

(11) $-0,50 \pm 0,12$ вызван не присутствием "белого шума", а свидетельствует о наличии 3...5 и 9...11-летних циклов в динамике изменения рассматриваемых метеоэлементов (рис. 2).

Учет асинхронности процессов формирования максимально возможного испарения и суммарного испарения поверхности суши в ходе исследования пространственно-временных колебаний их полей дает возможность уточнить водные ресурсы и расходные статьи водного баланса на территории Белоруссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. – Л., 1968. – 377 с. 2. В о р о п а е в Г.В., М е с т е ч к и н В.Б. Физико-географические основы формирования водохозяйственных балансов. – М., 1981. – 135 с. 3. А л е к с е е в Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализация корреляционных связей. – Л., 1971. – 363 с. 4. Р о ж д е с т в е н с к и й А.В., Ч е б о т а р е в А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л., 1974. – 424 с. 5. В о л ч е к А.А., М а р ч у к В.Н. О методах определения суммарного испарения. – Брест, 1987. – 31 с. Деп. в ЦБНТИ Минводхоза СССР, 2.12.87, № 459. 6. М е з е н ц е в В.С., К а р н а ц е в и ч И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л., 1969. – 158 с. 7. В о л ч е к А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии): Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству / Минводхоз БССР. – Мн., 1986. – № 12. – С. 17–21.

УДК 551.577.36(476)628.212.2

П.Д. ГАТИЛЛО, А.Н. ОДИНЕЦ

ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ РАСЧЕТАХ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ ГОРОДОВ

Имеющиеся нормативные руководства по проектированию дождевой канализации касаются прежде всего определения расчетной интенсивности атмосферных осадков и производных от нее расчетных максимальных расходов поверхностного стока методом предельных интенсивностей при соответствующих периодах однократного превышения. Поскольку поверхностный сток с застроенных территорий загрязнен, основную его часть (не менее 70 % годового объема) рекомендуется направлять на очистку [1...5]. Речь идет о расходах, соответствующих интенсивности предельных дождей с периодами однократного превышения $p = 0,05-0,10$ года. Так как пропускная способность коллекторов, отводящих стоки на очистку, значительно меньше пропускной способности подводящих коллекторов, часть стоков во время ливней будет попадать в приемники без очистки. Временная инструкция [3] допускала лишь один вариант предельного расхода (в условиях БССР $p \approx 0,045$ года), т.е. игнорировала вопросы сочетания величин канализуемых территорий с водоносностью приемников.

Однако еще до признания целесообразности направлять на очистку часть стоков дождевой канализации селитебной территории [2] с территорий про-

мышленных предприятий, на которых нет специфических веществ с токсическими свойствами, и весь их объем с территорий, имеющих в своем составе токсические или значительные количества органических веществ [5], в Белоруссии проводились охранные мероприятия. Например, в г. Минске для защиты приемников в городской черте разработана и осуществляется система перехватывающих коллекторов, отводящих стоки дождевой канализации ниже города для их очистки в прудах. В Солигорском промышленном районе промливневый сток некоторых площадок отводится в пруд-регулятор. Последний, снижая загрязнение Солигорского водохранилища, является одновременно источником технического водоснабжения и позволяет экономить электроэнергию на перекачку по техническому водоводу речной воды из довольно удаленного водозабора. Аналогичное решение принято и в г. Сморгони. В Солигорске, кроме того, проработана замкнутая система водоснабжения, предусматривающая очистку, доочистку и полное использование для целей технического водоснабжения и на сельскохозяйственных полях орошения сточных вод не только промбытовой и промливневой, но и городской дождевой канализации.

После выхода СН 496–77 [3] при разработке схем перспективного развития канализации городов БССР рассматривали обычно варианты полной раздельной и полураздельной систем. Однако расчетный расход стоков дождевых вод, направляемых на очистку по перехватывающим (при полной раздельной) или по общесплавным (при полураздельной системе канализации) коллекторам, принимали однозначно и вне зависимости от водоносности приемников. Выбор варианта определялся строительной стоимостью, но без проработки вопросов влияния на приемники части стоков, сбрасываемых без очистки во время ливней и интенсивного таяния снега. С выходом СНиП [1], учитывающего рекомендации [2] и [5] по установлению количества стоков, направляемых на очистку, можно ожидать проработки вариантов их предельного расхода. Однако необходимы и отсутствовавшие до сих пор прогнозные расчеты качества воды приемников с учетом влияния неочищенных и очищенных стоков дождевой и очищенных промбытовой канализаций.

При проектировании полной раздельной дождевой канализации без мероприятий по охране от загрязнения и снижению диаметров водоводов необходимы лишь данные для определения пропускной способности сети. СНиП [1, 6] предлагают принимать эти значения по данным обработки материалов плевниографических наблюдений. Если же таковых нет или они весьма непродолжительны, использовать приведенные в них таблицы и карты.

Уточненные данные параметров для расчета интенсивности дождей и дождевого стока по методам СНиП приведены для условий БССР на основе обработки наблюдений в 11 пунктах [7], а для территории СССР, включая и Белоруссию, – на основе обработки наблюдений более чем в трех тысячах пунктах [8].

Для расчетов уменьшения диаметров коллекторов за счет регулирования стока следует иметь данные о режиме стока (гидрограф) в расчетный ливень. При быстром опорожнении регулирующих емкостей (в течение или немногим спустя после прекращения стока) для решения возникающих задач достаточно располагать гидрографом только одного расчетного ливня. Если же регулирующие емкости сбрасываются малоинтенсивно, последующие осадки могут

выпасть до опорожнения емкостей. Такие задачи можно решать только на основе гидрографов дождей, объединяемых в дождливые периоды.

Наиболее распространенной является методика построения гидрографа для случая, когда интенсивность осадков, наибольшая вначале, постепенно снижается [4]. Исследованы возможности аналитического описания и построения гидрографов при иных режимах изменения интенсивности ливней [9, 10], сопоставлены результаты регулирования стока на основе их использования [4]. Объемы стока, вычисленные по площади гидрографа М.В. Молокова и по величине слоя осадков, различаются, хотя максимальный расход гидрографа соответствует интенсивности дождя с тем же периодом однократного превышения, что и у суммы осадков, а коэффициенты стока и площади водосборов в обоих случаях одинаковы. Возникает необходимость согласования этих вопросов или подбора более приемлемого варианта, например, на основе обобщения совмещенных безразмерных гидрографов.

Способность рек ассимилировать загрязнения, сбрасываемые со стоками дождевой канализации, проверяют [5] сопоставлением количества кислорода, необходимого для окисления загрязнений, содержащихся в осевших взвесах, с его суточными ресурсами в проточной воде. В качестве расчетной суммы атмосферных осадков, сток от которых учитывается при оценке вносимых загрязнений, рекомендуется принимать средний из ежегодных максимумов суточных сумм осадков [8, 11]. Однако это правомерно в случае сброса в приемник всего объема стоков дождевой канализации. Если же часть их направляется на очистку, то количество оседающих в приемниках взвесей логично определять только по стокам, попадающим в приемники из разделительных камер. Рекомендации [5] этой ситуации не рассматривают, так как по предлагаемому в них исходным данным такого расчленения объема стока ливней на две части вообще произвести нельзя.

В ходе проектирования дождевой канализации возникает необходимость решения и многих других задач. Для уменьшения загрязнения приемников сбрасываемой частью стоков интенсивных ливней на устьевых участках коллекторов могут размещаться резервуары-регуляторы (рис. 6.6, в [4]). Для определения производительности очистных сооружений и вместимости буферного регулирования стоков, поступающих по перехватывающим или общесплавным коллекторам к кустовым или общегородским станциям очистки, необходимо иметь гидрографы поступления этих стоков в расчетные дождливые и половодные периоды. При проектировании замкнутых систем водоснабжения, кроме изложенного, следует установить ресурсы воды в расчетные мало-, средне- и многоводные годы, их внутригодовое распределение с учетом не только дождевых, но и всех других вод.

Анализ показал, что, кроме пренебрежения вопросами прогноза влияния дождевой канализации на качество воды в приемниках, весьма приближенно устанавливаются регулирующие емкости проливневой полной раздельной и перед очистными сооружениями полураздельной канализаций. Объяснить это можно неразработанностью характеристик режима стоков дождевых и талых вод.

Случайный характер этих стоков зависит от атмосферных осадков, многих других климатических и местных факторов. Режим прохождения по дож-

девой канализации стоков весьма сложен и изменчив. Основная задача – выявить характерные (расчетные) сочетания объемов, расходов, продолжительности стоков, по которым можно было бы определять параметры сооружений, обеспечивающих требуемую степень благоустройства канализируемой территории, охрану приемников от загрязнения, минимум приведенных затрат на создание канализационной сети и проведение охранных мероприятий. Нарушений нормального режима прохождения стоков должно быть не больше, чем это предопределено принятием расчетного периода однократного превышения.

Особенностью дождевой канализации является эпизодический характер прохождения стоков (за исключением условно чистых). По проводимым несистематическим наблюдениям (материалы не публикуются) получить расчетные значения стока нельзя, однако они могут служить основой для разработки методики расчета стоковых характеристик по данным об атмосферных осадках. Систематические наблюдения (в том числе плювиографические) за атмосферными осадками (материалы публикуются) позволяют рассчитать характеристики стока дождевых и талых вод. В современных условиях, кроме вышеназванных характеристик, следует располагать гидрографами стоков в дождливые периоды и при таянии снега, а также характеристиками количества всех видов стоков (дождевых, талых, условно чистых, поливомоечных вод) в разные по водности годы и их внутригодовое распределение.

Пропускная способность дождевой канализации городов, установленная на основе определения расчетных максимальных расходов дождевых вод методом предельных интенсивностей, замечаний не вызывает. Поэтому на этих вопросах мы не останавливаемся.

На характер гидрографов стока дождевых вод влияет ряд параметров: сумма осадков за дождливые периоды и входящие в них дожди; количество дождей, характер их распределения по величине и времени; продолжительность дождей и промежутков между ними, дождливых периодов в целом; интенсивность осадков и ее изменения в течение дождей и др. В общем случае условия ассимиляции сбрасываемых со стоками загрязнений и необходимые регулирующие емкости будут соответственно тем сложнее, чем больше сумма осадков, меньше промежутки времени между дождями, продолжительность дождей, дождливых периодов и групп дождей внутри этих периодов. При отсутствии достаточно тесных корреляционных связей в качестве расчетных принимают дождливые периоды, угрожающие загрязнением и требующие максимальных регулирующих емкостей. Важно, чтобы расчетная повторяемость таких периодов соответствовала наблюдаемым в природе.

Для того чтобы из множества различных сочетаний дождей выбрать расчетное, целесообразно всю массу плювиографических наблюдений рассортировать и представить в виде единой системы.

Суммы осадков распределяют соответственно их величинам: 1 – за один дождь, независимо от того, был ли каждый из них одиночным или входил в состав дождливого периода – $h_{д.п}^I(p)$; 2 – за весь дождливый период, независимо от того, сколько дождей входит в его состав, – $h_{д.п}^{II}(p)$; 3 – за дождливые периоды, состоящие из одного – $h_{д.п}^I(p)$; двух – $h_{д.п}^{II}(p)$; трех – $h_{д.п}^{III}(p)$; четырех – $h_{д.п}^{IV}(p)$; пяти и более дождей – $h_{д.п}^{\geq V}(p)$. Для ряда метеостанций

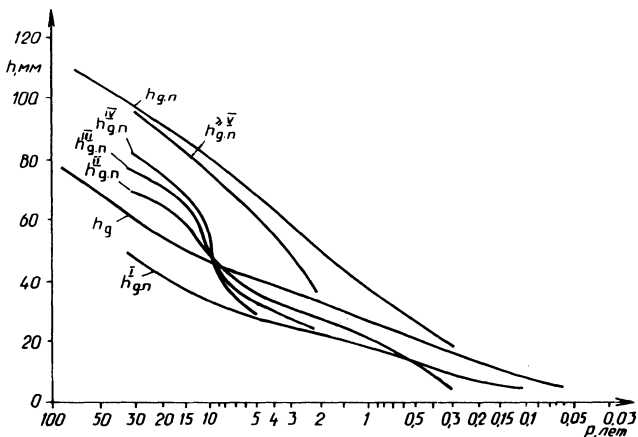


Рис. 1. Распределение сумм атмосферных осадков за дождливые периоды с различным количеством дождей.

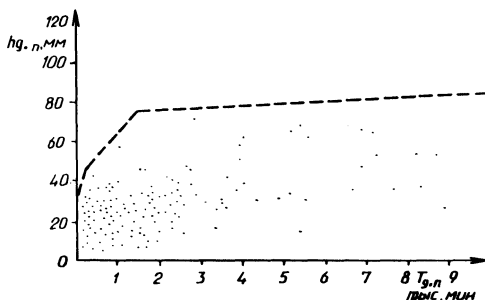


Рис. 2. Связь между суммами атмосферных осадков и продолжительностью дождливых периодов.

Белоруссии нами установлены распределения $h_{д}(p)$ и $h_{д,п}(p)$ и методика их построения [12, 13].

Последующие проработки показали, что дождливые периоды со средней интенсивностью $\geq 0,005$ мм/мин могут включать до шести-восьми и более дождей (рис. 1). Для принятой величины p могут быть установлены суммы осадков за весь дождливый период $h_{д,п}$, наибольший дождь $h_{д}$ и т.д.

Если по сумме осадков для каждого дождя определить период p его однократного превышения (с помощью распределения $h_{д}(p)$ на рис. 1), то методом предельных интенсивностей можно установить максимальные расходы, а затем гидрографы и продолжительность стекания вод каждого из этих дождей. Разместить полученные гидрографы дождей внутри расчетного периода можно по верхней огибающей заблаговременно построенного поля точек эмпирических связей между суммами осадков и продолжительностью дождливых периодов (рис. 2), устанавливая по ней промежутки времени от начала первого до окончания каждого последующего дождя и, наконец, всего дождливого периода $T_{д,п}(h_{д,п})$.

Следует отметить возможность замены в расчетном периоде варианта первого дождя (например, с суммой осадков 55 мм) вариантом двух дождей

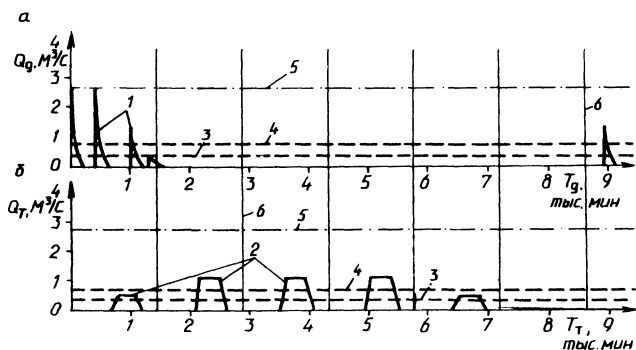


Рис. 3. Пример гидрографов коллектора дождевой канализации (площадь водосбора – 100 га, время добегания стока – 30 мин) :

a – сток дождевых вод в дождливый период (сумма атмосферных осадков соответствует $p = 20$ лет) ; *б* – сток талых вод в весну с максимальным запасом воды в снежном покрове обеспеченностью 5 %, 1 – гидрографы дождевых вод; 2 – гидрографы талых вод; 3,4 – расходы стоков, соответствующие интенсивности предельного дождя с периодами однократного превышения $p = 0,05$ года и $p = 0,10$ года; 5 – пропускная способность коллектора (интенсивность дождя $p = 1$ год); 6 – границы суток; Q_d и Q_T – соответственно расход дождевых стоков и талых вод; T_d и T_T – соответственно время стока дождевых и талых вод.

(30 и 25 мм), поскольку, во-первых, такое сочетание представляется более вероятным и, во-вторых, необходимо еще выявление степени попадания в канализацию стоков столь большого и интенсивного дождя.

При низкой интенсивности опорожнения регулирующей емкости вместимость последней для задержания талых вод может превысить вместимость, требуемую для регулирования стока дождевых вод, поэтому необходимо располагать также и гидрографами расчетного половодья. При их построении временно можно использовать формулы и исходные данные [4] для определения расчетных максимальных расходов талых вод, а также их сток за 3...10 сут в течение 10 ч дневного времени [2]. Расчетный гидрограф имеет вид трапеции: начало стока в 11,00 по местному времени, максимум – к 12.30, продолжение – до 18,00, постепенное снижение и окончание – в 20.00 (рис. 3, б). Число дней со стоком можно вычислить, разделив его объем за половодье на объем стока за сутки (площадь гидрографа). Исходными данными являются: максимальный слой воды в снежном покрове расчетной обеспеченности (например, 5%); сток с водосбора за вычетом площадей, с которых снег вывозится или не участвует в формировании стока напряженного периода (на крышах, в тени зданий, под пологом насаждений).

Нами изложена только схема работ и показана принципиальная возможность установления рассматриваемых характеристик. Многие вопросы подлежат изучению на базе обработки массовых материалов наблюдений в конкретных пунктах и в ходе экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. — М., 1986. — 72 с.
2. Временные рекомендации по предотвращению загрязнения вод поверхностным стоком с городской территории (дождевыми, тальными, поливомоечными водами). — М., 1975. — 38 с.
3. СН 496-77. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод / Госстрой СССР. — М., 1978. — 40 с.
4. М о л о к о в М.В., Ш и ф р и н В.Н. Очистка поверхностного стока с территории городов и промышленных площадок. — М., 1977. — 104 с.
5. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. — М., 1983. — 47 с.
6. СНиП 11-32-74. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. — М., 1975. — 38 с.
7. Методические рекомендации по расчету интенсивности дождей при проектировании канализации в условиях Белоруссии (временные). — Мн., 1978. — 32 с.
8. К у р г а н о в А.М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения. — М., 1984. — 110 с.
9. К у р г а н о в А.М. Закономерности движения воды в дождевой и общесплавной канализации. — М., 1982. — 72 с.
10. Г о н ч а р о н о к Б.М. Математическая модель хода дождя // Водоотведение и оценка качества поверхностных вод. — Мн., 1983. — С. 20-26.
11. Справочник по климату СССР // Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. — М.; Л., 1964-1970 гг. — Ч. IV.
12. Г а т и л л о П.Д., О д и н е ц А.Н. Распределение периодов однократного превышения сумм осадков за дождь на территории Белоруссии // Водное хозяйство и гидротехн. стр-во. — Мн., 1984. — Вып. 13. — С. 25-34.
13. Г а т и л л о П.Д., О д и н е ц А.Н. Распределение сумм осадков за дождливые периоды на территории Белоруссии // Водное хозяйство и гидротехн. стр-во. — Мн., 1986. — Вып. 15. — С. 7-13.

УДК 628.1-192

АНДЖЕЙ КРУЛИКОВСКИ, ЛЕХ ДЗЕНИС

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ ГОРОДОВ ПОЛЬШИ

Выявление основных типов отказов водопроводных сетей, их классификация, анализ причин возникновения и разработка требований к уровню надежности систем водоснабжения являются одним из важнейших условий повышения качества водообеспечения потребителей.

В статье представлен опыт проведенных эксплуатационных наблюдений работы нескольких городских систем водоснабжения Польши, обеспечивающих водой: город "А" на 800 тыс. жителей (крупный); город "Б" на 250 тыс. жителей (средний); город "В" на 60 тыс. жителей (небольшой).

Период наблюдений для города "А" составлял 19 лет, для городов "Б" и "В" — 7 лет (1979-1985).

Водопровод в городе "А" в 1978 г. представлял систему трубопроводов из различных материалов общей протяженностью около 840 км. До 1970 г. использовались главным образом чугунные трубы, затем увеличилась доля асбестоцементных и пластмассовых труб. Водопроводная сеть состоит из магистральных трубопроводов диаметром 400...1000 мм и распределительных трубопроводов диаметром 80..400 мм. Значительная часть сети (центр города) проложена 50-60 лет назад.