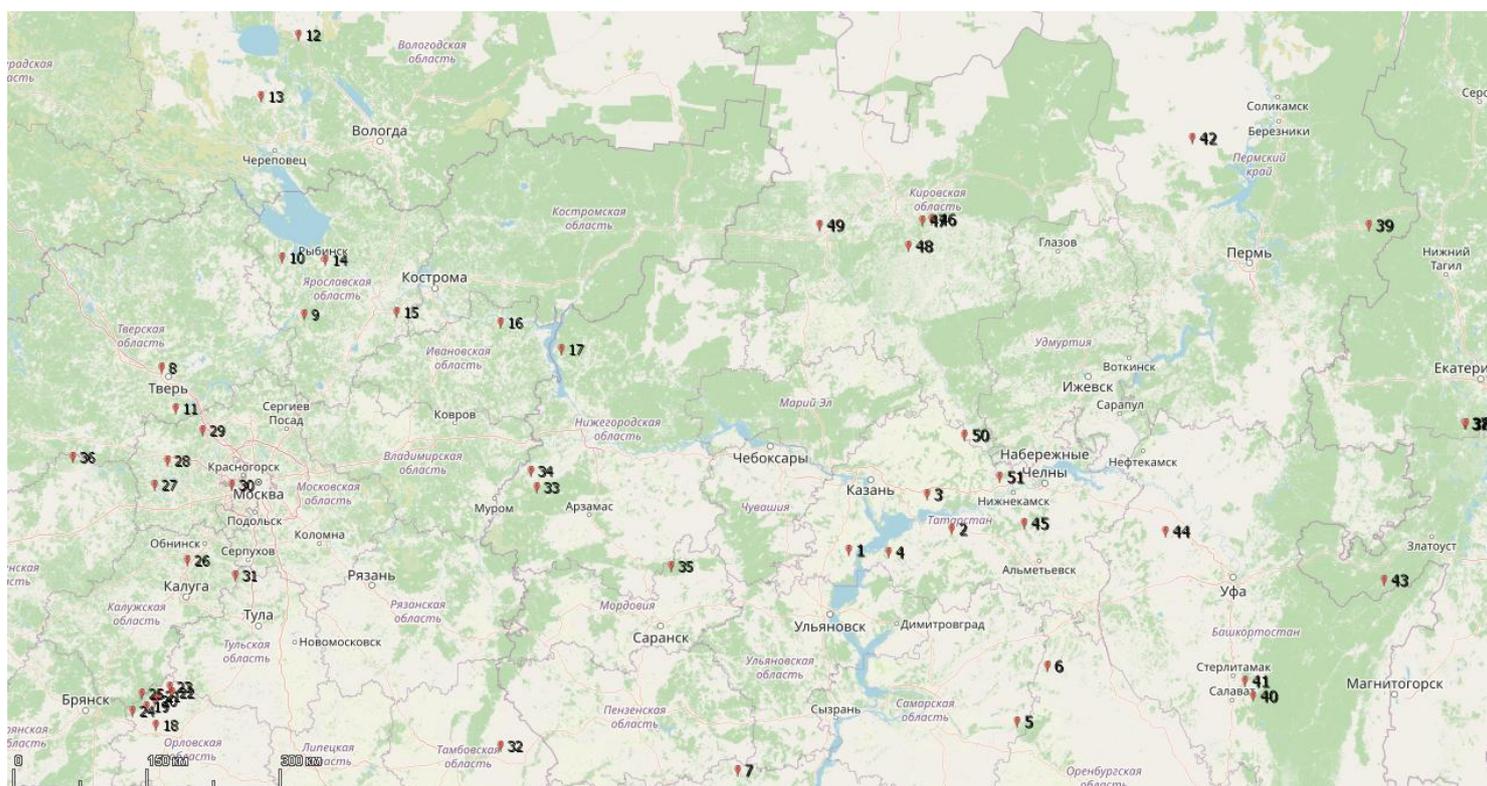


Рисунок 3.1 – Схема расположения гидрологических постов.

Таблица 3.1 – Исследуемые малые водотоки

Номер поста на схеме	Код поста	Река – пост
1	77158	р. Улема - д. Нармонка
2	77191	р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки
3	77195	р. Бетька - с. Янчиково
4	77202	р. Бездна - с. Антоновка
5	77276	р. Колтубанка - рзд. Лес
6	77295	р. Турхановка - г. Бугуруслан
7	77407	р. Алай-с. Балтай
8	75052	руч. Малица - с. Николо-Малица
9	75109	р. Крива - д. Симаницы
10	75111	р. Ильдь - с. Спас-Ильдь
11	75115	р. Лама - с. Николо-Высокое
12	75198	р. Пидьма - д. Чистый Дор
13	75201	р. Мотома - д. Аннино
14	75220	р. Еда - д. Конюшино
15	75231	р. Туношонка - д. Орлецы
16	75271	р. Томна - д. Луговое
17	75299	р. Лоймина - д. Георгиевское
18	75335	р. Орлица - д. Большой Рог
19	75345	р. Нугрь - д. Андросово
20	75346	р. Нугрь - д. Городище
21	75349	р. Рыдань - д. Камынина
22	75350	р. Снытка - д. Малая Кутьма
23	75351	р. Орс - д. Орс
24	75370	р. Вытебеть - д. Малое Юрьево
25	75378	р. Шковка - д. Нижняя Шкава
26	75387	р. Путьинка - д. Малахово
27	75409	р. Лусянка - д. Черники
28	75421	р. Волошня - д. Чертаново
29	75428	р. Катмыш - с. Троицкое
30	75435	р. Медвенка - д. Большое Сареево
31	75438	р. Закса - д. Большое Сареево
32	75527	р. Большой Ломовис - с. Рождественское
33	75542	р. Салакса - с. Салавирь
34	75545	р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)
35	75650	р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка
36	75733	р. Ракитня - д. Серета
37	76200	р. Стебеневка - с. Полдневная (В)
38	76201	р. Стебеневка - с. Полдневная (Н)

Номер поста на схеме	Код поста	Река – пост
39	76226	р. Кусья - крд. Кусья Рассоха
40	76325	р. Селеук - д. Нижнеиткулово
41	76327	р. Бердышла - х. Солёный
42	76420	р. Тесьма - г. Златоуст
43	76470	р. Тюлюк - с. Тюлюк
44	76491	р. Чекмагуш - с. Чекмагуш
45	76546	р. Сарапала - д. Новопоручиково
46	76604	р. Просница - д. Большой Перелаз
47	76608	р. Волма - с. Волма
48	76617	р. Малая Кумена - д. Дыряна
49	76621	р. Елховка - д. Поляна
50	76644	р. Нурминка - с. Кукмор
51	76646	р. Анзирка - с. Яковлево

### 3.2. Формула для расчета максимальных расходов дождевых паводков малых рек, рекомендуемая СП 33-101-2003

Расчетная формула типа III для определения расходов воды различной обеспеченности на водосборах площадью менее 200 км<sup>2</sup> имеет вид:

$$Q_{P\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{P\%} A, \quad (3.1)$$

где  $q'_{1\%}$  – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , определяют в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла  $\Phi_r$  и продолжительности склонового добега  $\tau_{ск}$ :

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi H_{1\%}}, \quad (3.2)$$

где  $\varphi$  – сборный коэффициент стока;

$H_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P=1\%$ , мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций;

$A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$\lambda_{P\%}$  – переходной коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P < 25\%$ ;

$$\lambda_{P\%} = Q_{P\%} / Q_{1\%}, \quad (3.3)$$

$\delta$  – учитывающий снижение максимального расхода воды дождевого паводка на реках, зарегулированных проточными озерами, следует определять по формуле:

$$\delta = \frac{1}{1 + C_0 A_{оз}}, \quad (3.4)$$

где  $C_0$  – коэффициент, равный 0,11 (при использовании относительной озерности). При наличии сведений о средневзвешенной озерности  $A'_{оз}$   $C_0$  рекомендуется принимать равным 0,2 для лесной и лесостепной зон, 0,4 - для степной зоны.

$A_{оз}$  – относительная озерность, %

Для определения относительного модуля максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , необходимо уточнить значение гидроморфометрической характеристики русла  $\Phi_p$ :

$$\Phi_p = \frac{1000L}{m_p I_p^m A^{0.25} (\varphi H_{1\%})^{0.25}}, \quad (3.5)$$

где  $m_p$  и  $m$  – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока;

$I_p$  – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;

$L$  – гидрографическая длина водотока.

При отсутствии рек-аналогов сборный коэффициент стока рассчитывается по формуле:

$$\varphi = \frac{c_2}{(A+1)^{n_3}} \varphi_0 \left( \frac{I_{ск}}{50} \right)^{n_2}, \quad (3.6)$$

где  $c_2$  – эмпирический коэффициент, который для тундры и лесной зоны принимается равным 1,2, для остальных зон 1,3;

$\varphi_0$  – сборный коэффициент стока для условного водосбора с площадью равной 10 км<sup>2</sup> и средним уклоном равным 50 ‰;

$n_2$  – степной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв и природной зоны;

$n_3$  – степной коэффициент, принимают для лесотундры и лесной зоны равным 0,07, для остальных природных зон - 0,11.

### 3.3. Разработка компьютерного шаблона для расчета максимальных расходов по формуле предельной интенсивности.

Для расчета параметров формулы III типа был разработан компьютерный шаблон с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Шаблон состоит из 4 блоков и сводной таблицы для представления результатов расчета.

#### *Блок 1*

Данный блок предназначен для представления исходной информации по водному объекту, расчета параметров, входящих в формулу сборного коэффициента стока  $\varphi$  и расчета самого сборного коэффициента стока  $\varphi$ .

Расчет по формуле предельной интенсивности при отсутствии аналогов						Рена - Створ	р. Каптыш - с. Троицкое
<b>1. Ввести исходные данные в таблицу</b>						$F$ - Площадь водосбора реки, км <sup>2</sup>	
						$L$ - Гидрографическая длина реки, км	
$L$ , км	$F$ , км <sup>2</sup>	$I_p$ , ‰	$I_B$ , ‰	$f_{оз}$ , ‰	$f_B$ , ‰	$I_p$ - Средневзвешенный уклон русла водотока, ‰	
15.0	70.5	5.0	28.0	0.0	0	$I_B$ - Средний уклон водосбора, ‰	
						$f_{оз}$ - Относительная озерность, ‰	
						$f_B$ - Относительная заболоченность, ‰	
<b>2. Определить коэффициент <math>C_2</math>:</b>							
Для лесной и тундровой зон.....						1.2	
Для остальных зон.....						1.3	
						$C_2 =$	1.2
<b>3. Определить коэффициент <math>n_3</math>:</b>							
Для лесотундры и лесной зоны.....						0.07	
Для остальных зон.....						0.11	
						$n_3 =$	0.07
<b>4. Определить коэффициенты <math>n_2</math> и <math>\varphi_0</math> по таблице:</b>							
Природная зона	Тип почвы	Параметры $\varphi_0$ и $n_2$ в зависимости от типа почв меланесский состав которых					
		глинистый и тяжелосуглинистый		среднесуглинистый и суглинистый		суглинистый песчаный меловой трициклический	
		$\varphi_0$	$n_2$	$\varphi_0$	$n_2$	$\varphi_0$	$n_2$
Лесотундра, лесная	Глеево-подзолистые на плотных породах (исключая глеево-мерзлотно-тяжелые), глеево-болотные оглеенные	0.42	0.50	0.28	0.65	0.23	0.80
	Тундрово-глебовые глеево-болотные подзолистые серые лесные	0.56	0.50	0.38	0.65	0.30	0.80
Лесостепная	Подзолистые серые лесные черноземы мощные на плотных породах светло и темно-серые оподзоленные	0.66	0.60	0.54	0.70	0.27	0.90
	Черноземы каштановые, типичные, облысковокские, вижские, темно-каштановые	0.59	0.70	0.22	0.85	0.14	1.00
Степная и засушливых степей	Черноземы каштановые типичные вижские	0.18	0.80	0.10	0.90	0.05	1.00
	Каштановые сероземы малокоричневые карбонатные	0.29	0.90	0.14	0.90	0.12	1.00
	Тавроокские почвы	0.30	1.00	0.20	1.00	-	-
						$\varphi_0 =$	0.38
						$n_2 =$	0.65
<b>5. Расчет сборного коэффициента стока <math>\varphi</math></b>							
$F$ , км <sup>2</sup>	$I_B$ , ‰	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$\varphi_0$	$\varphi$	
70.50	28.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.23	
						$\varphi = \frac{C_2 \varphi_0}{(F+1)^{n_2}} \left( \frac{I_B}{50} \right)^{n_3}$	

Рисунок 3.2 – Расчет сборного коэффициента стока с помощью компьютерного шаблона.

Для удобства уточнения составляющих формулы сборного коэффициента стока в компьютерном шаблоне приведены соответствующие таблицы для коэффициентов  $C_2$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $\varphi_0$

### Блок 2

Блок 2 служит для нахождения величины гидроморфометрической характеристики русла, максимального суточного слоя осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , определения значения склонового времени добега.

6. Определить коэффициенты  $m$  и  $m_p$  по таблице:

Характеристика русла и поймы	$m$	$m_p$
Русла и водотоки со средним уклоном $J_p < 35$ ‰. Чистые русла пологой и равнинных равнинных рек, русла периодически пересыхающих водотоков (сухих логов)	0.333	11
Известия, частично заросшие русла болотистых и сфагновых рек, гидрологически пересыхающие водотоки, несущие во время паводка большое количество наносов	0.333	9
Спально заросшие и известия русла периодически пересыхающих водотоков	0.333	7
Русла и периодически пересыхающие водотоки со средним уклоном $J_p \geq 35$ ‰	0.143	10

$$m = 0.333$$

$$m_p = 11$$

7. Определить коэффициент максимального суточного слоя осадков 1% обеспеченности

$$H_{1\%} = 104$$

8. Расчет гидроморфометрической характеристики русла  $\Phi_p$

$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$R$ , ‰	$m$	$m_p$	$\varphi$	$H_{1\%}$	$\Phi_p$
70.5	15	5	0.333	11	0.23	104	124

9. Определение времени склонового добега  $\tau_{ск}$

Лесная и тундровая зона	$\tau_{ск}$
заболоченность менее 20%	60
заболоченность 20 – 40%	100
заболоченность более 40%	150
Лесостепная зона	60
Степная зона и засушливых степей	30
Полупустынная зона	30
Горные районы	10

$$\tau_{ск} = 60$$

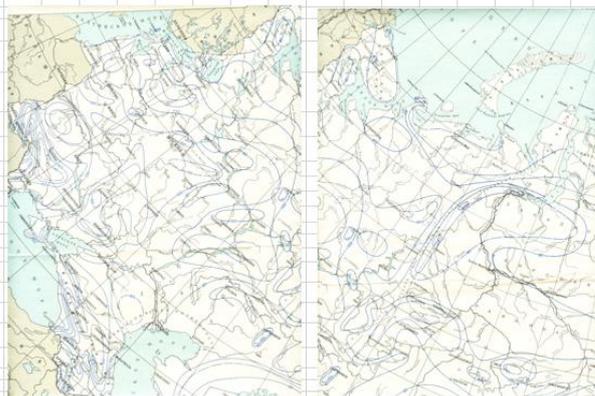


Рисунок 3.3 – Фрагмент разработанного компьютерного шаблона (Блок 2).

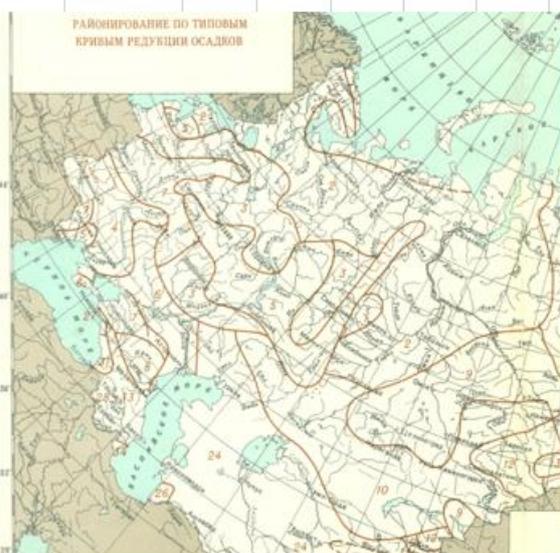
Для оценки максимального суточного слоя осадков вероятности превышения  $P = 1\%$  в данном блоке представлены карты распределения максимального суточного слоя осадков  $H_{1\%}$  для Европейской территории РФ.

### Блок 3

В блоке 3 выполняется оценка модуля максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ . Для определения номера района редукции осадков типовых кривых осадков в блоке представлены карта районирования ЕТР по типовым кривым редукции осадков. Также приведена сводная таблица для определения модуля максимального срочного расхода воды в зависимости от гидроморфометрической характеристики  $\Phi_p$ , склонового времени добега и номера района редукции осадков типовых кривых осадков.

### 10. Определение номера района редукции типовых кривых осадков

№ РО = 5



### 11. Определить максимальный модуль стока ежегодной вероятности превышения P=1%

№ РО 5     $\tau_{СК}$  60     $\Phi_p$  124     $q_{1\%}^* = 0.022$

Районы кривых редукции осадков по среднему $\tau_{СК}$ , мин	Площадь водосбора, $10^3$ км <sup>2</sup>	Максимальный модуль стока $q_{1\%}^*$ при $\Phi_p$ равных																
		0	1	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	300	
7, 8, 10, 29	10	0,53	0,51	0,41	0,31	0,19	0,12	0,083	0,072	0,059	0,050	0,041	0,036	0,031	0,019	0,013	0,010	0,0083
	30	0,35	0,33	0,26	0,21	0,14	0,10	0,080	0,064	0,053	0,045	0,038	0,034	0,030	0,018	0,013	0,010	0,0083
	60	0,19	0,18	0,16	0,14	0,11	0,082	0,066	0,054	0,047	0,040	0,033	0,031	0,028	0,018	0,013	0,010	0,0083
	100	0,12	0,12	0,11	0,10	0,084	0,070	0,058	0,048	0,041	0,036	0,032	0,028	0,026	0,017	0,012	0,0097	0,0081
	150	0,088	0,086	0,080	0,075	0,065	0,047	0,040	0,035	0,031	0,028	0,026	0,023	0,016	0,012	0,0094	0,0079	
	200	0,070	0,068	0,065	0,060	0,055	0,050	0,039	0,034	0,031	0,028	0,025	0,023	0,021	0,015	0,011	0,0091	0,0076
	10	0,52	0,47	0,37	0,28	0,16	0,11	0,084	0,066	0,054	0,045	0,038	0,034	0,030	0,019	0,013	0,010	0,0084

Рисунок 3.4 – Фрагмент компьютерного шаблона (Блок 3).

Помимо вышеперечисленного в блоке 3 выполняется расчет коэффициента  $\delta$ , учитывающего снижение максимального расхода воды дождевого паводка на реках, зарегулированных проточными озерами.

#### Блок 4

С помощью данного блока были получены переходные коэффициенты максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$  к значениям другой вероятности превышения  $P < 25\%$ . Для этого компьютерный шаблон помещены карта районирования параметра  $\lambda$  и сводная

таблица, содержащая информацию о номере района и значения коэффициента  $\lambda_p$  для различных обеспеченностей.

### Результаты расчета

Результатом расчета является сводная таблица, в которой содержатся значения всех параметров формулы предельной интенсивности III типа.

Целью расчета было получение максимальных расходов воды дождевых паводков обеспеченности 0,1%, 1%, 3%, 5%, 10%, 25%. Результаты расчета приведены в приложении Е и приложении Ж.

РАБОЧАЯ СТРОКА																													
Река - створ	$F_{\text{кв}}^2$	$L_{\text{км}}$	$I_{\text{ср}}\%$	$I_{\text{н}}\%$	$f_{\text{вз}}\%$	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$j_0$	$j$	$m$	$m_0$	$H_{\text{н}}$	$\Phi_p$	$t_{\text{ср}}$	$q_{1\%}$	$d$	$\lambda_{0,1\%}$	$\lambda_{1\%}$	$\lambda_{3\%}$	$\lambda_{5\%}$	$\lambda_{10\%}$	$\lambda_{25\%}$	$Q_{0,1\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{25\%}$
р. Кастыш - с. Троицкое	71	15	5	28	0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.2	0.33	11	104	124	60	0.02	1	1.4	1	0.7	0.5	0.4	0.2	51.63	36.9	25.6	18.9	13.3	8.8
Бассейн Нижней Волги																													
р. Улема - д. Нармонка	181	20	4.1	30	0.0	1.2	0.6	0.07	0.66	0.41	0.333	11	100	123	60	0.025	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	290	181	134	112	83.3	50.7
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	18	2.4	24	1.0	1.3	0.6	0.1	0.7	0.32	0.33	11	100	153	60	0.017	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	109	68.2	50.5	42.3	31.4	19.1
р. Бетька - с. Янчиково	147	20	4.3	49	0.0	1.2	0.5	0.1	0.6	0.47	0.33	11	100	123	60	0.025	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	272	170	126	105	78.1	47.5
р. Бездна - с. Антоновка	165	28	2	24	0.0	1.3	0.5	0.1	0.6	0.29	0.33	11	100	244	60	0.012	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	88.4	55.3	40.9	34.3	25.4	15.5
р. Колтубанка - рад. Лес	119	17	6.3	27	0.0	1.3	0.7	0.1	0.6	0.30	0.33	11	120	104	60	0.025	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	167	105	77.4	64.9	48.1	29.3
р. Турхановка - г. Бугуруслан	95	20	5.1	51	0.0	1.3	0.7	0.1	0.6	0.47	0.33	11	120	123	60	0.025	1.00	1.6	1.00	0.7	0.6	0.5	0.3	213	133	98.4	82.5	61.2	37.2
р. Алай - с. Балтай	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бассейн Верхней Волги																													
руч. Малица - с. Николо-Малица	11	3.3	3.2	4.2	0.0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.08	0.33	11	105	67	60	0.038	1.00	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	4.64	3.32	2.55	2.32	1.99	1.33
р. Крива - д. Симаницы	46	12.0	2.3	17.0	0.0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.17	0.33	11	80	165	60	0.016	1.00	1.40	1.00	0.72	0.58	0.45	0.30	13.9	9.94	7.17	5.77	4.45	2.95
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	185	28.0	0.7	3.0	0.0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.05	0.33	11	90	532	60	0.008	1.00	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	9.83	7.02	5.41	4.91	4.21	2.81
р. Лама - с. Николо-Высокое	182	44.0	2.4	15.0	0.0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.14	0.33	11	100	417	60	0.008	1.00	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	30.3	21.6	16.6	15.1	13.0	8.64
р. Пидьма - д. Чистый Дор	69	20.0	1.9	16.0	6.0	1.2	0.80	0.1	0.30	0.11	0.33	11	100	281	60	0.008	0.99	1.40	1.00	0.74	0.63	0.51	0.34	8.49	6.06	4.50	3.84	3.12	2.07
р. Мотома - д. Аннино	128	30.0	0.9	25.0	0.0	1.2	0.80	0.1	0.30	0.15	0.33	11	100	429	60	0.008	1.00	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	21.6	15.4	11.9	10.81	9.27	6.18

Рисунок 3.5 – Фрагмент итоговой таблицы, полученной в результате расчета с помощью компьютерного шаблона.

### 3.4. Исследование влияния параметров формулы предельной интенсивности на конечный результат расчета.

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек согласно СП 33-101-2003 рекомендована формула предельной интенсивности (формула III типа). Однако данная формула не лишена недостатков. Наиболее уязвимыми местами формулы являются следующие параметры: средний уклон водосбора, средневзвешенный уклон реки, длина реки, сборный коэффициент стока.

Для оценки влияния параметров формулы предельной интенсивности на конечный результат расчета нарочно были увеличены значения исследуемых

характеристик. Исследование влияния параметров формулы предельной интенсивности на конечный результат проводилась по 8 водотокам бассейнов Верхней Волги, Нижней Волги и Камы.

#### *Средний уклон водосбора*

Согласно нормативным документам, средний уклон водосбора следует определять с помощью крупномасштабных карт. Данные параметры определяются субъективно и могут значительно отличаться от истинных значений.

Средний уклон водосбора входит в формулу для расчета сборного коэффициента стока, который, в свою очередь, необходим как для расчета гидроморфометрической характеристики русла, так и для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков различной обеспеченности.

По результатам анализа влияния исследуемых параметров (таблица 3.2) можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении среднего уклона водосбора на 30% величина сборного коэффициента стока возрастает в среднем на 17%;
2. Возрастание величины сборного коэффициента стока приводит к снижению величин гидроморфометрической характеристики русла на 4%
3. При увеличении среднего уклона водосбора на 30% значения максимального стока дождевых паводков могут возрасть свыше 20%

Таблица 3.2 – Исследование влияния среднего уклона водосбора на параметры формулы предельной интенсивности

	Расчетные значения			При увеличении $I_v$ на 30%			Изменение расчетных значений $\Delta$		
	$\phi$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\phi$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Delta \phi$	$\Delta \Phi_p$	$\Delta Q_{1\%}$
Бассейн Нижней Волги									
р. Улема - д. Нармонка	0.41	123	181	0.48	118	202	17	-4	12
р. Бетька - с. Янчиково	0.47	123	170	0.53	119	182	14	-3	7

	Расчетные значения			При увеличении $I_p$ на 30%			Изменение расчетных значений $\Delta$		
	$\phi$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\phi$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Delta\phi$	$\Delta\Phi_p$	$\Delta Q_{1\%}$
р. Бездна - с. Антоновка	0.29	244	55.3	0.33	236	58.5	14	-3	6
Бассейн Верхней Волги									
р. Лоймина - д. Георгиевское	0.14	294	18.9	0.17	281	23.7	19	-4	25
р. Салакса - с. Салавирь	0.18	248	23.5	0.22	237	29.8	19	-4	26
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	0.31	96	41.6	0.37	92	53.4	19	-4	28
Бассейн Камы									
р. Елховка - д. Поляна	0.17	102	40.5	0.20	98	49.8	19	-4	23
р. Анзирка - с. Яковлево	0.33	220	74.5	0.39	211	92.4	19	-4	24

### *Средневзвешенный уклон реки*

По аналогии со средним уклоном водосбора, средневзвешенный уклон водотока определяются с помощью крупномасштабных карт. Данный метод достаточно субъективен и может давать значительные расхождения относительно истинных значений.

Средневзвешенный уклон реки необходим для вычисления гидроморфометрической характеристики русла.

В ходе оценки влияния исследуемого параметра на конечный результат по формуле предельной интенсивности было выявлено, что при увеличении средневзвешенного уклона водотока на 30% величина расчетных максимальных расходов воды дождевых паводков увеличиться до 17% (таблица 3.3). Данные выводы применимы для рек бассейна Камы и Верхней Волги. Для рек бассейна Нижней Волги характерно незначительное уменьшение максимальных расходов воды дождевых паводков.

Таблица 3.3 – Исследование влияния средневзвешенного уклона реки на параметры формулы предельной интенсивности

	Расчетные значения		При увеличении $I_p$ на 30 %		Изменение расчетных значений $\Delta$	
	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Delta\Phi_p$	$\Delta Q_{1\%}$
Бассейн Нижней Волги						

	Расчетные значения		При увеличении $I_p$ на 30 %		Изменение расчетных значений $\Delta$	
	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Delta\Phi_p$	$\Delta Q_{1\%}$
р. Улема - д. Нармонка	123	181	112	182	-8	0
р. Бетька - с. Янчиково	123	170	113	168	-8	-1
р. Бездна - с. Антоновка	244	55.3	223	55.0	-8	-1
Бассейн Верхней Волги						
р. Лоймина - д. Георгиевское	294	18.9	266	22.4	-10	18
р. Салакса - с. Салавирь	248	23.5	227	26.5	-8	12
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	96	41.6	88	45.3	-8	9
Бассейн Камы						
р. Елховка - д. Поляна	102	40.5	86	47.5	-16	17
р. Анзирка - с. Яковлево	220	74.5	201	81.7	-8	10

### *Гидрографическая длина реки*

Гидрографической длиной реки называется расстояние от истока самой реки или от истока притока, образующего с частью основной реки наибольшую длину русла данной речной системы до устья или пункта наблюдений [15].

Для расчета гидроморфометрической характеристики в формуле предельной интенсивности используется длина реки. Используя вместо гидрографической длины водотока длину реки от истока до устья, занижается величина завышается величина гидроморфометрической характеристики русла, в следствие чего значения максимальных расходов воды дождевых паводков завышаются.

Для оценки влияния гидрографической длины водотока на конечный результат расчета по формуле предельной интенсивности длина реки была увеличена на 10% (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Исследование влияния гидрографической длиной реки на параметры формулы предельной интенсивности

	Расчетные значения		При увеличении $L$ на 10 %		Изменение расчетных значений $\Delta$	
	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Phi_p$	$Q_{1\%}$	$\Delta\Phi_p$	$\Delta Q_{1\%}$

	Расчетные значения		При увеличении L на 10 %		Изменение расчетных значений $\Delta$	
	Фр	Q <sub>1%</sub>	Фр	Q <sub>1%</sub>	$\Delta$ Фр	$\Delta$ Q <sub>1%</sub>
Бассейн Нижней Волги						
р. Улема - д. Нармонка	123	181	135	148	10	-18
р. Бетька - с. Янчиново	123	170	130	170	6	0
р. Бездна - с. Антоновка	244	55.3	257	54.5	6	-1
Бассейн Верхней Волги						
р. Лоймина - д. Георгиевское	294	18.9	319	19.7	9	4
р. Салакса - с. Салавирь	248	23.5	272	21.5	10	-9
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	96	41.6	106	38.2	10	-8
Бассейн Камы						
р. Елховка - д. Поляна	102	40.5	103	40.2	1	-1
р. Анзирка - с. Яковлево	220	74.5	242	66.2	10	-11

Анализируя результаты, можно сделать вывод, что использование гидрографической длины реки, вместо длины водотока от истока до устья поможет избежать завышения значений расчетных максимальных расходов воды дождевых паводков.

#### *Сборный коэффициент стока*

Сборный коэффициент стока включает в себя параметры, характеризующие влияние почвогрунтов, природных зон и среднего уклона водосбора. Определение параметров, входящих в формулу сборного коэффициента стока достаточно субъективно, и не всегда может отражать истинные значения данных характеристик. Таким образом сборный коэффициент стока накапливает в себе ошибки расчета его параметров.

Влияние коэффициента стока  $\phi$  на конечный результат расчета по формуле предельной интенсивности приведены в таблице 3.2. При увеличении среднего уклона водосбора значение сборного коэффициента стока возрастает в среднем на 17 %, что в дальнейшем ведет к увеличению максимального стока дождевых паводков.

### 3.5. Проверка формулы предельной интенсивности на примере рек Волжского бассейна

Для проверки формулы предельной интенсивности, рекомендуемой СП 33-101-3003 был выполнен расчет с использованием разработанного компьютерного шаблона. Расчетные значения расходов сравнивались с расходами, опубликованными в научно-прикладных справочниках «Основные гидрологические характеристики бассейнов Верхней Волги, Нижней Волги и Камы»

В процессе анализа часть расходов из справочника были забракованы, как недостоверные. Например, по реке Закса – д. Большое Сареево расчетный модуль максимального дождевого стока 1%-ной обеспеченности из таблицы справочника составил 449941 л/с км<sup>2</sup> (!?). Недостоверными также приняты расходы по ручью Малица – с. Николо-Малица и р. Ильдь – с. Спас-Ильдь. Расчет для рек Алай, руч. Прогоны, Ракитня, Кусья, Бердышла, Просница, Волма, Боровка не проводился из-за отсутствия исходных данных. Для остальных пунктов результаты расчета представлены в таблицах 3.5-3.7

Таблица 3.5 – Расчетные максимальные расходы и модули стока однопроцентной обеспеченности малых рек бассейна Нижней Волги

Река -Пост	F, км <sup>2</sup>	По справочнику		По методике ВКР		δ <sub>1%</sub> , %
		Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	
р. Улема - д. Нармонка	181	46,2	255	163	898	72
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	5,73	45,5	68,2	541	92
р. Бетька - с. Янчиково	147	82	558	151	1028	46
р. Бездна - с. Антоновка	165	15,3	92,7	55,3	335	72
р. Колтубанка - рзд. Лес	119	2,93	24,6	105	879	97
р. Турхановка - г. Бугуруслан	95,1	9,3	97,8	118	1246	92

Таблица 3.6 – Расчетные максимальные расходы и модули стока однопроцентной обеспеченности малых рек бассейна Верхней Волги

Река -Пост	F, км <sup>2</sup>	По справочнику		По методике ВКР		δ <sub>1%</sub> , %
		Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	
р. Крива - д. Симаницы	45,5	12,4	273	9,94	219	-25
р. Лама - с. Николо-Высокое	182	44	242	21,6	119	-104
р. Пидьма - д. Чистый Дор	69,3	12,1	175	6,06	87,5	-100
р. Мотома - д. Аннино	128	26,5	207	15,4	121	-72
р. Еда - д. Конюшино	73	5,13	70,3	5,64	77,3	9
р. Туношонка - д. Орлецы	137	70,4	514	16,2	118	-335
р. Томна - д. Луговое	32,2	35,2	1093	5,57	173	-532
р. Лоймина - д. Георгиевское	161	21,1	131	18,9	118	-12
р.Орлица - д. Большой Рог	96	29,8	310	68,0	708	56
р. Нугрь - д. Андросово	14,5	5,68	392	15,5	1068	63
р. Нугрь - д. Городище	175	87,7	501	87,2	499	-1
р. Рыдань - д. Камынина	120	92,2	768	50,6	422	-82
р. Снытка - д. Малая Кутьма	151	19,4	128	68,7	455	72
р. Орс - д. Орс	155	94,1	607	71,9	464	-31
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	41,2	7,18	174	46,9	1139	85
р. Шковка - д. Нижняя Шкава	58,0	17,1	295	28,5	491	40
р. Путынка - д. Малахово	153	54,8	358	32,4	212	-69
р. Лусянка - д. Черники	170	110	647	26,5	156	-315
р. Волошня - д. Черганово	91,2	11,5	126	21,5	236	46
р. Кастыш - с. Троицкое	70,5	42,7	606	36,9	523	-16
р. Медвенка - д. Большое Сареево	21,5	15,8	735	9,62	447	-64
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	110	1,17	10,6	20,4	185	94
р. Салакса - с. Салавирь	160	21,3	133	23,5	147	10
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	62,0	49,2	794	41,6	672	-18
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	166	26,4	159	83,6	504	68

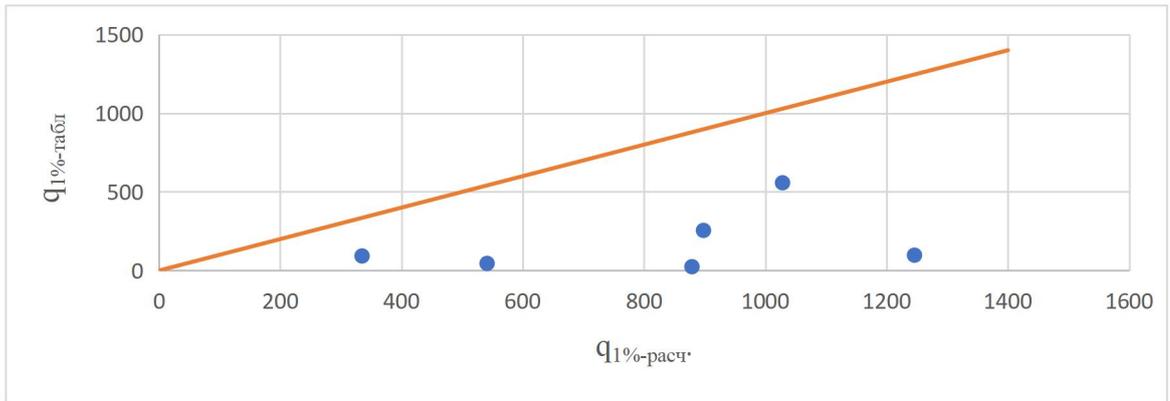
Таблица 3.7 – Расчетные максимальные расходы и модули стока однопроцентной обеспеченности малых рек бассейна Камы

Река -Пост	F, км <sup>2</sup>	По справочнику		По методике ВКР		δ <sub>1%</sub> , %
		Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	Q <sub>1%</sub>	q <sub>1%</sub>	
р.Стебеновка - с. Полдневная (В)	10	2,74	274,0	29,1	2915	91
р.Стебеновка - с. Полдневная (Н)	28,7	8,83	307,7	59,2	2063	85
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	141	15,8	112,1	77,5	549	80
р. Тесьма - г. Златоуст	143	42,6	297,9	292	2041	85
р. Тюлюк - с. Тюлюк	136	48,6	357,4	186	1369	74
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	99,1	3,05	30,8	65,4	660	95
р. Сарапала - д. Новопоручиково	80	4,38	54,8	71,7	896	94
р. Малая Кумена - д. Дыряна	122	13,2	108,2	30,7	252	57
р. Елховка - д. Поляна	88,8	21,8	245,5	40,5	456	46
р. Нурминка - с. Кукмор	107	32,3	301,9	90,9	850	64
р. Анзирка - с. Яковлево	190	42,9	225,8	74,5	392	42

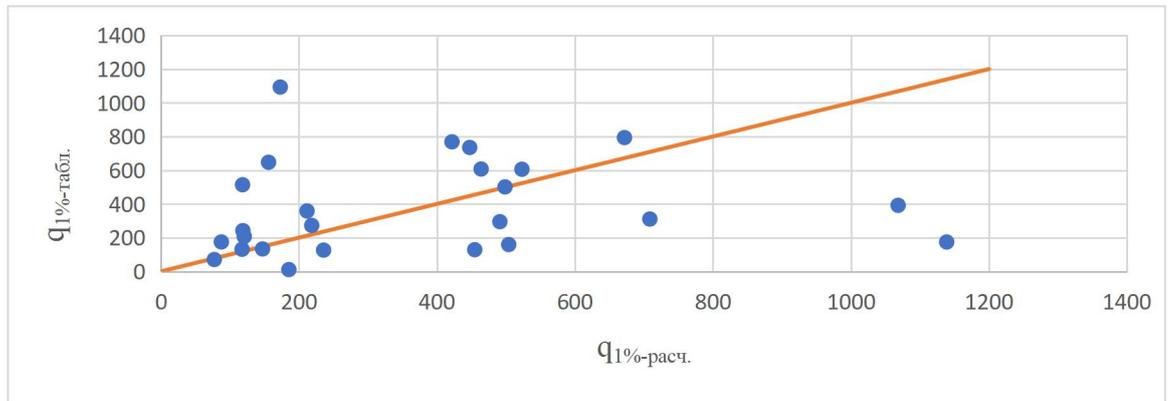
Как видно из таблиц, ошибка расчета по формуле предельной интенсивности в большинстве случаев находится в интервале от 70 до 100 %.

В бассейне Верхней Волги наблюдаются случаи как завышения, так и занижения расчетных расходов. В бассейне Нижней Волги и Камы формула предельной интенсивности (СП 33-101-2003) приводит к регулярному завышению расчетных расходов воды (рисунок 3.6).

### Нижняя Волга



### Верхняя Волга



### Кама

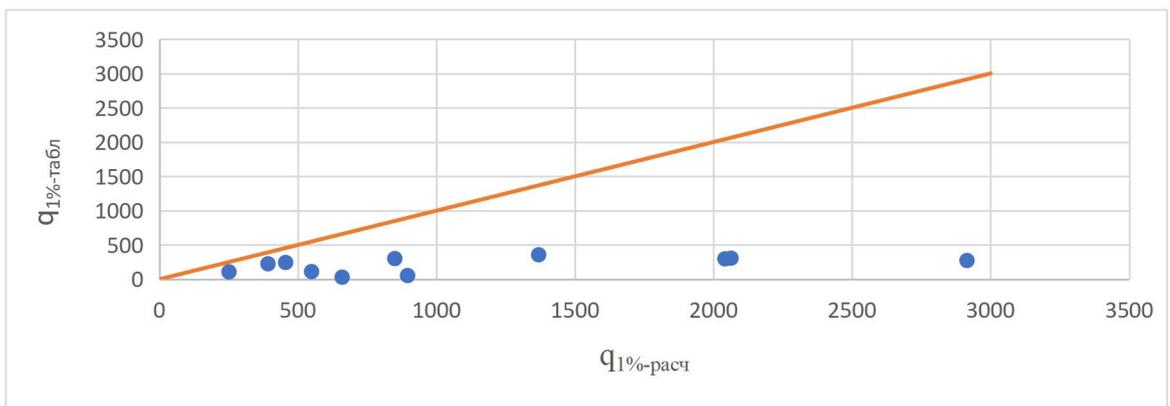


Рисунок 3.6 – График связи максимальных модулей стока дождевых паводков, рассчитанных по данным из справочников «Основные гидрологические характеристики бассейна Верхней Волги, Нижней Волги и Камы» и рассчитанных по формуле III типа.

Дальнейший анализ показал, что большие ошибки расчета возникают из-за того, что рассматриваемая территория в современных условиях подвергается высокой антропогенной нагрузке. Сток малых рек существенно искажен, что особенно заметно в бассейнах Нижней Волги и Камы.

Основными антропогенными факторами, влияющими на максимальный сток дождевых паводков малых рек, является регулирование и переброска стока, урбанизация территорий, распашка склонов, создание искусственных водоемов, спрямление русел и др.

### 3.6. Расчет максимальных расходов дождевых паводков малых рек по региональным формулам

Величина максимального стока малых рек значительно зависит от региональных особенностей (например, закарстованность территории). На основе формулы предельной интенсивности были разработаны региональные методики, позволяющие учесть особенности данной местности.

В данной главе будут рассмотрены особенности региональных методик, приведённых в справочнике «Ресурсы поверхностных вод» для рек бассейнов Верхней Волги и Камы.

*Региональная методика расчета максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек бассейна Верхней Волги*

В основе методики лежит формула предельной интенсивности. Основными отличиями региональной методики являются: расчет сборного коэффициента стока, учет коэффициента  $K_r$ .

Для верхневолжского бассейна разработана схема районов для определения расчетных величин коэффициента паводочного стока  $\alpha$ , сборного коэффициента стока  $\varphi$  и параметра редукации  $n$ . На основе опубликованной

схемы по таблице 3.5 можно определить значения сборного коэффициента стока  $\phi$ .

Таблица 3.8 – Значения сборного коэффициента стока

Район	$\phi$
I	0,40
IIa	0,30
IIб	0,50
IIв	0,40
IIг	0,50
IIIa	0,30
IIIб	0,30
IIIв	0,20
IVa	0,15
Для сильно закарстованных водосборов	
IVб	0,10
IVв	0,05

Как видно из таблицы 3.5 сборный коэффициент стока учитывает региональный фактор, а именно, закарстованность территорий бассейна.

Для оценки значения относительного максимального модуля стока используется коэффициент  $K_t$ :

$$K_t = \frac{\tau_b}{\tau_p}, \quad (3.7)$$

где  $\tau_b$  – время добегания по бассейну, мин;

$\tau_p$  – русловое время добегания, мин.

Величина коэффициент  $K_t$  также картируется, что отражает влияние региональных факторов.

По мимо выше сказанного региональная методика для расчета максимальных стока дождевых паводков рек бассейна Верхней Волги имеет возможность расчета максимальных расходов воды малых рек площадью водосбора менее 50 км<sup>2</sup>. Для этого дополнительно необходимо рассчитать гидроморфометрическую характеристику склонов  $\Phi_{ск}$  и склоновое время добегания  $\tau_{ск}$ .

### *Региональная методика расчета максимальных расходов воды дождевых паводков малых рек бассейна Камы*

Основным отличием от методики расчета СП 33-101-2003 является способ расчет значений сборного коэффициента стока  $\varphi$  и наибольшего суточного слоя осадков  $H_{1\%}$ . Данные величины картированы и характеризуют региональные особенности бассейна Камы.

Для оценки значений относительно максимального модуля стока дождевых паводков используются гидроморфологические параметры  $A$  и  $B$ , характеризующие морфометрические параметры русла и склонов, соответственно:

$$A = \frac{1000L}{9I^{1/3}F^{1/4}(\varphi H_p)^{1/4}}, \quad (3.8)$$

$$B = \frac{l_c^{0.5}}{mI_c^{0.25}(\varphi H_p)^{0.5}}, \quad (3.9)$$

По результатам расчет параметра  $B$  находится значение времени добегания по безрусловым склонам  $\tau_c$ . Величина относительного максимального модуля стока определяется в зависимости от гидроморфологического параметра  $A$  и времени добегания  $\tau_c$ .

#### 3.7. Расчет максимального стока малых рек на урбанизированных территориях

Волжский бассейн обладает крупными хозяйственным и индустриальными комплексами, к которым относятся предприятия черной и цветной металлургии, легкой и химической промышленности и др. На 1990 год площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне была 65,3 млн га (29%), из них пашня – 45,2 млн га (34%). Сегодня чуть более 40% населения всей России, проживающего в Волжском бассейне, производит 45% промышленной и 50% сельскохозяйственной продукции, здесь расположено 38% всех сельскохозяйственных площадей страны [16].

Большие погрешности расчета максимальных расходов воды дождевых паводков по методике СП 33-101-2003 могут быть вызваны отсутствием коэффициентов, отображающих долю урбанизированных территорий.

В связи с вышесказанным расчетные характеристики максимального стока дождевых паводков могут определены с помощью альтернативных методик, разработанных для урбанизированных территорий.

### 3.7.1. Расчет максимального расхода воды дождевого паводка заданной обеспеченности техногенно-нагруженных территорий

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков заданной обеспеченности использовалась методика, описанная в СТП ВНИИГ 210.01. НТ\* –2010 «Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий».

Данная методика предназначена для расчета гидрологических характеристик как для территорий, обладающими естественными ландшафтами, так и для урбанизированных территорий. Методика рекомендуется для определения характеристик территорий для в диапазоне от крайне малых (от  $100\text{ м}^2$ ) до малых водосборов ( $10\text{ км}^2$ ) [17].

Расчетная формула максимальных расходов дождевых паводков заданной обеспеченности:

$$Q_{д\%} = q'_{1\%} \alpha_{лс} H_{1\%} \delta \lambda_p F, \quad (3.10)$$

где  $Q_{д\%}$  – максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков заданной обеспеченности  $P\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q'_{1\%}$  – максимальный модуль стока ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ ;

$\alpha_{лс}$  – сборный коэффициент ливневого стока;

$H_{1\%}$  – максимальный суточный слой осадков вероятностью превышения  $1\%$ ;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние проточных озер на внутреннем

водосборе;

$\lambda_p$  – коэффициент перехода от расходов воды с ежегодной вероятности превышения 1% к расходам воды с другой вероятностью превышения

$F$  – площадь внутреннего водосбора техногенно-нагруженной территории.

Основным отличием данной методики от формулы III типа является особенности расчета сборного коэффициента стока и общей продолжительности добегания дождевого стока  $\tau_d$  (3.11).

$$\tau_d = \tau_{д.с.} + \tau_{д.л.} + \tau_{д.тр.}, \quad (3.11)$$

где  $\tau_{д.с.}$  – время добегания дождевых вод по склонам, определяется в зависимости от гидроморфометрической характеристики склонов  $\Phi_c$ ;

$\tau_{д.л.}$  – время добегания дождевых вод по лоткам (3.12);

$\tau_{д.тр.}$  – время добегания дождевых вод по трубам (3.13).

$$\tau_{д.л.} = 1,25 \frac{L_l}{V_l}; \quad (3.12)$$

$$\tau_{д.тр.} = r \sum \frac{L_{тр}}{V_{тр}}, \quad (3.13)$$

где  $L_l, L_{тр}$  – длина лотка и расчетного участка коллектора, соответственно, м;

$V_l, V_{тр}$  – соответственно, скорость движения дождевых вод в конце лотка и по коллектору, м/с;

$r$  – коэффициент, зависящий от климатических характеристик и условий рельефа ( при  $I < 0.03 \text{ ‰}$   $r = 2.0$ , при уклонах более  $0,3 \text{ ‰}$   $r = 1.2$ ).

Сборный коэффициент ливневого стока  $\alpha_{ср.д}$  территории или выделенного на ней водосбора определяется по формуле [17]:

$$\alpha_{ср.д} = \left( \alpha_{л.с1} f_1 + \alpha_{л.с2} f_2 + \dots + \alpha_{л.сn} f_n \right) \frac{1}{F}, \quad (3.14)$$

где  $\alpha_{л.с1}, \alpha_{л.с2}, \alpha_{л.сn}$  – коэффициенты ливневого стока с различных видов поверхностей территории;

### 3.7.2. Рекомендации по расчету максимального стока дождевых паводков с селитебных территорий

При отсутствии изъятия и регулирования стока для расчет максимальных расходов дождевого стока с урбанизированных территорий можно использовать методическое пособие «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты».

Объем стоков расчетного дождя  $W_{ос.д}$  м<sup>3</sup>, который полностью направляется на очистные сооружения, определяется по формуле:

$$W_{ос.д} = 10h_a\psi_{mid}F, \quad (3.15)$$

где  $h_a$  – максимальный суточный слой осадков, мм, образующийся за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме;

$\psi_{mid}$  – средний коэффициент стока для расчетного дождя, определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока  $\psi_i$  для различного вида поверхностей;

$F$  – общая площадь водосборного бассейна, га.

Средний коэффициент стока  $\psi_{mid}$  определяется как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных коэффициентов стока с разного вида поверхности стока:

$$\psi_{mid} = \frac{\sum F_i \psi_i}{F}, \text{ где} \quad (3.16)$$

где  $F_i$  – площадь участка канализируемой территории с соответствующим видом покрытия;

$\psi_i$  – постоянный коэффициент стока дождевого стока для соответствующего вида покрытия, определяемый в соответствие с таблицей 3.6;

$F$  – общая площадь водосборного бассейна, га.

Таблица 3.9 – Значения постоянного коэффициента стока  $\psi_i$  для различных поверхностей стока

Виды поверхности стока	Постоянный коэффициент стока $\psi_i$
Водонепроницаемые поверхности (кровли и асфальтобетонные покрытия)	0,95
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,6
Булыжные мостовые	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2
Газоны	0,1

Максимальный суточный слой осадков  $h_a$  зависит качественных характеристик селитебных территорий. К первой группе относят территории, сток с которых близок по составу примесей к естественному стоку. Ко второй группе относят территории, с которых невозможно в полной мере исключить поступление в естественный сток загрязняющих веществ.

Для селитебных территорий первой группы максимальный суточный слой осадков определяется из условия обеспечения приема на очистку не менее 70% годового объема дождевого стока. Расчет максимального суточного слоя осадков основан на построении зависимости суммарного за год принимаемого на очистные сооружения слоя дождевых осадков и величины максимального суточного слоя осадков [18].

Для территорий второй группы максимальный суточный слой осадков принимается равной максимальному за год суточному слою атмосферных осадков обеспеченностью 63% и менее. Данная характеристика может быть получена двумя способами:

1. на основании данных многолетних наблюдений метеостанций за атмосферными осадками. При отсутствии таких данных величина

максимального суточного слоя осадков определяется по данным климатических справочников

2. с помощью расчетной формулы:

$$h_a = H_{cp}(1 + C_v \Phi), \quad (3.17)$$

где  $H_{cp}$  – значение среднего максимума суточного слоя осадков, мм;

$\Phi$  – нормированное отклонение от среднего значения при разных обеспеченностях  $P\%$  и коэффициента асимметрии  $C_v$ ;

$C_v$  – коэффициент вариации суточных осадков.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены следующие результаты.

Разработан шаблон для расчета по формуле предельной интенсивности в программе Microsoft Excel.

Установлено, что при расчете максимальных расходов на малых реках с ненарушенным режимом следует использовать алгоритм, который рекомендуется при отсутствии реки-аналога. При этом наиболее строго следует подходить к определению таких параметров как средний уклон водосбора, средневзвешенный уклон реки и гидрографическая длина водотока.

В районах с большим разнообразием азональных факторов в частности в карстовых районах следует вместо формулы СП 33-101-2003 использовать региональные формулы.

На реках с высоким уровнем антропогенной нагрузки формула предельной интенсивности, как правило, дает существенно завышенные расходы. Ошибка может составлять 100% и более. Для таких рек удовлетворительные результаты можно получить, только приняв коэффициент стока по реке-аналогу с аналогичными условиями формирования стока (что в большинстве случаев невозможно).

При отсутствии регулирования и изъятий стока для расчета максимальных расходов дождевых паводков с урбанизированных территорий можно рекомендовать методику, изложенную в «Рекомендациях по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий...» и «Методику расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий» из СТП ВНИИГ 210.01. НТ\* –2010.

## 5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воскресенский К.П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках: методические основы и практика. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 468 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.: НИА-Природа, 2019. – 290 с.
3. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 193 с.
5. Соколовский Д.Л. Речной сток (Основы теории и методики расчетов). – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 539 с.
6. Евстигнеев В. М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
7. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 431 с.
8. Чеботарев Н. П. Сток и гидрологические расчеты / Под ред. Б.В. Полякова. – М.: Гидрометеиздат, 1939. – 294 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.e-heritage.ru/Catalog/ShowPub/8566?lg=ru> (дата обращения: 09.10.2021).
9. ВМО №168 Руководство по гидрологической практике Том II, 2012 –324с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 10, книга 1. – М.: Гидрометеиздат, 1973 – 478 с.
11. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги/ Под редакцией

- Георгиевского В.Ю. – Ливны, 2015 – 129 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/verhvolga.pdf>
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 11. – Л.: Гидрометеиздат, 1973 – 849
13. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы/ Под редакцией Георгиевского В.Ю. – Ливны, 2015 – 135 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/kama.pdf>
14. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги/ Под редакцией Георгиевского В.Ю. – Ливны, 2015 – 129 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/n\\_volga\\_0.pdf](http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/n_volga_0.pdf)
15. Р 52.08.874–2018: «Определение гидрографических характеристик картографическим способом» / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) – СПб:2018. – 172 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293730/4293730221.pdf>
16. Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С. Розенберга. — М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. — 104 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Books\\_2011/Volga\\_2011.pdf](http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Books_2011/Volga_2011.pdf)
17. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий / Под ред. Сельского СВ, СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2010. – 115 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/4d6/4293810426.pdf>
18. Методическое пособие: «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий,

площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» / коллектив авторов НИИ ВОДГЕО: Ю.А. Меншутин, к.т.н. ЛМ. Верещагина, к.т.н. А.С. Керни, Е.В. Фомичёва, А.Ю. Логунова М: Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». 2015. – 146 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293757/4293757573.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Основные гидрографические характеристики рек и их водосборов в пунктах гидрологических наблюдений

Река-пост	Расстояние, км		F, км <sup>2</sup>	Средневзвешенный уклон водотока, ‰	Средний уклон водосбора, ‰	f <sub>оз</sub> , %	f <sub>б</sub> , %	f <sub>л</sub> , %	Урбанизация, %	Ср. высота водосбора, м
	от истока	от устья								
Бассейн Нижней Волги										
р. Улема - д. Нармонка	20.0	53.0	181	4.1	30.4	<1	0	15	2	зарег
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	18.0	29.0	126	2.4	23.6	1	0	5	1	зарег
р. Бетька - с. Янчиково	20.0	17.0	147	4.3	48.7	<1	0	11	1	зарег
р. Бездна - с. Антоновка	28.0	16.0	165	2	23.9	<1	0	7	2	зарег
р. Колтубанка - рзд. Лес	17.0	7.00	119	6.3	27.3	<1	0	72	2	
р. Турхановка - г. Бугуруслан	20.0	3.40	95.1	5.1	51.2	0	0	35	4	
р. Алай-с. Балтай	25.0	62.0	150			<1	0	22	3	зарег
Бассейн Верхней Волги										
руч. Малица - с. Николо-Малица	3.30	1.30	10.9	3.2	4.2	0	0	35	65	
р. Крива - д. Симаницы	12.0	0.60	45.5	2.3	17	0	0	68	<1	
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	28.0	18.0	185	0.7	3	0	<1	35	2	
р. Лама - с. Николо-Высокое	44.0	13.0	182	2.4	15	0	0	49	1	зарег
р. Пидьма - д. Чистый Дор	20.0	29.0	69.3	1.9	16	6	<1	85	<1	
р. Мотома - д. Аннино	30.0	24.0	128	0.9	25	0	<1	77	3	
р. Еда - д. Конюшино	18.0	0.30	73.0	1.8	11	0	<1	64	4	
р. Туношонка - д. Орлецы	31.0	20.0	137	1.3	17	<1	0	27	3	
р. Томна - д. Луговое	8.70	2.30	32.2	0.6	16	<1	0	59	8	
р. Лоймина - д. Георгиевское	26.0	3.00	161	1.6	14	0	0	60	<1	
р. Орлица - д. Большой Рог	22.0	6.00	96.0	1.6	47	2	0	9	4	зарег
р. Нугрь - д. Андросово	4.00	96.0	14.5	8	9.9	4	0	5	<1	зарег
р. Нугрь - д. Городище	19.0	81.0	175	2	26	<1	0	5	2	зарег

Река-пост	Расстояние, км		F, км <sup>2</sup>	Средневзвешенный уклон водотока, ‰	Средний уклон водосбора, ‰	f <sub>оз</sub> , %	f <sub>б</sub> , %	f <sub>л</sub> , %	Урбанизация, %	Ср. высота водосбора, м
	от истока	от устья								
р. Рыдань - д. Камынина	18.0	1.80	120	2.5	19	<1	0	11	3	
р. Снытка - д. Малая Кутьма	26.0	2.60	151	1.9	38	<1	0	2	3	зарег
р. Орс - д. Орс	26.0	4.50	155	1.9	36	<1	0	27	2	зарег
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	7.00	126	41.2	3.2	18	<1	0	1	3	
р. Шковка - д. Нижняя Шкава	10.0	0.60	58.0	2.5	12	<1	0	88	<1	
р. Путынка - д. Малахово	22.0	5.50	153	0.7	25	<1	0	42	2	зарег
р. Лусьянка - д. Черники	36.0	0.70	170	1.5	21	0	0	49	2	
р. Волошня - д. Чертаново	24.0	15.0	91.2	1.2	19	2	0	47	6	зарег
р. Катъш - с. Троицкое	15.0	7.20	70.5	5	28	0	0	55	6	
р. Медвенка - д. Большое Сареево	11.2	2.80	21.5	4.6	21	0	0	30	47	зарег
р. Закса - д. Большое Сареево	6.00	0.50	17.0	7.6	29	<1	0	32	56	зарег
руч. Прогоны - д. Большое Сареево			0.80	27	41					
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	19.0	87.0	110	1.6	13	2	0	1	2	
р. Салакса - с. Салавирь	23.0	5.40	160	1.8	21	<1	0	92	<1	
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	12.0	11.0	62.0	6	43	2	0	17	19	
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	14.0	3.90	166	2.8	27	<1	0	92	<1	зарег
р. Ракитня - д. Серeda	23.5	16.5	112			0	0	73	<1	
Бассейн Камы										
р.Стебеневка - с. Полдневная (В)	4.00	3.30	10	14.2	51	0	0	92	0	
р.Стебеневка - с. Полдневная (Н)	6.80	0.50	28.7	12.5	46.8	0	0	84	0	
р. Кусья - крд. Кусья Рассоха	18.0	28.0	58			0	0	89	2	
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	26.0	64.0	141	5.1	101	<1	0	70	<1	зарег

Река-пост	Расстояние, км		F, км <sup>2</sup>	Средневзвешенный уклон водотока, ‰	Средний уклон водосбора, ‰	f <sub>оз</sub> , %	f <sub>б</sub> , %	f <sub>л</sub> , %	Урбанизация, %	Ср. высота водосбора, м
	от истока	от устья								
р. Бердышла - х. Солёный	7.20	3.80	27.6			<1	0	29	5	зарег
р. Тесьма - г. Златоуст	16.0	1.60	143	16.4	119	<1	0	87	8	зарег
р. Тюлюк - с. Тюлюк	22.0	3.00	136	22.5	100	0	0	88	<1	
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	10.8	6.20	99.1	4.6	21.9	2	0	14	12	зарег
р. Сарапала - д. Новопоручиково	17.0	4.10	80	5.1	43	0	0	51	7	
р. Просница - д. Большой Перелаз	28.0	45.00	127			<1	0	31	<1	
р. Волма - с. Волма	18.0	5.60	110			0	0	48	<1	
р. Малая Кумена - д. Дыряна	24.0	2.00	122	2.1	46.7	<1	0	30	<1	
р. Елховка - д. Поляна	10.0	8.00	88.8	2.9	28.8	0	0	14	3	
р. Боровка - с. Боровка			59	1.9	10					
р. Нурминка - с. Кукмор	18.0	20.0	107	5.1	60.1	2	0	3	8	зарег
р. Анзирка - с. Яковлево	33.0	13.0	190	3.6	54.1	<1	0	10	3	зарег

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Основные характеристики наибольших за многолетний период максимальных расходов дождевых паводков

Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Наибольший срочный расход воды		Слой стока, мм		Коэффициент несимметричности, Ks	H <sub>1%</sub>
				м <sup>3</sup> /с	дата	до пика	за весь паводок		
Бассейн Нижней Волги									
77158	р. Улема - д. Нармонка	181	35	50.9	7 июл	0.90	0.16	5.6	100
77191	р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	14	4.54	5 май	10.0	1.26	7.9	85
77195	р. Бетька - с. Янчиново	147	38	70.5	26 июл	6.50	0.96	6.8	85
77195	р. Бездна - с. Антоновка	165	29	6.85	6 май	15.0	2.47	6.1	85
77276	р. Колтубанка - рзд. Лес	119	40	2.77	1 май	2.00	0.24	8.3	85
77295	р. Турхановка - г. Бугуруслан	95.1	29	8.86	27 май	3.80	0.36	10.6	85
77407	р. Алай-с. Балтай	150	34	199	28 май	6.90	6.08	1.1	110
Бассейн Верхней Волги									
75052	руч. Малица - с. Николо-Малица	10.9	43	862	27 авг	5.90	28.0	0.21	100
75109	р. Крива - д. Симаницы	45.5	28	12.2	24 сен	27.0	52.0	0.52	100
75111	р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	185	55	39.8	4 июл	6.50	24.0	0.27	100
75115	р. Лама - с. Николо-Высокое	184	23	35.0	24 июн	20.0	31.0	0.65	100
75198	р. Пидьма - д. Чистый Дор	69.3	42	10.4	22 май	33.0	73.0	0.45	100
75201	р. Мотома - д. Аннино	128	43	20.7	30 июн	13.0	46.0	0.28	98
75220	р. Еда - д. Конюшино	73.0	18	4.07	12 июл	27.0	42.0	0.64	100
75231	р. Туношонка - д. Орлецы	137	21	66.2	5 июн	33.0	51.0	0.65	100
75271	р. Томна - д. Луговое	32.2	39	33.6	10 июл	25.0	61.0	0.41	105
75299	р. Лоймина - д. Георгиевское	161	48	21.5	3 май	6.40	22.0	0.29	80
75335	р. Орлица - д. Большой Рог	96.0	36	34.2	20 авг	8.00	18.0	0.44	110
75345	р. Нугрь - д. Андросово	14.5	26	4.08	26 июн	4.60	15.0	0.31	105

Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Наибольший срочный расход воды		Слой стока, мм		Коэффициент несимметричности, Ks	H <sub>1%</sub>
				м <sup>3</sup> /с	дата	до пика	за весь паводок		
75346	р. Нугрь - д. Городище	175	33	83.7	19 авг	5.00	22.0	0.23	105
75349	р. Рыдань - д. Камынина	120	33	85.9	19 авг	4.00	16.0	0.25	105
75350	р. Снытка - д. Малая Кутьма	151	33	2.69	20 июл	-	0.90	-	105
75351	р. Орс - д. Орс	155	33	89.6	20 авг	17.0	31.0	0.55	105
75370	р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	41.2	20	6.40	23 июн	1.30	4.90	0.27	106
75378	р. Шковка - д. Нижняя Шкава	58.0	19	13.9	3 июн	9.80	43.0	0.23	105
75387	р. Путьнка - д. Малахово	153	60	58.8	25 июн	26.0	47.0	0.55	100
75409	р. Лусянка - д. Черники	170	31	109	20 июл	16.0	55.0	0.29	105
75421	р. Волошня - д. Чертаново	91.2	24	10.1	11 авг	3.50	46.0	0.08	105
75428	р. Кастыш - с. Троицкое	70.5	33	33.4	7 июл	5.00	42.0	0.12	104
75435	р. Медвенка - д. Большое Сареево	21.5	32	18800	19 июл	4.40	37.0	0.12	110
75438	р. Закса - д. Большое Сареево	17.0	27	6820	28 июн	-	9.50	-	110
75441	руч. Прогоны - д. Большое Сареево	0.80	35	332	17 июл	-	2.30	-	105
75527	р. Большой Ломовис - с. Рождественское	110	35	0.64	13 апр	0.80	2.70	0.30	100
75542	р. Салакса - с. Салавирь	160	16	16.9	24 июн	5.10	37.0	0.14	80
75545	р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	62.0	25	40.6	28 июн	5.80	14.0	0.41	80
75650	р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	166	16	22.9	15 дек	9.40	32.0	0.29	100
75733	р. Ракитня - д. Серeda	112	11	22.4	30 мар	46.0	123	0.37	120
Бассейн Камы									
76200	р.Стебенеvка - с. Полдневная (В)	10	22	0.64	13 май	4.60	11.0	0.42	86
76201	р.Стебенеvка - с. Полдневная (Н)	28.7	36	6.02	22 июл	9.10	26.0	0.35	85
76226	р. Куся - крд. Куся Рассоха	58	7	19.0	21 май	17.0	71.0	0.24	80

Код поста	Река-пост	F, км <sup>2</sup>	Период наблюдений	Наибольший срочный расход воды		Слой стока, мм		Коэффициент несимметричности, Ks	H <sub>1%</sub>
				м <sup>3</sup> /с	дата	до пика	за весь паводок		
76325	р. Селеук - д. Нижнеиткулово	141	58	12.0	10 июл	2.80	9.90	0.28	100
76327	р. Бердышла - х. Солёный	27.6	7	1.02	2 июн	1.80	5.10	0.35	100
76420	р. Тесьма - г. Златоуст	143	39	35.5	5 авг	30.0	84.0	0.36	82
76470	р. Тюлюк - с. Тюлюк	136	44	39.3	6 июл	24.0	101	0.24	87
76491	р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	99.1	25	2.71	28 сен	2.80	5.50	0.51	80
76546	р. Сарапала - д. Новопоручиково	80	69	3.24	27 май	1.20	3.40	0.35	80
76604	р. Просница - д. Большой Перелаз	127	10	10.7	10 июл	10.00	18.0	0.56	100
76608	р. Волма - с. Волма	110	9	10.7	4 авг	12.00	27.0	0.44	100
76617	р. Малая Кумена - д. Дыряна	122	20	9.52	14 май	-	6.50	-	80
76621	р. Елховка - д. Поляна	88.8	30	19.1	20 май	0.50	36.0	0.01	76
76622	р. Боровка - с. Боровка	59	24	15.2	21 июн	11.0	57.0	0.19	100
76644	р. Нурминка - с. Кукмор	107	16	27.4	28 июл	-	4.50	-	80
76646	р. Анзирка - с. Яковлево	190	37	37.9	17 авг	8.80	25.0	0.35	80

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Расчетные максимальные расходы воды дождевых паводков малых рек Волжского бассейна

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный расход расчетных обеспеченностей, %						
		Q <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25	
<b>Бассейн Нижней Волги</b>											
р. Улема - д. Нармонка	181	7.0	1.29	3.50	81.5	46.2	30.6	24.0	15.7	7.0	
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	1.62	0.69	3.50	8.40	5.73	4.47	3.84	3.06	1.99	
р. Бетька - с. Янчиково	147	10.0	1.65	3.00	154	82.0	52.8	41.0	24.6	9.4	
р. Бездна - с. Антоновка	165	2.71	1.14	3.00	25.0	15.3	10.9	8.8	6.2	3.3	
р. Колтубанка - рзд. Лес	119	0.76	0.68	6.00	4.70	2.93	2.10	1.74	1.26	0.78	
р. Турхановка - г. Бугуруслан	95.1	3.40	1.19	3.00	15.4	9.30	6.57	5.20	3.59	1.87	
р. Алай-с. Балтай	150	3.20	0.75	3.00	313	187	125	97.8	61.1	21.5	
<b>Бассейн Верхней Волги</b>											
руч. Малица - с. Николо-Малица	10.9	57.1	0.72	2.4	275.0	195	157	138	112	76.5	
р. Крива - д. Симаницы	45.5	2.33	1.13	2.50	19.4	12.4	9.19	7.63	5.61	3.03	
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	185	11.1	0.82	2.50	62.7	43.0	33.6	29.1	23.1	15.0	
р. Лама - с. Николо-Высокое	184	11.4	0.85	2.10	62.8	44.0	34.8	30.4	24.2	16.0	
р. Пидьма - д. Чистый Дор	69.3	3.59	0.71	2.50	17.0	12.1	9.71	8.56	6.94	4.78	
р. Мотома - д. Аннино	128	9.10	0.65	1.50	34.5	26.5	22.2	20.1	17.1	12.6	
р. Еда - д. Конюшино	73.0	2.41	0.46	0.52	6.06	5.13	4.57	4.29	3.85	3.13	
р. Туношонка - д. Орлецы	137	8.71	1.63	2.70	126	70.4	46.7	35.7	22.8	8.82	
р. Томна - д. Луговое	32.2	3.35	2.2	2.10	65.0	35.2	22.9	17.2	10.4	3.33	
р. Лоймина - д. Георгиевское	161	5.68	0.73	3.50	32.1	21.1	16.4	13.9	10.9	6.98	

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный расход расчетных обеспеченностей, %					
		Q <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25
р.Орлица - д. Большой Рог	96.0	3.24	1.83	2.80	56	29.8	18.7	14.2	8.57	2.86
р. Нугрь - д. Андросово	14.5	1.01	1.15	2.80	9.3	5.68	4.12	3.34	2.32	1.25
р. Нугрь - д. Городище	175	8.48	2.12	2.40	166	87.7	55.2	42.1	24.1	7.58
р. Рыдань - д. Камынина	120	11.2	1.66	2.80	168	92.2	61.0	46.4	29.0	11.2
р. Снытка - д. Малая Кутьма	151	4.79	0.8	3.50	29.6	19.4	14.8	12.4	9.43	5.89
р. Орс - д. Орс	155	12.0	1.58	2.80	168	94.1	62.5	47.9	30.7	12.1
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	41.2	1.36	1.03	3.70	11.8	7.18	5.13	4.08	2.82	1.5
р. Шковка - д. Нижняя Шкова	58.0	4.70	0.77	2.60	24.6	17.1	13.5	11.8	9.46	6.19
р. Путьнка - д. Малахово	153	6.55	1.67	3.00	103	54.8	35.1	27	16.1	6.01
р. Лусянка - д. Черники	170	18.8	1.22	2.70	181	110	79.6	64.3	44.4	23.6
р. Волошня - д. Чертаново	91.2	3.68	0.64	2.60	16.0	11.5	9.34	8.28	6.86	4.83
р. Кастыш - с. Троицкое	70.5	8.87	1.02	2.50	67.0	42.7	32.4	27.0	20.4	11.7
р. Медвенка - д. Большое Сареево	21.5	1.94	1.61	3.00	28.7	15.8	10.1	7.73	4.77	1.87
р. Закса - д. Большое Сареево	17.0	1458	1.11	2.60	11966	7649	5696	4728	6485	1894
руч. Прогоны - д. Большое Сареево	0.80	81.4	0.96	2.40	542	361	2755	241	182	113
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	110	0.38	0.59	3.50	1.65	1.17	0.934	0.824	0.675	0.47
р. Салакса - с. Салавирь	160	5.11	0.88	2.50	31.8	21.3	16.3	14.3	10.9	6.96
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	62.0	7.93	1.36	2.00	77.9	49.2	36.2	29.5	21.0	11.0
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	166	4.68	1.14	4.00	43.1	26.4	18.8	15.2	10.6	5.67
р. Ракитня - д. Серета	112	11.7	0.67	1.80	48.1	35.8	29.5	26.5	22.2	15.9
Бассейн Камы										
р.Стебенежка - с. Полдневная (В)	10	0.59	0.94	3.20	4.74	2.74	1.96	1.64	1.24	0.759

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный расход расчетных обеспеченностей, %					
		Q <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25
р.Стебенежка - с. Полдневная (Н)	28.7	1.96	0.91	3.00	13.6	8.83	6.66	5.55	4.14	2.48
р. Кусья - крд. Кусья Рассоха	58	9.04	0.94	2.50	60.1	39.7	30.3	26.2	19.9	12.3
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	141	4.25	0.78	2.50	22.6	15.8	12.4	10.8	8.66	5.63
р. Бердышла - х. Солёный	27.6	1.76	0.82	2.00	9.21	6.53	5.20	4.56	3.69	2.46
р. Тесьма - г. Златоуст	143	13.2	0.74	1.50	57.2	42.6	35.0	31.3	26.2	18.6
р. Тюлюк - с. Тюлюк	136	13.0	0.82	3.00	68.6	48.6	38.7	33.9	27.5	18.3
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	99.1	0.90	0.71	2.50	119	86.2	69.7	61.7	51.0	35.8
р. Сарапала - д. Новопоручиково	80	171	0.84	2.50	6.45	4.38	3.39	2.91	2.3	1.46
р. Просница - д. Большой Перелаз	127	3.55	0.87	2.00	19.9	13.9	11.0	9.59	7.63	5.00
р. Волма - с. Волма	110	3.65	0.81	2.50	20.5	14.1	11.0	9.53	7.56	4.92
р. Малая Кумена - д. Дыряна	122	3.96	0.77	1.50	17.8	13.2	10.8	9.66	8.04	5.66
р. Елховка - д. Поляна	88.8	4.41	1.1	2.00	32.7	21.8	16.5	14.0	10.8	6.38
р. Боровка - с. Боровка	59	5.51	0.85	2.00	29.7	21.0	16.7	14.6	11.8	7.78
р. Нурминка - с. Кукмор	107	4.36	1.61	2.00	54.0	32.3	23.0	18.3	12.2	5.81
р. Анзирка - с. Яковлево	190	4.73	1.93	2.00	73.9	42.9	28.9	22.0	14.5	5.39

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Расчетные слои стока дождевых паводков малых рек Волжского бассейна

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный слой стока расчетных обеспеченностей, %					
		h <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25
Бассейн Нижней Волги										
р. Улема - д. Нармонка	181	4.70	0.80	2.5	25.0	18.0	14.0	12.0	9.60	6.30
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	3.00	0.90	2.0	18.0	12.0	9.40	8.10	6.40	4.10
р. Бетька - с. Янчиково	147	5.80	1.40	4.0	80.0	38.0	24.0	19.0	13.0	6.9
р. Бездна - с. Антоновка	165	2.90	1.10	4.0	30.0	16.0	10.0	8.50	6.10	3.60
р. Колтубанка - рзд. Лес	119	2.50	0.70	3.0	15.0	9.20	7.00	6.10	4.80	3.20
р. Турхановка - г. Бугуруслан	95.1	3.40	1.00	2.5	25.0	16.0	12.0	10.0	7.80	4.50
р. Алай-с. Балтай	150	4.10	0.60	1.5	24.8	15.2	11.1	8.99	6.30	3.47
Бассейн Верхней Волги										
руч. Малица - с. Николо-Малица	10.9	8.90	0.83	2.3	48.8	34.0	26.6	23.3	18.7	12.2
р. Крива - д. Симаницы	45.5	10.6	0.97	2.9	77.8	50.2	37.7	31.5	23.6	13.4
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	185	18.3	0.62	175.0	65.9	51.3	43.6	39.9	34.5	26.1
р. Лама - с. Николо-Высокое	184	13.5	0.93	2.7	89.6	59.7	45.5	38.5	29.7	17.7
р. Пидьма - д. Чистый Дор	69.3	28.8	0.67	1.5	114	85.7	71.6	64.8	54.6	39.5
р. Мотома - д. Аннино	128	35.8	0.74	2.0	166	120	97.7	86.7	71.5	49.4
р. Еда - д. Конюшино	73.0	18.8	71.0	2.8	92.8	65.1	51.6	45.2	36.5	24.4
р. Туношонка - д. Орлецы	137	12.0	0.97	2.6	86.3	55.3	42.1	35.2	26.8	15.7
р. Томна - д. Луговое	32.2	21.6	0.80	2.2	113	79.7	63.4	55.5	44.5	29.8
р. Лоймина - д. Георгиевское	161	9.05	0.66	2.8	41.6	29.6	23.5	20.8	17.1	11.8
р.Орлица - д. Большой Рог	96.0	5.48	0.59	3.5	29.9	16.9	13.5	11.9	9.77	6.87

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный слой стока расчетных обеспеченностей, %					
		h <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25
р. Нугрь - д. Андросово	14.5	5.19	0.85	2.5	30.9	21.0	16.2	13.9	11.0	6.98
р. Нугрь - д. Городище	175	5.34	0.73	2.5	26.6	18.8	14.8	13.0	10.6	7.12
р. Рыдань - д. Камынина	120	8.09	0.68	1.5	32.4	24.4	20.3	18.4	15.5	11.2
р. Снытка - д. Малая Кутьма	151	5.05	0.70	3.5	26.4	18.0	14.0	12.1	9.59	6.22
р. Орс - д. Орс	155	8.75	0.89	2.0	50.0	34.9	27.5	24.0	19.0	12.4
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	41.2	17.2	0.58	2.5	63.8	48.1	40.0	36.2	30.6	22.5
р. Шковка - д. Нижняя Шкава	58.0	17.2	0.58	2.2	63.8	48.1	40.0	36.2	30.6	22.5
р. Путьинка - д. Малахово	153	7.99	1.08	2.5	60.1	40.0	30.4	25.2	18.8	10.3
р. Лусянка - д. Черники	170	21.2	0.84	2.0	113	80.2	63.7	55.8	45.1	29.9
р. Волошня - д. Чертаново	91.2	19.2	0.75	2.4	97.7	68.6	54.0	47.6	38.5	25.7
р. Кастьш - с. Троицкое	70.5	13.7	0.75	2.5	69.5	48.9	38.5	33.9	27.4	18.4
р. Медвенка - д. Большое Сареево	21.5	8.47	0.94	2.0	51.7	35.7	27.6	24.1	19.1	12.1
р. Закса - д. Большое Сареево	17.0	6.37	1.19	2.5	57.3	35.9	26.5	21.8	15.5	8.08
руч. Прогоны - д. Большое Сареево	0.80	3.30	1.10	2.0	24.7	16.3	12.3	10.7	7.99	4.79
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	110	2.58	0.82	2.0	1.60	9.61	7.65	6.71	5.43	3.62
р. Салакса - с. Салавирь	160	15.8	0.66	1.5	59.9	45.9	38.5	34.9	29.6	21.8
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	62.0	10.4	1.17	2.5	92.5	58.0	42.8	35.3	25.1	13.2
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	166	8.27	0.88	3.0	52.2	35.3	27.2	22.8	17.40	10.30
р. Ракитня - д. Серeda	112	18.4	0.64	3.0	83.1	58.9	47.1	41.5	33.90	23.30
Бассейн Камы										
р.Стебенежка - с. Полдневная (В)	10	17.0	1.06	3.0	143	91.0	66.0	54.0	38.0	21.0
р.Стебенежка - с. Полдневная (Н)	28.7	15.0	0.74	4.0	88.0	57.0	44.0	37.0	28.0	17.0
р. Кусья - крд. Кусья Рассоха	58	37.0	0.90	1.5	196	141.0	113.0	100.0	81.0	54.0

Река-пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Параметры кривой обеспеченности по приведенному к многолетнему периоду ряду			Максимальный слой стока расчетных обеспеченностей, %					
		h <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	0.1	1	3	5	10	25
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	141	12.0	0.83	2.5	70.0	48.0	38.0	32.0	26.0	17.0
р. Бердышла - х. Солёный	27.6	2.7	0.34	6.0	7.80	5.80	4.90	4.40	3.80	3.00
р. Тесьма - г. Златоуст	143	25.0	0.75	2.5	124	87.0	69.0	60.0	49.0	33.0
р. Тюлюк - с. Тюлюк	136	40.5	0.74	2.8	210	146	115	100	80.0	53.0
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	99.1	2.60	1.95	1.5	11.0	8.50	7.00	6.20	5.20	3.70
р. Сарапала - д. Новопоручиково	80	2.60	0.81	3.5	16.0	11.0	8.20	6.90	5.30	5.20
р. Просница - д. Большой Перелаз	127	14.0	0.67	2.0	59.0	43.0	36.0	33.0	27.0	20.0
р. Волма - с. Волма	110	15.0	0.78	1.5	68.0	51.0	41.0	37.0	31.0	22.0
р. Малая Кумена - д. Дыряна	122	4.50	0.87	2.0	25.0	18.0	14.0	12.0	10.0	6.40
р. Елховка - д. Поляна	88.8	7.80	1.06	2.0	56.0	38.0	29.0	24.0	19.0	11.0
р. Боровка - с. Боровка	59	33.3	0.79	2.0	167	119.0	96.0	84.0	68.0	46.0
р. Нурминка - с. Кукмор	107	2.50	1.30	2.5	25.0	15.0	11.0	8.90	6.10	3.20
р. Анзирка - с. Яковлево	190	5.00	1.37	1.5	44.0	29.0	22.0	19.0	14.0	8.00

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Расчетные значения переходного коэффициента  $\lambda_{p\%}$

Река-пост		Расчетные значения						Значения СНиП 2.01.14-83							
		$\lambda_{расч.}$						$\lambda'$							
		0.1	1	3	5	10	25	Номер зоны	0.1	1	2	3	5	10	25
р. Улема - д.Нармонка		1.76	1	0.66	0.52	0.34	0.15	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки		1.47	1	0.78	0.67	0.53	0.35	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Бетька - с. Янчиково		1.88	1	0.64	0.50	0.30	0.11	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Бездна - с. Антоновка		1.63	1	0.71	0.57	0.40	0.21	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Колтубанка - рзд. Лес		1.60	1	0.72	0.59	0.43	0.27	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Турхановка - г. Бугуруслан		1.66	1	0.71	0.56	0.39	0.20	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Алай-с. Балтай		1.67	1	0.67	0.52	0.33	0.11	11	1.7	1	0.8	0.7	0.55	0.4	0.2
	сред	1.67	1	0.70	0.56	0.39	0.20	сред	1.59	1.00	0.82	0.74	0.62	0.47	0.29
руч. Малица - с. Николо-Малица		1.41	1	0.81	0.71	0.57	0.39	4	1.4	1	0.82	0.69	0.50	0.35	0.23
р. Крива - д. Симаницы		1.56	1	0.74	0.62	0.45	0.24	4	1.4	1	0.82	0.72	0.58	0.45	0.30
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь		1.46	1	0.78	0.68	0.54	0.35	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Лама - с. Николо-Высокое		1.43	1	0.79	0.69	0.55	0.36	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Пидьма - д. Чистый Дор		1.40	1	0.80	0.71	0.57	0.40	4	1.4	1	0.82	0.74	0.63	0.51	0.34
р. Мотома - д. Аннино		1.30	1	0.84	0.76	0.65	0.48	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Еда - д. Конюшино		1.18	1	0.89	0.84	0.75	0.61	4	1.4	1	0.82	0.75	0.64	0.52	0.35
р. Туношонка - д. Орлецы		1.79	1	0.66	0.51	0.32	0.13	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Гомна - д. Луговое		1.85	1	0.65	0.49	0.30	0.09	4	1.4	1	0.82	0.71	0.55	0.41	0.27
р. Лоймина - д. Георгиевское		1.52	1	0.78	0.66	0.52	0.33	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р.Орлица - д. Большой Рог		1.88	1	0.63	0.48	0.29	0.10	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28
р. Нугрь - д. Андросово		1.64	1	0.73	0.59	0.41	0.22	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28

Река-пост		Расчетные значения						Значения СНиП 2.01.14-83								
		λ <sub>расч.</sub>						λ'								
		0.1	1	3	5	10	25	Номер зоны	0.1	1	2	3	5	10	25	
р. Нугрь - д. Городище		1.89	1	0.63	0.48	0.27	0.09	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Рыдань - д. Камынина		1.82	1	0.66	0.50	0.31	0.12	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Снытка - д. Малая Кутьма		1.53	1	0.76	0.64	0.49	0.30	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Орс - д. Орс		1.79	1	0.66	0.51	0.33	0.13	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево		1.64	1	0.71	0.57	0.39	0.21	11	1.7	1	0.8	0.65	0.45	0.28	0.11	
р. Шковка - д. Нижняя Шкова		1.44	1	0.79	0.69	0.55	0.36	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Путьнка - д. Малахово		1.88	1	0.64	0.49	0.29	0.11	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Лусянка - д. Черники		1.65	1	0.72	0.58	0.40	0.21	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Волошня - д. Чертаново		1.39	1	0.81	0.72	0.60	0.42	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Кастьш - с. Троицкое		1.57	1	0.76	0.63	0.48	0.27	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Медвенка - д. Большое Сарево		1.82	1	0.64	0.49	0.30	0.12	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Заказа - д. Большое Сарево		1.56	1	0.74	0.62	0.85	0.25	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
руч. Прогоны - д. Большое Сарево		1.50	1	7.63	0.67	0.50	0.31	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Большой Ломовис - с. Рождественское		1.41	1	0.80	0.70	0.58	0.40	11	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Салакса - с. Салавирь		1.49	1	0.77	0.67	0.51	0.33	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)		1.58	1	0.74	0.60	0.43	0.22	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка		1.63	1	0.71	0.58	0.40	0.21	5	1.6	1	0.83	0.74	0.62	0.46	0.28	
р. Ракитня - д. Середа		1.34	1	0.82	0.74	0.62	0.44	11	1.7	1	0.8	0.7	0.55	0.4	0.2	
	сред	1.58	1	0.97	0.62	0.47	0.27	сред	1.54	1.00	0.82	0.74	0.62	0.47	0.29	
р.Стебеневка - с. Полдневная (В)		1.73	1	0.72	0.60	0.45	0.28	4	1.4	1	0.82	0.69	0.50	0.35	0.23	
р.Стебеневка - с. Полдневная (Н)		1.54	1	0.75	0.63	0.47	0.28	4	1.4	1	0.82	0.71	0.54	0.40	0.26	

Река-пост		Расчетные значения						Значения СНиП 2.01.14-83							
		λ <sub>расч.</sub>						λ'							
		0.1	1	3	5	10	25	Номер зоны	0.1	1	2	3	5	10	25
р. Кусья - крд. Кусья Рассоха		1.51	1	0.76	0.66	0.50	0.31	4	1.4	1	0.82	0.73	0.61	0.48	0.32
р. Селеук - д. Нижнеиткулово		1.43	1	0.78	0.68	0.55	0.36	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Бердышла - х. Солёный		1.41	1	0.80	0.70	0.57	0.38	4	1.4	1	0.82	0.70	0.54	0.40	0.26
р. Тесьма - г. Златоуст		1.34	1	0.82	0.73	0.62	0.44	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Тюлюк - с. Тюлюк		1.41	1	0.80	0.70	0.57	0.38	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш		1.38	1	0.81	0.72	0.59	0.42	4	1.4	1	0.82	0.77	0.70	0.60	0.40
р. Сарапала - д. Новопоручиково		1.47	1	0.77	0.66	0.53	0.33	4	1.4	1	0.82	0.75	0.66	0.54	0.36
р. Просница - д. Большой Перелаз		1.43	1	0.79	0.69	0.55	0.36	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Волма - с. Волма		1.45	1	0.78	0.68	0.54	0.35	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Малая Кумена - д. Дыряна		1.35	1	0.82	0.73	0.61	0.43	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Елховка - д. Поляна		1.50	1	0.76	0.64	0.50	0.29	4	1.4	1	0.82	0.76	0.68	0.57	0.38
р. Боровка - с. Боровка		1.41	1	0.80	0.70	0.56	0.37	4	1.4	1	0.82	0.73	0.61	0.49	0.32
р. Нурминка - с. Кукмор		1.67	1	0.71	0.57	0.38	0.18	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
р. Анзирка - с. Яковлево		1.72	1	0.67	0.51	0.34	0.13	4	1.4	1	0.82	0.77	0.7	0.6	0.4
	сред	1.49	1	0.77	0.66	0.52	0.33	сред	1.40	1.00	0.82	0.75	0.65	0.54	0.36

ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Расчетные параметры формулы предельной интенсивности

Река -створ	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I_p$ , ‰	$I_B$ , ‰	$f_{03}$ , %	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$\varphi_0$	$\varphi$	$m$	$m_p$	$H_{1\%}$	$\Phi_p$	$t_{ск}$	$q_1^*$ %	$\delta$
Бассейн Нижней Волги																	
р. Улема - д. Нармонка	181	20	4.1	30.4	0.0	1.2	0.6	0.07	0.66	0.41	0.33 3	11	100	123	60	0.02 2	1.00
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	126	18	2.4	23.6	1.0	1.3	0.6	0.11	0.66	0.32	0.33 3	11	100	153	60	0.01 7	1.00
р. Бетька - с. Янчиково	147	20	4.3	48.7	0.0	1.2	0.5	0.07	0.56	0.47	0.33 3	11	100	123	60	0.02 2	1.00
р. Бездна - с. Антоновка	165	28	2	23.9	0.0	1.3	0.5	0.11	0.56	0.29	0.33 3	11	100	244	60	0.01 2	1.00
р. Колтубанка - рзд. Лес	119	17	6.3	27.3	0.0	1.3	0.7	0.11	0.59	0.30	0.33 3	11	120	104	60	0.02 6	1.00
р. Турхановка - г. Бугуруслан	95.1	20	5.1	51.2	0.0	1.3	0.7	0.11	0.59	0.47	0.33 3	11	120	123	60	0.02 2	1.00
Бассейн Верхней Волги																	
руч. Малица - с. Николо-Малица	10.9	3.3	3.2	4.2	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.08	0.33 3	11	105	67	60	0.03 8	1.00
р. Крива - д. Симаницы	45.5	12.0	2.3	17.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.17	0.33 3	11	80	165	60	0.01 6	1.00
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	185	28.0	0.7	3.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.05	0.33 3	11	90	532	60	0.00 8	1.00
р. Лама - с. Николо-Высокое	182	44.0	2.4	15.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.14	0.33 3	11	100	417	60	0.00 8	1.00
р. Пидьма - д. Чистый Дор	69.3	20.0	1.9	16.0	6.0	1.2	0.80	0.07	0.30	0.11	0.33 3	11	100	281	60	0.00 8	0.99
р. Мотома - д. Аннино	128	30.0	0.9	25.0	0.0	1.2	0.80	0.07	0.30	0.15	0.33 3	11	100	429	60	0.00 8	1.00
р. Еда - д. Конюшино	73	18.0	1.8	11.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.28	0.09	0.33 3	11	90	271	60	0.00 9	1.00

Река -створ	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I_p$ , ‰	$I_b$ , ‰	$f_{\text{оз}}$ , %	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$\varphi_0$	$\varphi$	$m$	$m_p$	$H_{1\%}$	$\Phi_p$	$t_{\text{ск}}$	$q_1^*$ %	$\delta$
р. Туношонка - д. Орлецы	137	31.0	1.3	17.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.16	0.33 3	11	90	387	60	0.00 8	1.00
р. Томна - д. Луговое	32.2	8.7	0.6	16.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.17	0.33 3	11	80	205	60	0.01 3	1.00
р. Лоймина - д. Георгиевское	161	26.0	1.6	14.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.14	0.33 3	11	100	294	60	0.00 8	1.00
р. Орлица - д. Большой Рог	96	22.0	1.6	47.0	2.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.41	0.33 3	11	135	201	60	0.01 3	1.00
р. Нугрь - д. Андросово	14.5	4.0	8.0	9.9	4.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.17	0.33 3	11	118	44	60	0.05 4	1.00
р. Нугрь - д. Городище	175	19.0	2.0	26.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.25	0.33 3	11	118	162	60	0.01 7	1.00
р. Рыдань - д. Камынина	120	18.0	2.5	19.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.21	0.33 3	11	120	163	60	0.01 7	1.00
р. Снытка - д. Малая Кутьма	151	26.0	1.9	38.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.33	0.33 3	11	115	219	60	0.01 2	1.00
р. Орс - д. Орс	155	26.0	1.9	36.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.32	0.33 3	11	121	217	60	0.01 2	1.00
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	41.2	7.0	3.2	18.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.23	0.33 3	11	130	73	60	0.03 9	1.00
р. Шковка - д. Нижняя Шкава	58.0	10.0	2.5	12.0	0.0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.17	0.33 3	11	119	115	60	0.02 5	1.00
р. Путьнка - д. Малахово	153	22.0	0.7	25.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.20	0.33 3	11	119	288	60	0.00 9	1.00
р. Лусянка - д. Черники	170	36.0	1.5	21.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.18	0.33 3	11	105	379	60	0.00 8	1.00
р. Волошня - д. Чертаново	91.2	24.0	1.2	19.0	2.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.18	0.33 3	11	105	320	60	0.01 3	1.00
р. Кастыш - с. Троицкое	70.5	15.0	5.0	28.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.23	0.33 3	11	104	124	60	0.02 2	1.00
р. Медвенка - д. Большое Сарево	21.5	11.2	4.6	21.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.21	0.33 3	11	105	131	60	0.02 0	1.00
р. Заказа - д. Большое Сарево	17.0	6.0	7.6	29.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.26	0.33 3	11	105	60	60	0.04	1.00

Река -створ	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I_p$ , ‰	$I_B$ , ‰	$f_{\text{оз}}$ , %	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$\varphi_0$	$\varphi$	$m$	$m_p$	$H_{1\%}$	$\Phi_p$	$t_{\text{ск}}$	$q_1^*$ %	$\delta$
											3					2	
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	110	19.0	1.6	13.0	0.0	1.3	0.7	0.11	0.54	0.16	0.33 3	11	100	227	60	0.01 1	1.00
р. Салакса - с. Салавирь	160	23.0	1.8	21.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.18	0.33 3	11	80	248	60	0.01 0	1.00
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	62.0	12.0	6.0	43.0	2.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.31	0.33 3	11	80	96	60	0.02 7	1.00
р. Калыша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	166	14.0	2.8	27.0	0.0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.21	0.33 3	11	100	117	60	0.02 4	1.00
Бассейн Камы																	
р.Стебенежка - с. Полдневная (В)	10	4.00	14.2	51	0	1.2	0.50	0.07	0.42	0.43	0.33 3	11	102	33	60	0.06 6	1.00
р.Стебенежка - с. Полдневная (Н)	28.7	6.80	12.5	46.8	0	1.2	0.50	0.07	0.42	0.38	0.33 3	11	102	46	60	0.05 3	1.00
р. Кусья - крд. Кусья Рассоха	58	18.0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	141	6.8	5.1	101	0	1.3	0.90	0.11	0.10	0.14	0.33 3	11	80	57	30	0.04 8	1.00
р. Тесьма - г. Златоуст	143	16.0	16.4	119	0	1.2	0.65	0.07	0.28	0.42	0.33 3	11	120	62	60	0.04 1	1.00
р. Тюлюк - с. Тюлюк	136	22.0	22.5	100	0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.51	0.33 3	11	90	80	60	0.03 0	1.00
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	99.1	10.8	4.6	21.9	0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.24	0.33 3	11	90	87	60	0.03 1	1.00
р. Сарапала - д. Новопоручиково	80	17.0	5.1	43	0	1.3	0.70	0.11	0.54	0.39	0.33 3	11	100	120	60	0.02 3	1.00
р. Малая Кумена - д. Дыряна	122	24.0	2.1	46.7	0	1.2	0.65	0.07	0.28	0.23	0.33 3	11	100	234	60	0.01 1	1.00
р. Елховка - д. Поляна	88.8	10.0	2.9	28.8	0	1.2	0.65	0.07	0.28	0.17	0.33 3	11	100	102	60	0.02 7	1.00
р. Нурминка - с. Кукмор	107	18.0	5.1	60.1	2	1.2	0.65	0.07	0.38	0.37	0.33 3	11	100	120	60	0.02 3	1.00
р. Анзирка - с. Яковлево	190	33.0	3.6	54.1	0	1.2	0.65	0.07	0.38	0.33	0.33 3	11	100	220	60	0.01	1.00

Река -створ	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I_P$ , ‰	$I_B$ , ‰	$f\partial_3$ , %	$C_2$	$n_2$	$n_3$	$\varphi_0$	$\varphi$	$m$	$m_p$	$H_{1\%}$	$\Phi_p$	$t_{ск}$	$q_1^*$ %	$\delta$
											3					2	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Результаты расчета по формуле предельной интенсивности

Река -створ	$\lambda_{0,1\%}$	$\lambda_{1\%}$	$\lambda_{3\%}$	$\lambda_{5\%}$	$\lambda_{10\%}$	$\lambda_{25\%}$	$Q_{0,1\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{25\%}$
Бассейн Нижней Волги												
р. Улема - д. Нармонка	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	260	163	120	101	74,8	45,5
р. Толкишка - с. Змиево-Новоселки	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	109	68,2	50,5	42,3	31,4	19,1
р. Бетька - с. Янчиково	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	242	151	112	94	69,5	42,3
р. Бездна - с. Антоновка	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	88,4	55,3	40,9	34,3	25,4	15,5
р. Колтубанка - рзд. Лес	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	167	105	77,4	64,9	48,1	29,3
р. Турхановка - г. Бугуруслан	1.6	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	190	118	87,7	73,5	54,5	33,2
Бассейн Верхней Волги												
руч. Малица - с. Николо-Малица	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	4.64	3.32	2.55	2.32	1.99	1.33
р. Крива - д. Симаницы	1.40	1.00	0.72	0.58	0.45	0.30	13.9	9.94	7.17	5.77	4.45	2.95
р. Ильдь - с. Спас-Ильдь	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	9.83	7.02	5.41	4.91	4.21	2.81
р. Лама - с. Николо-Высокое	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	30.3	21.6	16.6	15.1	13.0	8.64
р. Пидьма - д. Чистый Дор	1.40	1.00	0.74	0.63	0.51	0.34	8.49	6.06	4.50	3.84	3.12	2.07
р. Мотома - д. Аннино	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	21.6	15.4	11.9	10.81	9.27	6.18
р. Еда - д. Конюшино	1.40	1.00	0.75	0.64	0.52	0.35	7.90	5.64	4.21	3.61	2.96	1.97
р. Туношонка - д. Орлецы	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	22.7	16.2	12.5	11.3	9.72	6.48
р. Томна - д. Луговое	1.40	1.00	0.71	0.55	0.41	0.27	7.79	5.57	3.95	3.07	2.28	1.51
р. Лоймина - д. Георгиевское	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	26.5	18.9	14.6	13.2	11.4	7.57
р. Орлица - д. Большой Рог	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	109	68.0	50.3	42.2	31.3	19.0
р. Нугрь - д. Андросово	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	24.8	15.5	11.5	9.60	7.12	4.34
р. Нугрь - д. Городище	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	140	87.2	64.6	54.1	40.1	24.4
р. Рыдань - д. Камынина	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	81.0	50.6	37.4	31.4	23.3	14.2
р. Снытка - д. Малая Кутьма	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	110	68.7	50.8	42.6	31.6	19.2
р. Орс - д. Орс	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	115	71.9	53.2	44.6	33.1	20.1
р. Вытебеть - д. Малое Юрьево	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	75.1	46.9	34.7	29.1	21.6	13.1

Река -створ	$\lambda_{0,1\%}$	$\lambda_{1\%}$	$\lambda_{3\%}$	$\lambda_{5\%}$	$\lambda_{10\%}$	$\lambda_{25\%}$	$Q_{0,1\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{3\%}$	$Q_{5\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{25\%}$
р. Шковка - д. Нижняя Шкава	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	45.6	28.5	21.1	17.7	13.1	7.98
р. Путьинка - д. Малахово	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	45.3	32.4	24.9	22.7	19.4	13.0
р. Лусянка - д. Черники	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	37.1	26.5	20.4	18.5	15.9	10.6
р. Волошня - д. Чертаново	1.40	1.00	0.76	0.68	0.58	0.38	30.1	21.5	16.38	14.63	12.37	8.24
р. Кастыш - с. Троицкое	1.40	1.00	0.69	0.51	0.36	0.24	51.6	36.9	25.6	18.9	13.3	8.80
р. Медвенка - д. Большое Сареево	1.40	1.00	0.70	0.53	0.38	0.25	13.5	9.62	6.73	5.07	3.66	2.41
р. Зака - д. Большое Сареево	1.40	1.00	0.70	0.52	0.37	0.24	27.4	19.6	13.6	10.1	7.20	4.75
р. Большой Ломовис - с. Рождественское	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	32.6	20.4	15.1	12.6	9.38	5.71
р. Салакса - с. Салавирь	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	37.7	23.5	17.4	14.6	10.8	6.59
р. Малая Кутра - пгт Вана (д. Городище)	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	66.6	41.6	30.8	25.8	19.2	11.7
р. Кальша (руч. Козулей) - пос. Васильевка	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	134	83.6	61.9	51.9	38.5	23.4
Бассейн Камы												
р.Стебеновка - с. Полдневная (В)	1.60	1.00	0.72	0.60	0.40	0.22	46.6	29.1	21.0	17.5	11.7	6.41
р.Стебеновка - с. Полдневная (Н)	1.60	1.00	0.72	0.60	0.40	0.22	94.7	59.2	42.6	35.5	23.7	13.0
р. Селеук - д. Нижнеиткулово	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	108	77.5	59.7	54.2	46.5	31.0
р. Тесьма - г. Златоуст	1.60	1.00	0.72	0.60	0.40	0.22	467	292	210	175	117	64.2
р. Тюлюк - с. Тюлюк	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	261	186	143	130	112	74.5
р. Чекмагуш - с. Чекмагуш	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	105	65.4	48.4	40.5	30.1	18.3
р. Сарапала - д. Новопоручиково	1.60	1.00	0.74	0.62	0.46	0.28	115	71.7	53.0	44.4	33.0	20.1
р. Малая Кумена - д. Дыряна	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	43.0	30.7	23.6	21.5	18.4	12.3
р. Елховка - д. Поляна	1.40	1.00	0.76	0.68	0.57	0.38	56.7	40.5	30.8	27.3	23.0	15.3
р. Нурминка - с. Кукмор	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	127	90.9	70.0	63.7	54.6	36.4
р. Анзирка - с. Яковлево	1.40	1.00	0.77	0.70	0.60	0.40	104	74.5	57.4	52.2	44.7	29.8