**Методика по водоотведению в чрезвычайных ситуациях**

**в населенных пунктах с различным рельефом местности,**

**климатическими условиями и инфраструктурой**

(разработана в соответствии с пунктом 1.2-26/А4-48 Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2014 и на плановый период 2015 и 2016 годов, утвержденного приказом МЧС России

от 27.03.2014 г. № 140)

Москва 2015

# Международная стратегия уменьшения опасности бедствий ООН (UNISDR) определяет управление рисками стихийных бедствий как (UNISDR, 2009) систематический процесс использования управленческих решений, организационных ресурсов, операционных умений и навыков внедрения, стратегий, политик и совершенствования способности к реакции, направленный на уменьшение негативного воздействия опасности и возможности возникновения стихийных бедствий [4].

Данное определение включает в себя меры, направленные на то, чтобы избежать той или иной опасности или ограничить ее отрицательные последствия (то есть на предотвращение, уменьшение и готовность). Управлять стихийным бедствием означает обеспечить себя средствами, которые не дадут опасности перерасти в катастрофу. Процесс такого управления включает три фазы: готовность, реагирование и восстановление. Наглядно это представлено на рисунке 3.

За последние десятилетия в теме готовности наметилась тенденция разрабатывать информацию по таким отдельным направлениям, как социально-экономическая деятельность, очаги повышенной концентрации населения, критические сооружения (больницы, атомные станции, промышленные предприятия и пр.) и инфраструктуры, находящиеся в зонах повышенной опасности. Это еще больше увеличило спрос на методы оценки рисков, на «культуру риска», которая подразумевает умение оценить и снизить нарастание рисков, связанных с изменениями климата и характера землепользования. В содержание международных соглашений, где упоминалось, как меняются стратегии адаптации вслед за изменением климата, тоже все чаще включалась стратегия снижения риска (например, Хиогская рамочная программа действий ООН) [4].

Риск стихийного бедствия вообще и во время экстремальных погодных явлений в частности есть результат действия трех факторов: масштаба самой опасности, степени незащищенности от нее и общей социально-экономической и экологической уязвимости территории. Схематически это проиллюстрировано на рисунке 4. Готовность к бедствию играет здесь существенную роль, потому что концентрирует усилия на технической вооруженности территории и подготовке кадров (на процедурах действий и инструментах) к борьбе с ним.

Роль систем водоснабжения и канализации во время экстремальных погодных явлений, а также в разработке и во внедрении планов готовности и адаптации к бедственным условиям становится решающей, потому что эти службы обладают конкретной информацией и реальными техническими возможностями, чтобы регулировать сбор, подачу, хранение, очистку, и качество воды.

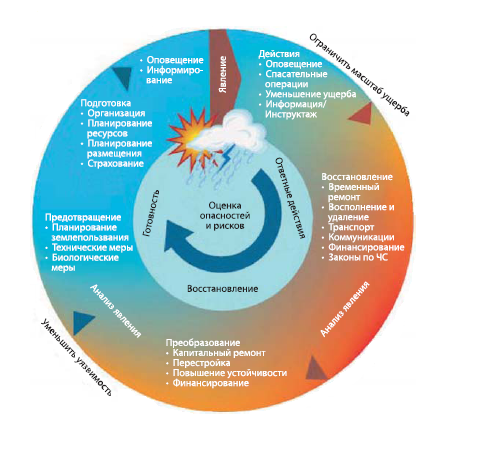


Рисунок 3 – Процесс управления стихийным бедствием

****

Рисунок 4 – Составные части риска

Главной причиной возникновения аварий на системах водоотведения является сверхнормативный износ основных фондов, а также человеческий фактор, низкая компетенция персонала, либо – халатное отношение к выполняемым обязанностям или умышленное нежелание работников адекватно реагировать на предаварийную ситуацию очень часто выступает фактором, усугубляющим негативные последствия [4].

ЧС в своем развитии проходят четыре типовые стадии (фазы).

Первая – стадия накопления отклонений от нормального состояния или процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС (аварии), которая может длиться сутки, месяцы, иногда – годы и десятилетия.

Вторая – инициирование чрезвычайного события, лежащего в основе ЧС.

Третья – процесс чрезвычайного события, во время которого происходит неблагоприятное воздействие на население, объекты и природную среду.

Четвертая – стадия затухания (действие остаточных факторов и сложившихся чрезвычайных условий), которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности – локализации ЧС (аварии), до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т.д. последствий. Эта фаза при некоторых ЧС может по времени начинаться еще до завершения третьей фазы. Продолжительность этой стадии может составлять годы, а то и десятилетия.

**Устойчивость работы объектов народного хозяйства (систем водоотведения) в чрезвычайных ситуациях**

Устойчивостьработы объектов народного хозяйства вчрезвычайныхситуациях определяется ихспособностью выполнитьсвои функции в этих условиях, а также приспособленностью к восстановлению в случае повреждения. В условиях чрезвычайных ситуаций промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, а транспорт, средства связи, линии электропередач и прочие аналогичные объекты, не про­изводящие материальные ценности, — обеспечивать нормальное выполнение своих задач [4].

Для того чтобы объект сохранил устойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций, проводят комплекс инженерно-техни­ческих, организационных и других мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факто­ров, возникающих при развитии чрезвычайной ситуации, а также населения, проживающего вблизи объекта. Необходимо учесть возможность вторичного образования токсичных, пожа­роопасных, взрывоопасных систем и др.

Кроме того, проводится анализ уязвимости объекта и его элементов в условиях чрезвычайных ситуаций. Разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подго­товке в случае повреждения к восстановлению.

На устойчивость работы объекта в условиях чрезвычайных ситуаций оказывают влияние следующие факторы: район распо­ложения объекта; внутренняя планировка и застройка территории объекта; характеристика технологического процесса (используе­мые вещества, энергетические характеристики оборудования, его пожаро- и взрывоопасность и др.); надежность системы управления производством и ряд др.

*Район расположения объекта* определяет ве­личину, а также вероятность воздействия поражающих факторов природного происхождения (землетрясения,наводнения, урага­ны, оползни и т.д.). Важноезначение имеет дублирование транспортных путей и систем энергоснабжения.Так, если предприятие расположено вблизи судоходной реки, в случае разру­шения железнодорожныхили трубопроводных магистралей подвоз сырья или вывоз готовойпродукции может осуществляться водным транспортом. Существенное влияние на последствия чрезвычайных ситуаций могут оказывать метеорологические условия района (количество выпадающих осадков, направление господствующих ветров, минимальные и максимальные температуры воздуха, рельеф местности). Необходимо учитывать и характер застройки, окружающей объект. Так, наличие вблизи данного объекта опасныхпредприятий, в частности химических, может в значительнойстепени усугубить последствия возникшей на объекте чрезвычайной ситуации [4].

Рассмотрим теперь пути повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем иобъектов.

Весьма важной является ***система водоотведения* загрязненных (сточных) вод (система канализации)**. В результате ее разрушения создаются условия для развития болезней и эпидемий. Скопление сточных вод на территории объекта затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, ком­плектуются надежными источниками электропитания.

В разных чрезвычайных ситуациях электрические сооружения и сети могут получить различные разрушения и повреждения. Их наиболее уязвимыми частями являются наземные сооружения (электростанции, подстанции, трансформаторные станции), а также воздушные линии электропередач. В современных крупных энергосистемах применяются различные автоматические устройства, способные практически мгновенно отключить поврежденные электроисточники, сохраняя работоспособность системы в целом.

В соответствии с внутренними нормативными документами ЖКХ допускаются следующие временные интервалы в нарушении работы систем водоотведения:

- не более 8 часов (суммарно) в течение одного месяца;

- 4 часа единовременно (в том числе при аварии)

В связи с тем, что системы водоотведения можно отнести к категории критически важных объектов, к ним предъявляется ряд соответствующих требований.

Поскольку очистные сооружения во время дождя могут принимать лишь двукратный приток сухого периода, при смешанном способе избыток смеси дождевых и сточных вод должен отводиться непосредственно в водоемы. Однако нагрузку загрязнений на них нужно выдерживать в допустимых пределах. Воздействия залповых сбросов сточной воды из общесплавной системы удовлетворительной оценке не поддаются. Отраслевая инструкция в качестве цели указывает, что без биологической обработки можно сбрасывать только 10 % загрязнений стока дождевых вод. Сегодня известно, что это плановое мероприятие едва ли выполнимо. При переработке исходят из того, что при общесплавной системе поступление в водоемы загрязнений со смесью сточных вод, сбрасываемых в водоемы и отводимых после сооружений биологической очистки, не должно быть больше, чем при раздельной системе. Для достижения этой цели необходима обработка дождевых вод. Под этим понимается аккумулирование смеси сточных вод общесплавной системы в промежуточном бассейне с последующей обработкой на сооружениях биологической очистки или на локальных очистных сооружениях, таких как: отстойник, микросито, [жироуловитель](http://www.vzlet-omsk.ru/ochistnye-sooruzheniya/zhiroulovitel-eko-zh) или фильтр.

Водосбросными сооружениями являются ливнеспуски, через которые при сильном дожде часть смешанной воды сбрасывается в водоем, и камера ливнеспуска - дополнительно расположенный резервуар, служащий для регулирования и осветления стока. Общим термином дождевой резервуар называют кроме камеры ливнеспуска также регулирующий резервуар и отстойник дождевых вод [4].

Камеры ливнеспуска имеют в качестве важных составных частей ливнеотвод в водоем и трубопровод, отводящий воду на очистную станцию. Ливнеотвод может находиться на отводящей стороне (перепуск в очистную станцию) или на подводящей стороне (водосброс перед камерой ливнеспуска). Они срабатывают лишь тогда, когда камера наполнена. Для предварительных проектов в общем случае можно принять их объем 20 ... 25 м/га водонепроницаемой площади или установить примерно 4 чел/м резервуара. Подпорные каналы с верхним и нижним отводом являются частными случаями камер ливнеспуска. Регулирующие резервуары для дождевой воды при смешанном и раздельном способах располагаются на сети, чтобы разгрузить идущие далее коллекторы. Они накапливают воду при сильных ливнях и постепенно ее сбрасывают. У них только один аварийный водосброс в водоприемник. Отстойники для дождевых вод предназначены для загрязненных дождевых вод при раздельном способе.

Затраты на обработку дождевых вод примерно так же высоки, как затраты на очистной станции. Средства выгоднее вложить в расширение очистной станции, чем в сооружение отстойников. Расчет сооружений для сброса дождевых вод производить с помощью отраслевой инструкции или инструкций земель. Всегда нужно рассматривать все сооружения, включая очистные. Определение абсолютных значений фактических загрязнений в настоящее время едва ли возможны. В обычных случаях применяются простые способы с графиками, в сложных случаях — методы определения содержания загрязняющих веществ. Площадь водосбора. Площади расширения и увеличения застройки не выбирать слишком большими. Как правило, прогноз на 50 лет не оправдан. Для площадей расширения отдаленной перспективы предусмотреть собственный резервуар для дождевой воды, который можно построить позже. Метод расчета согласовать, собрать данные об атмосферных осадках (полосы дождей, неразрывность, продолжительности модели дождей, натуральные дожди). Справочными параметрами могут быть: частота сбросов стока, продолжительность сбросов, продолжительность подпора, частота возникновения подпора, продолжительность опорожнения, интенсивность сброса, теоретическое содержание загрязняющих веществ в сброшенной воде (ВПК, ХПК и т.п.). Затем составление планов системы водоотведения, схем потоков, увязка элементов в зависимости от метода расчета, возможные места расположения, экономичность.

Последовательность строительных мероприятий зависит от загрузки имеющейся очистной станции. В результате обработки дождевых вод задерживаются, в основном, мусор, песок, взвешенные вещества. Кроме того, по мере увеличения объема резервуаров в значительной степени возрастает и время нагрузки от дождевой воды.

В первую очередь следует сооружать резервуары, расположенные ближе к очистной станции. Предпочтительнее строить резервуары без предварительного сброса нагрузки (промывочный удар), чем резервуары с предварительным сбросом. Подводящий канал. Чтобы получить конструктивную высоту в камере ливнеспуска и тем самым уменьшить затраты на строительство, целесообразно, как правило, подводящий канал устраивать с подпором, если позволяет высотное положение близлежащих подвалов и прилегающей территории. При всех формах камер ливнеспуска канал между ними и водосбросной камерой проектировать как минимум на расчетную величину подачи к водосбросной камере, чтобы предотвратить перелив из нее в водоприемник до наполнения камеры ливнеспуска. Запорно-регулирующие устройства. Выбор зависит от вида сброса (на ливнеспуске или из камеры ливневыпуска), местоположения (вблизи очистной станции или в отдалении), размера резервуаров, расхода стока, сопряжения потоков, уклона в примыкающей коллекторной сети. В простых случаях обычно для ливнеспуска выбирают ливнеотвод, для камеры ливнеспуска (небольшой резервуар вдали от очистной станции, имеющий достаточный уклон для самотечного опорожнения) — надежное механическое регулирующее устройство. Регулирование расхода менее 30 л/с проблематично [4].

Электрическое регулирование (задвижка с электроприводом в сочетании с измерением стока по Риттмейеру, Фоллмару, Бромбаху и др. допускает меньшие затраты лишь теоретически. Нерегулируемые затворы и диафрагмы в качестве единственного управляющего устройства непригодны. Сбоку, примерно на 50 см выше подвода, необходим аварийный обходной канал, который можно обслуживать даже при наполненном резервуаре. Из-за опасности засорения диаметр отводящего водовода должен быть > 400 мм. Регулирующее устройство при пропуске стока в сухую погоду не должно создавать подпора в подводящем канале. В новых проектно-конструкторских разработках следует предусматривать просторные измерительные колодцы [4, 9-12].

Нужно обращать внимание на возможность работы устройств при различных сбросах. При приемке строительно-монтажных работ проверять пропускную способность всех регулирующих устройств. Для этого устройства закрыть, резервуар наполнить. Открыть выпуск и засечь время до опорожнения, вычислить пропускную способность регулирующего устройства и сопоставить с заданным значением. Проверку и очистку устройств производить регулярно.

**Методика по водоотведению в чрезвычайных ситуациях в населенных пунктах с различным рельефом местности, климатическими условиями и инфраструктурой**

На сегодняшний день существует методика количественной оценки поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий, разработанная НИИ ВОДГЕО [5]. Данная методика учитывает только среднегодовые расходы дождевых вод, а также усредненные коэффициенты стока, что в современных климатических условиях является неприемлемым. В связи с этим предлагается методика расчета расхода дождевых вод в коллекторах дождевой канализации, учитывающая аномальное выпадение осадков в объеме месячной нормы и более [6, 7].

Максимальный объем поверхностных сточных вод, образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий, *Qг*, определяется по формуле:

*Qг=Qдp + Qт + Qм,* (1)

где *Qдp, Qт, Qм* - максимальный объем дождевых, талых и поливомоечных вод, стекающих с селитебных территорий и промышленных площадок, м3.

*Qт=10hт ψт F* , (2)

где *F* – общая площадь стока, га;

*hд* – количество осадков за теплый период года (определяется по таблице 2 СНиП 23-01-99 [8]), мм;

*hт* - количество осадков за холодный период года (определяется по таблице 1 СНиП 23-01-99 [8]), мм;

*ψт* – общий коэффициент стока талых вод с селитебных территорий и площадок предприятий с учетом уборки снега и потерь воды за счет частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей можно принимать в пределах 0,5…0,7 [5];

*ψд* – общий коэффициент стока дождевых вод.

Общий годовой объем поливомоечных вод, стекающих с площади стока, определяется по формуле [5]:

*Qм=10mkFм ψм* (3),

где *m* – удельный расход воды на мойку дорожных покрытий, л/м2 (принимается 1,2-1,5 л/м2 на одну мойку [5]);

*k* – среднее количество моек в году (для средней полосы России составляет около 150 [5]);

*Fм* – площадь твердых покрытий, подвергающихся мойке, га;

*ψм* – коэффициент стока для поливомоечных вод (принимается равным 0,5 [5]).

Определение максимальных расходов от дождевых вод различной вероятности превышения производится по формуле

(4)

где - расчетная интенсивность осадков, соответствующая требуемой вероятности превышения для расхода. Определяется по (5);

- расчетный коэффициент склонового стока, определяемый по (6);

- водосборная площадь, км2;

- коэффициент редукции максимального дождевого стока в зависимости от размеров водосборной площади. Определяется по таблице 6;

- коэффициент учета влияния крутизны водосборного бассейна, определяемый по таблице 7;

- коэффициент, учитывающий формулу водосборного бассейна и определяемый по (8).

Расчетная интенсивность осадков различной вероятности превышения определяется по формуле:

          (5)

где - максимальная часовая интенсивность дождя требуемой ВП. Определяется по таблице 3 для заданного ливневого района (рисунок 5), мм/мин;

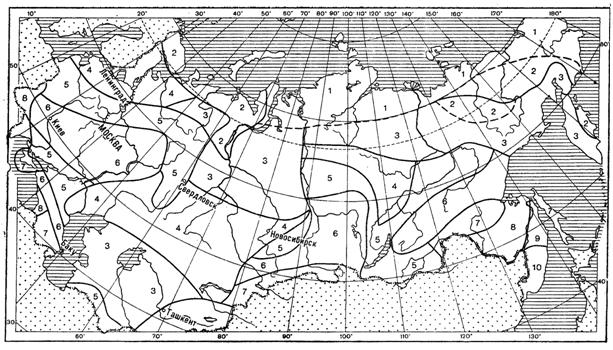


Рисунок 5 - Карта-схема ливневых районов России

- коэффициент редукции часовой интенсивности осадков в зависимости от времени формирования максимальных расходов на малых водосборах. Определяется по таблице 4.

Расчетный коэффициент склонового стока определяется по формуле:

         (6)

где - коэффициент склонового стока при полном насыщении почв водой, принимаемый по таблице 5;

- коэффициент, учитывающий естественную аккумуляцию дождевого стока на поверхности водосборов в зависимости от различной залесенности и почво-грунтов. Определяется по формулам (7, 8, 10).

Величина коэффициента на водосборах, площадь которых характеризуется сплошной залесенностью или однородными грунтами по всему бассейну определяется по формуле

,              (7)

где - коэффициент, учитывающий различную проницаемость почво-грунтов на склонах водосборов, в расчетных условиях и определяемый по таблице 8;

- коэффициент, учитывающий состояние почво-грунтов к началу формирования расчетного паводка, определяемый по таблице 7.

 - поправочный коэффициент на редукцию проницаемости почво-грунтов с увеличением площади водосборов. Определяется по таблице 11.

При частичной залесенности и резких различиях почво-грунтов на водосборах (рисунок 6) для этого коэффициента применяется следующая формула

,      (8)

где , - коэффициенты, учитывающие проницаемость грунтов на отдельных частях водосбора, различных по степени залесенности и почво-грунтам определяются по таблице 8;

П - имеет прежнее значение, что и в (7);

, - коэффициенты, характеризующие величины отдельных частей водосбора, различных по степени залесенности и почво-грунтам и определяемые соответственно по формулам:

                           (9)

где , - площади отдельных частей водосбора, занятые различными почво-грунтами и растительностью.

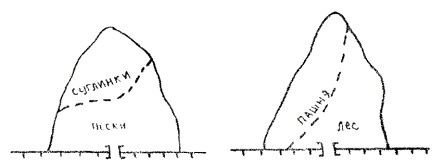


Рисунок 6 - Схема к установлению неоднородных условий потерь стока на склонах водосборов

Для больших и средних водотоков, расположенных в зоне избыточного увлажнения, а также в лесостепной и степной частях Европейской территории России рекомендуется формула Д.Л. Соколовского:

(10)

где - определяется по таблице 8;

- площадь проницаемых грунтов в процентах от всей площади бассейна, определяется по (6) в долях от 100 %.

Коэффициент , учитывающий форму водосборного бассейна, определяется по формуле:

, (11)

где - коэффициенты, учитывающий форму водосборов и определяемый по графикам, рисунок 7;

- коэффициент, учитывающий уменьшение влияния формы водосбора на величину максимального расчетного расхода и определяемый по таблице 10.

Длина главного лога на малых водосборах определяется от наивысшей водораздельной точки, расположенной по направлению главного лога.

При расположении территории в нескольких ливневых районах или в непосредственной близости от их границы расчетные ливневые характеристики на участках, примыкающих к границе того или иного района, определяются по формуле:

                                              (12)

где: - расчетная интенсивность часового дождя для переходного участка, устанавливаемого длиной 25 км в каждую сторону от границы ливневого района по направлению дороги, мм/мин;

- часовые интенсивности дождя, определенные по таблице 3 и рисунку 2 для двух соседних районов.

Таблица 3 - Таблица расчетных величин интенсивностей дождей часовой продолжительности

| №№ районов | Часовая интенсивность дождя (мм/мин) ВП в %: | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,3 | 0,1 |
| 1 | 0,22 | 0,27 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,40 | 0,49 | 0,57 |
| 2 | 0,29 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,45 | 0,50 | 0,61 | 0,75 |
| 3 | 0,29 | 0,41 | 0,47 | 0,52 | 0,58 | 0,70 | 0,95 | 1,15 |
| 4 | 0,45 | 0,59 | 0,64 | 0,69 | 0,74 | 0,90 | 1,14 | 1,82 |
| 5 | 0,46 | 0,62 | 0,69 | 0,75 | 0,82 | 0,97 | 1,26 | 1,48 |
| 6 | 0,49 | 0,65 | 0,73 | 0,81 | 0,89 | 1,01 | 1,46 | 1,73 |
| 7 | 0,54 | 0,74 | 0,82 | 0,89 | 0,97 | 1,15 | 1,50 | 1,77 |
| 8 | 0,79 | 0,98 | 1,07 | 1,15 | 1,24 | 1,41 | 1,78 | 2,07 |
| 9 | 0,81 | 1,02 | 1,11 | 1,20 | 1,28 | 1,48 | 1,83 | 2,14 |
| 10 | 0,82 | 1,11 | 1,23 | 1,35 | 1,46 | 1,74 | 2,25 | 2,65 |

Для водосборов, площади которых находятся в нескольких ливневых районах, расчетная часовая интенсивность дождя определяется как средневзвешенная по площади.

Таблица 4 - Таблица коэффициентов редукции часовой интенсивности осадков (Кt)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площадь водосбора F, км2 | Коэффициенты редукции расчетных осадков Kt для следующих районов: | | | | | | |
| № 1 | № 2 | № 3, 4 | №№ 5, 7 | № 6 | № 8 | № 9, 10 |
| 0,0001 | 4,10 | 4,20 | 4,20 | 4,30 | 4,75 | 4,05 | 3,85 |
| 0,0005 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,70 | 3,90 | 3,50 | 3,30 |
| 0,001 | 3,00 | 2,80 | 2,90 | 3,05 | 3,20 | 3,00 | 2,75 |
| 0,005 | 2,50 | 2,30 | 2,40 | 2,55 | 2,65 | 2,50 | 2,30 |
| 0,01 | 2,15 | 1,95 | 2,07 | 2,12 | 2,20 | 2,0 | 1,90 |
| 0,05 | 1,85 | 1,70 | 1,80 | 1,82 | 1,90 | 1,75 | 1,65 |
| 0,1 | 1,60 | 1,50 | 1,60 | 1,62 | 1,65 | 1,55 | 1,45 |
| 0,5 | 1,35 | 1,30 | 1,40 | 1,37 | 1,35 | 1,35 | 1,30 |
| 0,8 | 1,20 | 1,20 | 1,30 | 1,25 | 1,25 | 1,20 | 1,20 |
| 1,0 | 1,18 | 1,15 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,15 |
| 5,0 | 1,05 | 1,03 | 1,10 | 1,09 | 1,05 | 1,05 | 1,03 |
| 7,0 | 1,0 | 1,0 | 1,05 | 1,04 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 10,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 0,94 | 0,95 | 1,0 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,97 |
| 100 | 0,90 | 0,90 | 0,93 | 0,91 | 0,92 | 0,91 | 0,92 |
| 300 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,88 | 0,91 | 0,90 | 0,90 |
| 500 | 0,87 | 0,85 | 0,87 | 0,86 | 0,90 | 0,85 | 0,86 |
| 1000 | 0,80 | 0,79 | 0,82 | 0,75 | 0,76 | 0,70 | 0,70 |
| 3000 | 0,78 | 0,73 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,6 | 0,6 |
| 5000 | 0,75 | 0,70 | 0,77 | 0,65 | 0,63 | 0,52 | 0,53 |
| 10000 | 0,70 | 0,64 | 0,70 | 0,55 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| 50000 | 0,60 | 0,55 | 0,63 | 0,42 | 0,43 | 0,38 | 0,38 |
| 100000 | 0,55 | 0,50 | 0,57 | 0,35 | 0,40 | 0,35 | 0,35 |

Таблица 5 - Таблица коэффициентов стока α0

| №№ пп | Название районов | Значения α0 ВП в % | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0,3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Приморье ДВК | 1 - 0,9 | 0,9 - 0,80 | 0,8 - 0,70 | 0,70 -0,60 |
| 2 | ДВК (Хабаровский край), Черноморское побережье Кавказа, восточное Закавказье, ливнеопасные предгорные районы Средней Азии | 0,9 - 0,80 | 0,80 -0,70 | 0,70 -0,66 | 0,66 -0,60 |
| 3 | Ливнеопасные районы Карпат, Крыма | 0,80 -0,75 | 0,75 -0,70 | 0,70 -0,60 | 0,55 -0,60 |
| 4 | Забайкалье, Предгорья Карпат, Горные и предгорные районы среднего Урала. Лесостепная зона Европейской части России. | 0,75 -0,65 | 0,70 -0,60 | 0,60 -0,55 | 0,50 -0,55 |
| 5 | Степная зона Европейской части России, Южный Урал, Западная Сибирь | 0,65 -0,55 | 0,55 -0,50 | 0,50 -0,45 | 0,45 -0,40 |
| 6 | Пустынные и полупустынные районы Средней Азии, Центральной Азии. Южные районы тундры | 0,55 -0,50 | 0,50 -0,40 | 0,40 -0,30 | 0,25 -0,30 |

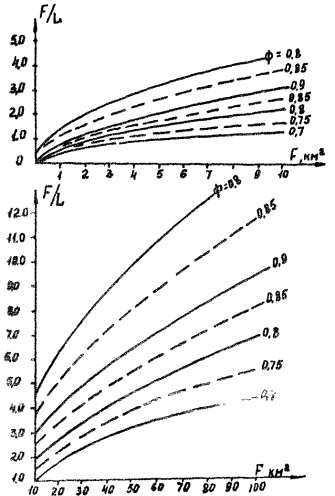


Рисунок 7 - График для определения параметра *Ф* в формуле (11)

Таблица 6 - Рекомендуемые коэффициенты редукции максимальных расходов φ при отсутствии данных полевых обследований

| Площадь водосбора км2 | φ | Площадь водосбора км2 | φ |
| --- | --- | --- | --- |
| 0,0001 | 0,98 | 6,0 | 0,40 |
| 0,001 | 0,91 | 8,0 | 0,36 |
| 0,005 | 0,86 | 10,0 | 0,33 |
| 0,01 | 0,81 | 12,0 | 0,32 |
| 0,05 | 0,75 | 15,0 | 0,31 |
| 0,1 | 0,69 | 19,0 | 0,30 |
| 0,2 | 0,68 | 22,0 | 0,29 |
| 0,3 | 0,66 | 26,0 | 0,28 |
| 0,4 | 0,65 | 30,0 | 0,27 |
| 0,5 | 0,63 | 40,0 | 0,25 |
| 0,6 | 0,62 | 50,0 | 0,24 |
| 0,7 | 0,60 | 55,0 | 0,23 |
| 0,8 | 0,58 | 60,0 | 0,22 |
| 0,9 | 0,56 | 80,0 | 0,20 |
| 1,0 | 0,53 | 100 | 0,19 |
| 1,5 | 0,52 | 200 | 0,17 |
| 2,0 | 0,50 | 300 | 0,16 |
| 2,5 | 0,49 | 500 | 0,14 |
| 3 | 0,47 | 1000 | 0,12 |
| 4 | 0,44 | 5000 | 0,09 |
| 5 | 0,42 | 10000 | 0,08 |
|  |  | 100000 | 0,05 |

Таблица 7 - Коэффициенты крутизны водосборного бассейна КJ

| Уклон главного лога J | KJ для водосборов: | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Односкатных и безрусловых | | | С наличием |
| асфальтобетонные и цементобетонные покрытия | щебеночные и гравийные покрытия | естественные задернованные склоны |
| 0,001 | 0,87 | 0,75 | 0,75 | 0,94 |
| 0,005 | 0,95 | 0,82 | 0,78 | 0,98 |
| 0,01 | 1,03 | 0,92 | 0,80 | 1,01 |
| 0,02 | 1,25 | 1,10 | 0,85 | 1,06 |
| 0,03 | 1,45 | 1,30 | 0,90 | 1,12 |
| 0,04 | 1,65 | 1,50 | 0,91 | 1,14 |
| 0,05 | 1,80 | 1,65 | 0,93 | 1,16 |
| 0,06 | 2,03 | 1,85 | 0,95 | 1,18 |
| 0,07 | 2,20 | 2,00 | 0,97 | 1,21 |
| 0,08 | 2,40 | 2,20 | 0,98 | 1,23 |
| 0,09 | 2,63 | 2,40 | 1,0 | 1,26 |
| 0,10 | 2,80 | 2,60 | 1,02 | 1,28 |
| 0,20 | - | - | 1,21 | 1,52 |
| 0,30 | - | - | 1,34 | 1,68 |
| 0,40 | - | - | 1,45 | 1,82 |
| 0,50 | - | - | 1,56 | 1,94 |
| 0,60 | - | - | 1,63 | 2,03 |
| 0,70 | - | - | 1,68 | 2,10 |

Рекомендации по определению расчетного уклона главного лога, используемого при составлении таблицы 7, приведены ниже.

Таблица 8 - Коэффициенты проницаемости почво-грунтов и поверхностей стекания γд при расчетной водоотдаче

| Категория почво-грунтов | Характеристика склонов бассейнов | | γд |
| --- | --- | --- | --- |
| Почво-грунты и поверхности стекания | Растительность |
| I | Скальные, мерзлые и плохо проницаемые грунты и поверхности стекания | Задернованы или отсутствует растительность | 0,02 |
| Густой лес с кустарником и травой | 0,02 - 004 |
| II | Глины, суглинки | Задернованы | 0,04 - 0,09 |
| Густой лес с кустарником и травой | 0,06 - 0,15 |
| Такыры | Отсутствует | 0,06 - 0,12 |
| III | Супесчаные и песчаные грунты при естественной влажности | Задернованы | 0,10 - 0,15 |
| Густой лес с кустарником и травой | 0,15 - 0,20 |
| IV | Сухие грунты (пески и лессы) в засушливых и пустынных районах при недостаточной влажности | Закрепленные | 0,15 - 0,20 |
| Незакрепленные | 0,20 - 0,25 |
| Рыхлые грунты (осыпи и т.п.) | Незакрепленные | 0,25 - 0,35 |
| V | Скальные породы в горных условиях сильно трещиноватые по поверхности | Частично закрепленные растительностью или кустарником | 0,15 - 0,20 |
| Незакрепленные | 0,20 - 0,30 |
| VI | Торфы | Увлаженные | 0,10 - 0,17 |
| Осушенные | 0,15 - 0,25 |

Таблица 9 - Коэффициенты β, учитывающие состояние почво-грунтов во время формирования расчетного паводка

| №№ пп | Особенности стока | Коэффициенты β для категорий почво-грунтов согласно таблице 6 | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I | II | III | IV | V |
| 1 | Сток по промерзшим почво-грунтам или по ледяной корке | 1,0 | 1,0 - 0,9 | 0,9 - 0,8 | 0,8 - 0,7 | 0,8 - 0,2 |
| 2 | Совпадение избыточного осеннего увлажнения со стоком в весенний период | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,7 - 0,65 |
| 8 | Сток по сухим пылеватым грунтам (пески, лёссы и т.п.) при возможности образования грунтовой корки, препятствующей быстрому прониканию воды в грунт | - | - | - | 0,8 - 0,6 | - |
| 4 | Предварительное увлажнение грунтов к началу расчетного паводка в районах муссонного климата | 1,0 - 0,9 | 0,9 - 0,8 | 0,8 - 0,6 | - | - |
| 5 | Влажность почво-грунтов в естественных условиях | 1,05 | 1,05 - 1,10 | 1,10 - 1,15 | 1,10 - 1,15 | - |

В таблице 9 промежуточные значения коэффициента β определяются в зависимости от вида и характера растительности на склонах бассейнов применительно к классификации, приведенной в таблице 8.

В таблице 8 γд для грунтов, загрязненных производственными отходами, следует принимать равным 0,04 - 0,09 в зависимости от степени и характера загрязненности.

Таблица 10 - Коэффициент C для учета формы водосборов в формуле (8)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площадь водосбора, км2 | менее 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| С | 0 | 0,10 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |

Таблица 11 - Поправочный коэффициент П для учета редукции проницаемости почво-грунтов I - V категории в формулах (7), (8)

| Площадь водосбора, км2 | Коэффициент П для следующих районов: | | |
| --- | --- | --- | --- |
| № 1 - 2 - 3 - 4 | № 5 - 6 - 7 | № 8 - 9 - 10 |
| 100 и менее | 1,0 | 1,0 | 1 - 0,9 |
| 200 | 0,91 | 0,86 | 0,72 |
| 300 | 0,84 | 0,70 | 0,54 |
| 400 | 0,77 | 0,68 | 0,32 |
| 500 | 0,70 | 0,52 | 0 |
| 600 | 0,68 | 0,40 | - |
| 850 | 0,46 | 0 | - |
| 1000 | 0,30 | - | - |
| 1250 | 0 | - | - |

Рекомендации по определению расчетного уклона главного лога для установления коэффициента крутизны водосборного бассейна по таблице 7

1. В равнинной местности расчетный уклон главного лога на малых водосборах (Jp) может быть принят равным уклону лога у сооружения.

2. На очень малых водосборах площадью до 1,0 км2, а также на односкатных водосборах при неизменном, однозначном наклоне поверхности стекания (рисунок 8а) в качестве расчетного уклона главного лога может быть принят уклон между водораздельной точкой по главному логу и пониженной точкой живого сечения в створе перехода.

3. При резкой смене уклонов поверхности стекания на различных частях склонов по всей длине односкатных и малых водосборов (рисунок 8б), а также на средних водосборах расчетный уклон главного русла определится как средневзвешенный на расстоянии от верхней водораздельной точки до створа перехода.

4. На больших и средних водотоках при наличии хорошо выраженного русла в качестве расчетного уклона главного лога принимается уклон реки в основном русле, характеризующий средний уклон на большем его протяжении вверх от створа перехода.

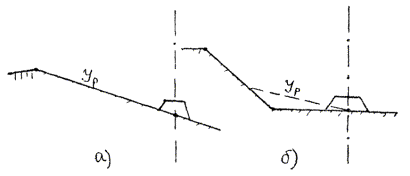


Рисунок 8 - Схема к определению расчетного уклона главного русла

# 

**Пример применения предлагаемой методики по водоотведению в чрезвычайных ситуациях в населенных пунктах с различным рельефом местности, климатическими условиями и инфраструктурой**

В качестве примера рассмотрим площадку, находящуюся в пределах Московской области, площадь кровли зданий и сооружений – 0,37 га; асфальтовые покрытия – 0,34 га; открытые грунтовые площадки – 0,25 га; зеленые насаждения и газоны – 0,3 га.

Согласно методике расчета [5] расход дождевых вод в коллекторах дождевой канализации, л/с, отводящих сточные воды с селитебных территорий и площадок предприятий определяется по формуле

где *Zmid* – среднее значение коэффициента, характеризующего вид поверхностного стока (коэффициент покрова), определяется как средневзвешенная величина в зависимости от коэффициентов *Zi*, для различных видов поверхностей;

*F* – расчетная площадь стока, га. Расчетную площадь стока для рассчитываемого участки сети необходимо принимать равной всей площади стока или части ее, дающей максимальный расход стока.

*А*, *п* – параметры, характеризующие интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности. Данные параметры определяются по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров местных метеорологических станций или по данным территориальных управлений Гидрометеослужбы. При отсутствии обработанных данных параметр *А* допускается определять по формуле:

*A = а20 20n (1+lg П/lg mr)γ*

*a*20 – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при Р = 1 год [5];

*n* - показатель степени, определяемый по [5];

*m*r - среднее количество дождей за год, принимаемое по [5];

*П* - период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя необходимо выбирать в зависимости от характера объекта водоотведения, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные, и принимать по [5] или определять расчетом в зависимости от условий расположения коллектора, интенсивности дождей, площади водосбора и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

Подставив исходные данные в формулу, получим

Согласно предлагаемой методике расчет максимальных расходов от дождевых вод различной вероятности превышения производится по формуле

где (таблицы 3, 4)

(таблица 5)

(таблицы 8, 9, 11)

(таблица 6)

(таблица 7)

(таблица 10, рисунок 6)

# Учет влияния местных факторов на величину максимальных расходов

В различных районах изысканий может возникнуть необходимость учета специфических факторов, регулирующих максимальный сток и присущих только одному району или отдельным водосборам и значительно влияющих на величину максимального расхода. К таким региональным факторам относятся:

- наличие меженного стока;

- наличие бессточных емкостей;

- пахотные земли на склонах;

- искусственное орошение;

- террасированное земледелие;

- заторность горных русел;

- влияние карстовых явлений;

- регулирований стока искусственными сооружениями;

- переливы из одного бассейна в другой;

- неустойчивое перераспределение стока между водотоками на выходе из гор;

- озерность и заболоченность;

- забор воды на хозяйственные нужды;

- многократность повторения расчетных паводков в муссонных районах;

- регулирование стока на широких поймах;

- транзитные участки русел;

- наледные явления и заледенелость русла;

- регулирование тока мелиоративными сооружениями;

- подпорные явления;

- наличие в бассейне населенных пунктов или существующих дорог.

Учет этих особенностей должен производиться в каждом конкретном случае путем введения в формулу (1) дополнительных коэффициентов, установленных по данным нормативных документов, а при их отсутствии на основе материалов, полевых обследований водосборов.

В особо сложных случаях и при недостаточности материалов полевого обследования необходимо проведение гидрологических изысканий и исследований по специальным программам.

При введении в формулу (1) региональных факторов следует учитывать их влияние, исходя из особенностей внутригодового режима дождевого стока в районе изысканий. Необходимо также давать вероятностную оценку возможного совпадения паводочного периода со временем действия этих факторов, как регулирующих.

Влияние региональных факторов может проявляться на водотоках различной величины по-разному. Поэтому для каждого объекта необходимо установить пределы применения коэффициентов, учитывающих региональные особенности водосборов не только во времени их действия, но и по площади водосбора.

Для установления региональных коэффициентов по данным полевого обследования или специальных исследований следует использовать метод составления уравнений баланса стока на период формирования максимальной ординаты гидрографа расчетного паводка.

При оценке коэффициента формы *Kф* длину *L* главного лога на малых водосборах определяют от наивысшей водораздельной точки, расположенной по направлению главного лога. На больших водотоках длина главного лога может быть принята с достаточной степенью точности равной длине основного русла, определяющего форму и размеры водосборного бассейна.

В некоторых районах изысканий может возникнуть необходимость учета специфических факторов, регулирующих максимальный сток и присущих только одному району или отдельным водосборам и значительно влияющих на величину максимального расхода. По опыту гидрологического обоснования ряда дорожных объектов к этим факторам могут быть отнесены: меженный сток; бессточные емкости; пахотные земли на склонах; искусственное орошение; террасированное земледелие; заторность горных русел; влияние карстовых явлений; регулирование стока искусственными сооружениями; переливы паводковых вод из одного бассейна в другой; неустойчивое перераспределение стока между водотоками на выходе из гор; озерность и заболоченность; забор воды на хозяйственные нужды; многократность повторения расчетных паводков в муссонных районах; регулирование стока на широких поймах; транзитные участки русел; наледные явления и заледенелость русла; регулирование стока мелиоративными сооружениями; подпорные явления; наличие в бассейне населенных пунктов или построенных дорог и др.

Эти факторы нужно учитывать в каждом конкретном случае путем введения в формулу (1) дополнительных коэффициентов, установленных по данным специальных исследований, а при их отсутствии на основе материалов полевых, гидрометеорологических обследований водосборов. В особо сложных случаях и при недостаточном материале полевого обследования для обоснования методов учета влияния этих факторов необходимо проведение гидрологических изысканий и исследований по специальным программам.

При введении в формулу (1) региональных факторов нужно учитывать их влияние исходя из особенностей внутригодового режима дождевого стока в районе изысканий. Необходимо также давать вероятностную оценку возможного совпадения паводочного периода с временем действия этих факторов как регулирующих.

Влияние региональных факторов может проявляться на водотоках различной величины по-разному. Поэтому для каждого объекта необходимо устанавливать пределы применения коэффициентов, учитывающих региональные особенности водосборов не только по времени их действия, но и по площади водосбора.

Для установления региональных коэффициентов по данным полевого обследования или специальных исследований нужно использовать метод составления уравнений баланса стока на период формирования максимальной ординаты гидрографа расчетного паводка.

Предел аккумуляции паводочного стока регламентируется СНиП II-Д.7-62, согласно которому уменьшение максимальных расходов притока вследствие учета аккумуляции допускается не более чем в 3 раза.

Расчетный расход воды в сооружении с учетом создания резервуара аккумуляции на малых водотоках рекомендуется определять (в м3/с) по формуле

*,* (13)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

при ,

(14)

где - максимальный расход дождевых вод расчетной ВП, м3/с;

- объем дождевого стока той же ВП, м3;

- объем резервуара аккумуляции перед сооружением, м3;

- коэффициент формы расчетного гидрографа паводка, равный 0,85 для районов немуссонного климата и 1,05 для муссонных районов при отсутствии ограничений для аккумуляции;

1000 - коэффициент, учитывающий размерности параметров, входящих в формулу (13);

- расчетная интенсивность осадков, мм/мин;

- расчетный коэффициент склонового стока;

- коэффициент, учитывающий очертание продольного профиля дна резервуара или естественного пруда (при его наличии), равный 0,33;

*ω* - площадь живого сечения водотока в створе сооружения при расчетном уровне подпертой воды (РУПВ), м2;

- максимальная глубина воды в пониженной точке живого сечения при РУПВ, м;

- расчетный уклон лога на участке образования резервуара аккумуляции; - острый угол пересечения территории с водотоком;

- расчетная продолжительность осадков, формирующих максимальную ординату гидрографа, определяемая в зависимости от площади *F* водосбора (таблица 12).

Таблица 12 – Площадь водосбора

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *F,* км2 | 0,001 | 0,0005 | 0,001 | 0,005 | 0,01 | 0,05 | 0,1 |
| *tф*, мин | 4 | 6 | 9 | 14 | 19 | 24 | 30 |
| *F,* км2 | 0,5 | 1 | 5 | 7 | 10 | 30 | - |
| *tф*, мин | 36 | 42 | 48 | 51 | 53 | 57 | - |

Форма гидрографов паводков при определении принимается в виде равнобедренного треугольника.

При конфигурации живого сечения водотока с четко выраженными руслом и пойменными частями или участками с резкими различиями формы поперечного сечения (овраги, крутые лога и т.п.) определять объем резервуара (в м3) рекомендуется по формуле

, (15)

где , имеют обозначения те же, что и в формуле (14);

- полная ширина разлива потока в расчетном створе при РУПВ, м;

- средняя и максимальная глубины воды на самом высоком пойменном участке живого сечения при РУПВ, м;

- ширина русла или другого характерного участка при РУПВ, м;

- максимальная глубина русла при РУПВ, м.

Применение формулы (15) обосновано для одинаковых уклонов отдельных частей водотока и всей долины. При различных уклонах нужно брать

, (16)

где - соответственно уклон самого высокого пойменного участка и уклон русла или других характерных участков речной долины.

После расчета расходов в сооружении необходимо для каждого объекта предусматривать:

1) определение отверстий водопропускных сооружений и режима протекания;

2) установление расчетного уровня подпертой воды (РУПВ) при принятом режиме протекания воды через сооружение;

3) нанесение РУПВ на продольный профиль в местах пересечения водосборов;

4) определение минимально допустимой по СНиП II-Д.5-72 и СНиП II-Д.7-62 отметки бровки насыпи земляного полотна в местах устройства водопропускных сооружений;

5) проверку на возможный перелив через дорогу в пониженных местах проектной линии на продольном профиле, а также проверку на перелив через водоразделы вдоль дороги в соседние сооружения;

6) установление мероприятий по укреплению входных и выходных русел;

7) расчет и проектирование дамб обвалования в случае их устройства;

8) оценку продолжительности затопления ценных угодий (в мин) по формуле

, (17)

где - расход воды в сооружении при РУВВ, м3/с;

- то же, при минимальной допустимой отметке затопляемых угодий, м3/с.

При необходимости оценки продолжительности затопления ценных угодий при их согласовании в период изысканий расходы в сооружениях определяют по приближенным максимумам дождевого стока (рисунок 9).

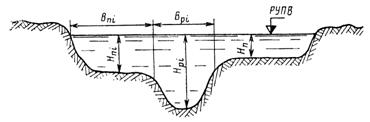


Рисунок 9 - Схема к определению объема резервуара на водотоках с резким различием конфигураций отдельных частей живого сечения

Максимальные дождевые расходы и соответствующие им объемы стока рассчитывают по формулам (1) и (13) при отсутствии надежных данных гидрометеорологических наблюдений. Для получения расчетных максимумов, наиболее полно отражающих условия их формирования в районе проектирования, необходимо после выполнения изыскательских работ уточнять отдельные параметры формул (1) и (13) по материалам полевых обследований водотоков и длительных наблюдений на существующих водпостах и метеостанциях. Уточнению могут подлежать следующие расчетные характеристики: расчетная интенсивность осадков; неравномерное распределение расчетных осадков по направлению изыскиваемой территории; коэффициент склонового стока; коэффициент редукции максимального дождевого стока; уклоны логов, пересекаемых территорией; коэффициент неравномерности выпадения дождей по территории; форма водосборных бассейнов; степень и характер залесенности; категория и проницаемость почвогрунтов; состояние почвогрунтов к началу паводков; наличие и влияние региональных особенностей водосборов.

Одна из основных особенностей малоосвоенных зарубежных районов - отсутствие многолетних наблюдений за расходами воды при недостаточной сети пунктов гидрометеорологических наблюдений. Только в отдельных районах имеются некоторые материалы наблюдений за осадками по дождемеру в виде суточных максимумов, месячных и годовых сумм. На малых водосборах полностью отсутствуют какие-либо наблюдения за стоком и как следствие этого расчетные зависимости максимальных расходов.

В тех же зарубежных странах, где имеются рекомендации по расчету стока, они нередко носят ориентировочный характер или отражают условия одного из локальных районов, на материалах которого они построены. Применение этих зависимостей требует конкретных гидрометеорологических условий, так как возможны существенные просчеты в определении отверстий сооружений.

Применение методов расчета, параметры которых обосновываются в зарубежных странах косвенными аналогами с привлечением отдаленных физико-географических районов, не может быть оправдано, так как не отвечает действительным условиям стока района изысканий.

Наиболее обоснованной и применимой для расчетов максимального дождевого стока в зарубежных районах строительства является формула (1). Для учета не только общих гидрометеорологических закономерностей, но и местных особенностей паводочного стока целесообразна разработка линейно-региональных норм стока водотоков.

**Практические рекомендации по водоотведению**

**в условиях чрезвычайной ситуации в населенных пунктах**

(разработана в соответствии с пунктом 1.2-26/А4-48 Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2014 и на плановый период 2015 и 2016 годов, утвержденного приказом МЧС России

от 27.03.2014 г. № 140)

Москва 2015

# 

Анализ наводнений за последние годы, показал, что во всем мире, наблюдается тенденция значительного роста ущербов от наводнений, вызванная нерациональным ведением хозяйства в долинах рек и усилением хозяйственного освоения паводкоопасных территорий.

Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост дальнейшего освоения речных долин несомненно приведут к увеличению повторяемости и увеличению разрушительной силы наводнений. Поэтому неотложной задачей является разработка действенных мер предотвращения наводнений и защиты от них, поскольку это в 50-70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий от причиненных ими бедствий.

**Предупредительные мероприятия при угрозе затопления**

Ощутимый эффект может быть достигнут только при полной реализации следующих мер и действий.

1. При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий, как в долинах рек, так и водохранилищ, следует проводить детальные экономические и экологические исследования. Их цель - выявление путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений.

2. При разработке противопаводковых мероприятий в долинах рек следует рассматривать весь водосбор, а не его отдельные участки, поскольку локальные противопаводковые мероприятия, не учитывающие всю ситуацию прохождения паводка в долине реки, могут не только не дать экономического эффекта, но и существенно ухудшить ситуацию в целом привести в результате к еще большему ущербу от наводнения.

3. Необходимо умело сочетать инженерные методы защиты с неинженерными. К ним, в первую очередь, принадлежат: ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий, ведущих к уменьшению стока. Кроме того, на паводкоопасных территориях должны осуществляться лишь такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб.

4. Инженерные сооружения по защите земель и хозяйственных объектов должны быть надежны, и их осуществление должно быть связано с минимальными нарушениями природной среды.

5. Должно быть проведено четкое районирование и картирование пойм  
с нанесением границ паводков.

6. Должна существовать четко работающая  система по прогнозированию паводков и по извещению населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности. Прогнозирование паводков и половодий должно осуществляться на основе развития широкой, хорошо оснащенной современными приборами службы наблюдений за гидрометеорологической обстановкой.

7. Важное значение следует уделять заблаговременному информированию населения о возможности наводнения, разъяснению о вероятных его последствиях и мерах, которые следует предпринимать в случае затопления строений и сооружений. С этой целью следует широко использовать телевидение, радио и другие средства информации. В паводкоопасных районах должна быть развернута пропаганда знаний о наводнениях. Все структуры, а также каждый житель должны ясно представлять, что им надлежит делать до и после наводнения.

8. Комплекс мероприятий в паводкоопасных районах, включающий прогнозирование, планирование и осуществление работ, должен проводиться до наступления наводнения.

Первым воздействием наводнений на системы водоснабжения оказывается то, что в одном месте скапливается вода или в слишком большом количестве (переполняя объекты водоснабжения), или слишком грязная, чтобы ее можно было употреблять для питья.

По возможности адаптационные меры должны приниматься заранее, до наступления наводнения; их целью должно быть предотвращение или уменьшение будущей опасности.

Фактически они являются частью долгосрочного планирования системы водоснабжения, и суть их аналогична мерам упреждающего порядка для засух. Как и в случае засух, службы водоснабжения должны взаимодействовать с различными заинтересованными сторонами, чтобы представлять себе климатические и метеорологические условия, в которых они работают, а также с теми, кто отвечает за охрану окружающей среды и порядок водо- и землепользования на водосборных площадях.

Для всесторонней оценки рисков и действий в рамках ПОБВ службы водоснабжения должны определить, каков риск, что при наводнении качество водоисточников ухудшится и они станут недоступными, и как наводнение повлияет на объекты водоснабжения.

**Адаптационные меры упреждающего порядка: объекты водоочистки и водораспределения (противопаводковая защита)**

Место строительства критически важных объектов водоснабжения должно определяться после консультаций, в том числе с природоохранными службами, которые могут предоставить информацию о зонах с риском затопления и о характере наводнений в прошлом. Однако нередко объекты водоснабжения продолжают строить вблизи водных объектов или в пойменных зонах, где риск затопления всегда остается большим. Поэтому помимо тех факторов, которые ухудшают процессы водоочистки и водораспределения, о которых уже упоминалось выше (они касались засухи, но многие проявляются и во время наводнений), службы водоснабжения должны учитывать возможность того, что при наводнении какой-либо важный объект (например, водоочистная станция) останется отрезанным. Для предотвращения этого службы водоснабжения должны работать в тесном контакте с местными природоохранными службами или государственными учреждениями, которые помогут им определить районы наиболее вероятного затопления и оценить его возможные масштабы при разных условиях.

Для таких объектов должны быть предусмотрены пути эвакуации работников, а также меры, которые позволят минимизировать ущерб оборудованию от паводковых вод. Защитные противопаводковые меры должны соответствовать важности объекта. Если объект единственный в районе и должен продолжать работать и в чрезвычайной ситуации, он должен быть защищен, например, противопаводковыми барьерами. Если имеется такой же резервный, то пострадавший объект следует временно отключить, приняв необходимые меры, уменьшающие ущерб от наводнения и облегчающие его восстановление и повторный ввод в эксплуатацию.

Если затопление объекта все же произошло, то прежде чем начать его восстановление, следует оценить риск использования затоплявшихся установок. Ущерб можно значительно сократить, если все оборудование заранее отключить от сети электропитания. Немаловажно заранее определить, какие электрические установки можно высушить (на месте или в ремонтных цехах) и снова эксплуатировать, а какие нужно полностью заменить (рисунок 10).



Рисунок 10 – Защита водоснабжения от наводнения – алгоритм действий

Мерой упреждающего характера может стать защитная стенка вокруг всего объекта или его отдельных элементов (например, вокруг водозаборного оборудования у источника, электростанции) либо дренажные каналы.

Масштаб противопаводковых мероприятий будет всегда зависеть от силы ожидаемого явления и финансовых возможностей. Типичными мерами предупредительного характера можно назвать следующие:

• повышение водонепроницаемости зданий (например, оборудование входов шлюзами), возможность закрыть уличные ливневые стоки (чтобы вода не хлынула в здания, если стоки будут переполнены);

• повышение устойчивости зданий и объектов к наводнению – поднятие критически важного оборудования выше линии ожидаемого затопления;

• установка физических барьеров (по периметру всей территории или вокруг отдельных объектов);

• наращивание ограждающих стенок вокруг водозаборного оборудования;

• поднятие водозаборных сооружений выше предполагаемого уровня затопления (а также их дополнительная герметизация против попадания в скважину поверхностных вод).

Если в каком-либо районе паводковые воды выносят много аллювия, защитные сооружения следует строить не непосредственно вокруг объекта водоснабжения, а на некотором расстоянии от него. Наносы будут откладываться на менее важных территориях, без ущерба самому объекту.

Подобные решения принимаются с учетом рекомендаций от служб, ответственных за планирование и строительство противопаводковых защитных сооружений.

Ущерб от наводнения можно минимизировать уплотнением устий скважин, изолированием электрического и технологического оборудования или линий. Работа по определению рисков и снижению вероятности их проявления должна проводиться регулярно. Типичными мерами, предупреждающими или снижающими ущерб до минимума, можно назвать следующие:

• перемещение критически важных сооружений;

• перемещение складов химических реагентов;

• закрытие неиспользуемых (или не имеющих критической важности) дренажных и перепускных клапанов, что поможет снизить риск обратного затекания загрязненной воды;

• изолирование всего электрического оборудования после того, как уровень воды достигнет определенной высоты (чтобы свести к минимуму последующие восстановительные работы и ускорить возобновление работы объекта).

Прогнозируется, что в условиях глобальных климатических изменений экстремальные погодные явления станут более частыми, а это требует пересмотра предпосылок, на базе которых разрабатывались меры противопаводковой защиты. Последние катастрофические наводнения показали, что многие объекты водоснабжения остаются уязвимыми. Это означает, что их уязвимость требует нового анализа, что в ее оценке нельзя опираться только на данные прошлых периодов и что планы реагирования должны учитывать и иные чрезвычайные обстоятельства.

Руководители и персонал дренажных и канализационных систем и станций очистки сточных вод используют такие же подходы к адаптации этих объектов к экстремальным погодным условиям, что и для систем водоснабжения, однако им приходится решать и особые проблемы.

• Чтобы оценить уровень риска возможного ущерба канализационным и дренажным системам и станциям очистки сточных вод, его необходимо тщательно проанализировать для каждого элемента системы в разных условиях наводнения и интенсивных ливней, засухи и длительного недостатка воды или аномальной жары.

• В общем случае наибольшую непосредственную опасность представляют интенсивные ливни и наводнения, а последствия периодов аномальной жары или затяжной засухи опосредованы и проявляются не сразу, особенно в городах.

• При проектировании новых дренажных систем главным критерием является их устойчивость к экстремальным погодным явлениям.

• При разработке адаптационных мер для канализационных систем необходимо также учитывать, что каждое экстремальное гидрологическое событие изменяет концентрацию загрязняющих примесей в водах, поступающих на очистные станции, а это, в свою очередь, влияет на эффективность очистки.

Неравномерная биохимическая нагрузка на очистные сооружения приводит к отклонениям в процессах очистки и работе технологических установок.

• В существующих сетях необходимо постоянно поддерживать максимально высокую пропускную способность, своевременно проводя их техническое обслуживание и чистку наиболее важных узлов.

• Локальные сети с их ограниченными бюджетными возможностями имеют меньше возможности подготовиться к климатическим изменениям; в новых условиях они должны поддерживать тесные связи с органами экологической охраны и заключать договоры с центральными органами управления чрезвычайными ситуациями об оказании им аварийной технической помощи.

• Обязательным условием эффективных действий является квалифицированный персонал, способный вовремя обнаружить угрозу, проанализировать возможные риски и принять соответствующие меры.

Персонал должен пройти соответствующее обучение, а сама система должна периодически проверяться на готовность к таким событиям. Другое важное условие – надежная коммуникация между заинтересованными сторонами (работниками системы, владельцами, государственными органами, органами управления речным бассейном, спасательными службами и другими).

**Адаптационные меры до и во время наводнений**

Стратегии защиты канализационных систем от сильных ливней и наводнений должны основываться на прогнозах погоды и показателях, свидетельствующих о климатических изменениях на данной территории. Это позволит предотвратить перегрузку канализационных систем и подготовить городские станции очистки сточных вод к работе в условиях частых дождей и сильных ливней.

Уязвимость систем к продолжительным проливным дождям и наводнениям будет зависеть от разных факторов: от изменения гидрологических условий на данной территории, от типа имеющейся дренажной и канализационной системы (они могут быть комбинированного или раздельного типа, с наземной или подземной укладкой труб), от технологического процесса очистки сточных вод (биологического, физико-химического), а также от организации дренажа (централизованного или децентрализованного локального). Адаптационные меры должны предприниматься с учетом слабых мест конкретных сетей.

**Централизованные канализационные и дренажные системы и городские станции очистки сточных вод – упреждающие меры**

Уязвимость централизованных канализационных и дренажных систем заключается в их полной зависимости от центральной станции очистки сточных вод: если та выходит из строя, все сточные воды с канализуемой территории сбрасываются через аварийные выпуски без очистки, что ухудшает общее состояние поверхностных вод.

Централизованные городские канализационные сети часто достраивались и расширялись постепенно, по мере роста города. На раннем этапе дождевые стоки с дорог и тротуаров канализовались вместе с бытовыми и промышленными стоками по общесплавной сети. Она работала удовлетворительно до первого мощного ливня, который вызывал ее перегрузку. Первые порции дождевых вод, которые особенно после длительного засушливого периода могли иметь очень высокую концентрацию загрязняющих примесей, переполняли канализационную систему и становились потенциальным источником загрязнения водных объектов, куда такие стоки сливались.

Проблему общесплавных систем можно решить, сооружая отдельные резервуары для ливневой воды, где она будет выдерживаться до очистки и последующего спуска.

В современных городских и сельских поселениях обычно сразу сооружают раздельную канализацию с двумя независимыми трубопроводами – один для бытовых стоков, которые направляются к станции очистки, второй – для ливневых вод, с прямым выпуском в поверхностные водные объекты. Такая организация позволяет лучше контролировать нагрузки на городскую станцию очистки сточных вод, но есть опасность, что два независимых стока будут ошибочно объединены или первые порции дождевой воды окажутся сильно загрязненными. Во многих европейских странах атмосферные воды, собранные в течение первых двух-трех часов дождя и содержащие загрязнения, смытые с поверхности земли, канализуются к сооружениям первичной очистки и только после этого направляются к выпускам. В случае особо сильного загрязнения после первичного отстоя такие воды могут направляться и на физико-химическую очистку.

Адаптация к работе в условиях более частых и интенсивных атмосферных осадков и наводнений не будет успешной, если ключевым фактором работы руководителей канализационных систем и городских станций очистки сточных вод не станут постоянная готовность к их возможному переполнению и немедленное реагирование на такую угрозу. Коммунальные системы порой могут быть очень старыми, схема канализации – несовершенной и плохо адаптируемой к повышенным гидравлическим и химическим нагрузкам. Городская администрация может не иметь достаточно финансовых средств на переоснащение канализационной системы. В подобных случаях можно уменьшить риск затопления или переполнения системы за счет постоянной готовности к ним, но полностью устранить его невозможно.

В основе хорошего плана действий при аварийных и чрезвычайных ситуациях всегда лежит детальное картирование местности, по которой проложена сеть.

Подобную карту легко составить в форме, предоставляемой Географической информационной системой (ГИС). Прежде чем планировать действия при экстремальных явлениях, необходимо иметь модель того, как будет меняться гидрологический режим близлежащих водных объектов. Эту работу могут выполнить сами работники городской станции очистки сточных вод, но эффективнее ее провести совместно со специализированными учреждениями, например с местными метеорологическими службами, управлениями речных бассейнов и т. д.

Для каждой канализационной системы настоятельно рекомендуется разработать свою модель чрезвычайной гидравлической нагрузки при существующих и будущих погодных условиях. Это позволит специалистам станции очистки сточных вод точно определить слабые точки системы и эффективно спланировать свои действия. В последнее время все чаще прибегают к надежным и доступным программам моделирования распределения ливневых стоков в канализациях со сложной схемой организации. Точность смоделированного сценария будет зависеть в первую очередь от детального знания сети и последующей калибровки полученных параметров измерениями на местах. Важно не только разработать математическую модель канализационной системы, но и откалибровать ее для разных метеорологических условий и погодных явлений и привязать к существующей системе сбора метеорологических данных в реальном времени.

**Децентрализованные и общинные канализационные системы –упреждающие меры**

Некоторые проблемы работы централизованных систем канализации, упоминавшиеся выше, встречаются и в работе децентрализованных и общинных систем, хотя у них есть свои особенности: экстремальные погодные явления обычно захватывают более обширные территории, чем та, которую обслуживает децентрализованная или общинная система, однако, если это случается, они могут вывести из строя значительную ее часть; поэтому действия персонала в ответ на изменившиеся условия работы, гидравлические нагрузки и способность очищать сточные воды оказываются менее гибкими.

**Централизованные дренажные и канализационные системы и городские станции очистки сточных вод – защитные меры при наводнениях**

Несмотря на то, что современные прогнозы погоды стали более точными, нельзя заранее оценить, как интенсивные или продолжительные ливни повлияют на канализационную систему, особенно общесплавного типа.

Наводнение означает не только временное повышение уровня воды в реке или ином водном объекте и затопление близлежащих территорий. Ущерб могут также нанести атмосферные осадки, не имеющие путей для свободного стока с земной поверхности, или дождевые стоки, переполняющие ливневую канализацию, не рассчитанную на такой объем.

В протяженных реках, в которых уровень воды от верхнего до нижнего течения заметно изменяется, паводковая волна, нарастающая от верхнего течения к нижнему, может быстро распространяться вширь и вниз по течению. Она способна нанести значительный ущерб канализационным сооружениям, как находящимся в непосредственной близости, так и удаленным от места выпадения осадков.

Спуск вод самотеком из дренажных систем или с городской станции очистки сточных вод постепенно становится невозможным, и приходится включать резервные насосные станции. Это означает, что на период чрезвычайных ситуаций все насосы, как штатные, так и аварийные, должны быть готовы к работе. На случай возможного отключения электропитания должны быть готовы электрогенераторы автономного питания, работать в режиме ожидания, и к ним уже должны быть подключены насосные станции, станции рециркуляции, смешивания и аэрации. Обслуживающий персонал должен быть готов предпринять меры, предусмотренные планом действий в кризисной или чрезвычайной ситуации. Уязвимость станций будет сильно зависеть от того, сколько насосов смогут откачивать прибывающую воду обратно. Более уязвимыми оказываются те, что расположены на местности с малым естественным уклоном.

Во время наводнения очистная и насосная станции должны оставаться работоспособными как можно дольше; осмотр состояния и техническое обслуживание электромеханического оборудования, а также других элементов систем должны быть систематическими. Для поддержания постоянной работоспособности станции.

**Методы краткосрочного прогноза максимальных уровней и расходов воды на реках Приморского края в летне-осенний период**

Прогнозы максимальных расходов и уровней воды являются основой планирования работы тех организаций, чья деятельность прямо или косвенно зависит от экстремальных характеристик водного режима рек.   
Постоянная тенденция сокращения гидрометеорологической сети и введение автоматизации в процесс выпуска гидрологических прогнозов, привело к необходимости пересмотра и обновления методик краткосрочных прогнозов дождевых паводков, а также к разработке новых методик, учитывающих интересы потребителей.

В 2004 г. ДВНИГМИ, а именно И.В. Гончаруком, В.И. Гарцманом, А.Н. Бугаец, были разработаны методы прогноза максимальных расходов воды на малых реках бассейна оз. Ханка и р. Большой Уссурки и методы прогноза ежедневных уровней воды для нижних створов р. Большой Уссурки [14,15].

Метод краткосрочного прогноза максимальных расходов воды на малых реках с учетом выпавших осадков основан на методе множественной корреляции, в косвенном виде учитывающий этапы формирования стока [13]. В качестве предиктора, учитывающего состояния увлажняемости водосбора перед выпадением осадков использовался предпаводочный расход. Поступление осадков на водосбор характеризуется средними осадками по бассейну и их суммой за дождь.

Для каждого створа был проведен подбор метеостанций, по которым определялось среднее количество осадков по водосбору. Критерием подбора была минимальная средняя ошибка прогноза. Заблаговременность прогнозов для этих створов, определенная площадью водосбора и специфическими условиями формирования паводков каждой реки, варьировалась от 1 до 4 суток.

Для прогноза максимальных расходов воды были построены регрессионные уравнения. В качестве переменных в регрессионные уравнения включены аргументы, известные на момент выпуска прогноза, как измеренные, так и вычисленные на их основе.

Уравнение регрессии переменной Y по независимым переменным Х1 Х2,... Хn имеет вид:

Y=С0Х0+С1Х1+... СnХn,            (18)

где С0, С1,… Сn - коэффициенты регрессии, определенные по методу наименьших квадратов;

Y - зависимая переменная (максимальный за паводок расход);

Хо=1 - фиктивная переменная;

Х1,…,Хn - независимые переменные.

В качестве независимых переменных были использованы такие измеренные и вычисленные величины осадков и расходов, как   
Хср - средние количество осадков по водосбору, определенное по показаниям нескольких метеостанций; ΣХср - сумма средних по бассейну осадков, определенная на день составления прогнозов; N - число дней выпадения осадков; Хмах - максимальное количество осадков на водосборе – данные измерений станции, на которой наблюдалось наибольшее количество осадков за дождь; Q0 - предпаводочный расход воды; I - предпаводочное увлажнение.

Два последних параметра определяют увлажнение бассейна перед началом выпадения осадков, остальные - поступление осадков на водосбор. Для всех створов, как бассейна оз. Ханка, так и для р. Большой Уссурки наиболее значимыми предикторами являются ΣХср и Q0, которые вошли во все выбранные уравнения регрессии.

Оценка значимости предикторов выполнена с помощью корреляционного анализа. Метод корреляционного анализа позволяет выявить статистическую связь между стоком и факторами его определяющими, определять точность вычисления функции, оценить тесноту связи между рассматриваемыми переменными, а также определить эффективность прогноза по сравнению с природным распределением.

Заблаговременность прогноза зависит от величины водосбора реки, от времени подъема паводков, от бассейнового времени добегания воды, от распределения паводкообразующих осадков во времени и пространстве.

Проверка методики прогноза максимальных расходов воды с учетом выпавших осадков, разработанной для малых рек бассейна оз. Ханка и р. Большой Уссурки, проводилась в оперативном режиме в летний период 2005-2006 гг. Начальным условием формирования паводков было определено следующее: сумма выпавших осадков должна составлять не менее 30 мм, причем суточное количество осадков должно быть не менее 20 мм. Для каждого створа были составлены регрессионные уравнения, учитывающие различное количество выпавших осадков. Отдельно выделены паводки, сформированные осадками количеством более 50 мм за сутки.

Всего было проверено 8 уравнений для паводков, сформированных осадками количеством более 30 мм, и 2 уравнения для паводков, сформированных осадками количеством более 50 мм. Расчет уравнений проводился автоматически по программе, разработанной в ДВНИГМИ.   
Результаты оценки методических прогнозов максимальных расходов воды при выпадения осадков количеством более 30 мм приведены в таблице 13.   
Таблица 13 - Результаты оценки методических прогнозов максимальных расходов воды при выпадения осадков количеством более 30 мм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Река | Пункт | Выпущено прогнозов | Оправдалось | Оправдываемость прогнозов, % |
| 1 | Осиновка | Осиновка | 3 | 3 | 100 |
| 2 | Абрамовка | Абрамовка | 5 | 3 | 60 |
| 3 | Ивановка | Ивановка | 4 | 4 | 100 |
| 4 | Спасовка | Спасск-Дальний | 4 | 4 | 100 |
| 5 | Кулешовка | Спасское | 4 | 4 | 100 |
| 6 | Ореховка | Поляны | 8 | 8 | 100 |
| 7 | Малиновка | Ариадное | 6 | 5 | 83 |
| 8 | Маревка | Покровка | 9 | 6 | 67 |

Результаты оценки методических прогнозов максимальных расходов воды при выпадении осадков количеством более 50 мм приведены в таблице 14.   
Таблица 14 - Результаты оценки методических прогнозов максимальных расходов воды при выпадении осадков количеством более 50 мм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Река | Пункт | Выпущено прогнозов | Оправдалось | Оправдываемость прогнозов, % |
| 1 | Спасовка | Спасск-Дальний | 1 | 1 | 100 |
| 2 | Кулешовка | Спасское | 2 | 1 | 50 |

Оценка качества гидрологических прогнозов, на основе которой решается вопрос о целесообразности применения данной методики в оперативной практике, регламентирует ся Наставлением [14]. Согласно Наставлению методика прогноза считается эффективной, а ее практическое применение оправданным только в том случае, если погрешность прогнозов, составленных по данной методике, существенно меньше равновероятных отклонений от нормы или другого заданного значения предсказанной переменной, на которую со статистической точки зрения выгоднее всего ориентироваться при отсутствии методики прогноза.

Для краткосрочных прогнозов в качестве такой величины принимается фактическое значение предсказываемой переменной речного стока на момент прогноза плюс среднее её изменение за период заблаговременности. Эффективной считается методика, для которой отношение S/δΔ≥0.8, где S - среднеквадратическая погрешность проверочных прогнозов, δΔ - среднеквадратическое изменение предсказываемой переменной за период заблаговременности прогноза.

Испытание методики краткосрочных прогнозов стока дождевых паводков на реках бассейна оз. Ханка и р. Большая Уссурка дало следующие результаты:

Оправдываемость методических прогнозов ежедневных уровней воды для нижних створов р. Большой Уссурки составила 76-93%. Отношение S/δΔ, определяющее качество методики, составляет 0,36-0,67, что позволяет отнести данную методику к категории хорошей и удовлетворительной и рекомендовать к применению в оперативной практике.