

УДК 628.311

Д. А. ДАНИЛОВИЧ<sup>1</sup>, А. А. МАКСИМОВА<sup>2</sup>, Е. И. ПУПЫРЕВ<sup>3</sup>

## Оценка объемов неорганизованного дополнительного притока сточных вод в систему канализации

В подавляющем большинстве городов России и стран СНГ системы водоотведения сформировались как полные раздельные. Поверхностные воды от атмосферных осадков и других источников, а также подземные воды должны отводиться по самостоятельной системе дождевой канализации, переходящей в средних и нижних звеньях в коллекторно-речную сеть. Для полных раздельных систем отведения городских сточных вод в населенных пунктах, расположенных в зонах умеренного климата, измеренная суммарная величина притока сточных вод на очистные сооружения канализации регулярно превышает учтенное количество сточных вод, принимаемых от абонентов. Так, для Москвы в отдельные периоды превышение притока сточных вод на очистные сооружения над расходом подаваемой в город питьевой и технической воды достигает 20–40% среднесуточного расхода сточных вод.

Неувязка водного баланса системы канализации происходит за счет поступления в нее дополнительного притока, включающего две основные компоненты:

организованный дополнительный приток, который формируется расходами сточных вод от технологических процессов, осуществляемых в подразделениях водопроводно-канализационного хозяйства;

неорганизованный дополнительный приток, который формируется поступлением дождевых, талых и грунтовых вод и обусловлен инженерными особенностями канализационной системы, а также неучтенным притоком, возникшим из-за погрешностей приборов учета у абонентов и самовольного водопользования.

Организованный дополнительный приток, как правило, выполняет полезную нагрузку, позволяя за счет использования системы городской канализации решать различные технические и экологические

задачи, а также оптимизировать расходы. Примерами организованного дополнительного притока, принимаемого в систему канализации, являются: отдельные потоки ливневых вод (в виде исключения); талые воды, образующиеся на пунктах плавления снега с использованием тепла сточных вод; осадки станций водоподготовки и небольших очистных сооружений канализации для последующей обработки на крупных очистных сооружениях; фильтрат (фугат) и сливная вода от расположенных отдельно от очистных сооружений канализации цехов механического обезвоживания, сливная вода с иловых площадок.

Таким образом, организованная компонента дополнительного притока необходима для надлежащего функционирования водопроводно-канализационного хозяйства, а ее составляющие входят в технологические процессы водоснабжения и канализации.

<sup>1</sup> Данилович Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, главный технолог Управления канализации, МГУП «Мосводоканал»

105005, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 261-03-62, e-mail: da\_danilovich@mail.ru

<sup>2</sup> Максимова Анна Ардалионовна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра инноваций в области водоснабжения и водоотведения, ГУП «МосводоканалНИИпроект»

105005, Москва, Плетешковский пер., 22, тел.: (495) 956-05-93, e-mail: ardamax@rambler.ru

<sup>3</sup> Пупырев Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор, директор ГУП «МосводоканалНИИпроект»  
Тел.: (499) 261-53-84, e-mail: post@mvkniipr.ru

Первым шагом в объективном анализе дополнительно организованного притока, а также проблем, возникающих в связи с его поступлением, должен стать тщательный учет всех его составляющих и их исключение из измеренной величины дополнительного притока. Поступление неорганизованного дополнительного притока создает проблемы как инженерного, так и экономического характера: увеличивается нагрузка на транспортные и очистные сооружения системы канализации, что приводит к дополнительным расходам предприятия водопроводно-канализационного хозяйства; возрастает объем очищенных вод, отводимых в водные объекты и облагаемых водным налогом.

Анализ закономерностей формирования и количественная оценка величины неорганизованного дополнительного притока важны как для снижения нагрузки на систему канализации, так и для экономической оптимизации работы предприятия водопроводно-канализационного хозяйства.

Несмотря на очевидную зависимость величины неорганизованного дополнительного притока от метеорологических условий и времени года, методология количественной оценки влияния этих факторов до настоящего времени не разработана.

На примере системы водоотведения Москвы сделана попытка обосновать эту зависимость и создать базу для разработки на ее основе методических документов.

**Источники поступления неорганизованного притока в систему городской канализации Москвы.** Городская хозяйственно-бытовая и промышленная система канализации

Москвы охватывает практически всю застроенную территорию города и включает в себя около 7 тыс. км самотечных трубопроводов диаметрами 150–4800 мм. Холмистый, прорезанный глубокими речными долинами рельеф города предопределил конструктивные особенности системы канализации. Крупные самотечные водоводы в большинстве случаев проложены по понижениям рельефа, в речных долинах, параллельно рекам и ручьям. Положение усугубляется тем, что большая часть рек города «убрана» в трубопроводы системы ливневой канализации, что привело к существенному снижению ее дренирующей способности.

Часть дождевого стока попадает в сеть хозяйственно-бытовой канализации через штатные отверстия в крышках колодцев, с плоских кровель зданий (при частых переключениях системы внутридомового ливневого стока в канализацию), а также в люки, специально открываемые работниками ДЭЗ в местах затопления дворовых проездов при сильных ливнях. Подземные воды поступают в систему канализации через неплотности в стыках труб и секций колодцев, а также непосредственно сквозь изношенные стенки колодцев и трубопроводов, причем поступление воды может носить сосредоточенный характер, в виде подземных водотоков, движущихся по неплотностям и промоинам. Если поверхностный сток в основном попадает в дождевую и коллекторную речную сеть, то подземный сток в значительной степени дренируется более глубоко расположенными водоводами хозяйственно-бытовой канализации. Таким образом, в Москве (как и в других горо-

дах с аналогичным рельефом и устройством системы канализации) условия полной раздельной работы систем водоотведения не выполняются.

**Формирование водного баланса системы водопроводно-канализационного хозяйства Москвы.** Расход воды, поданной в город (и населенные пункты Подмосковья), измеряется на станциях второго подъема и насосных станциях систем технического водоснабжения. Также подлежит учету расход воды, отобранной из артезианских скважин. Потребление питьевой воды абонентами измеряется с помощью расходомеров (водосчетчиков), установленных на каждом водопроводном вводе.

Разница в расходах поданной в город и учтенной у потребителя (подлежащей оплате) питьевой воды называется неучтенной водой. В реальных условиях эксплуатации системы водоснабжения и канализации невозможно получать данные о ежесуточном объеме потребленной абонентами воды, так как учет количества проданной (учтенной) воды осуществляется ежемесячно. Значительное влияние на результаты этого учета оказывают не инженерные, а организационные факторы – своевременность сбора показаний счетчиков, совпадение даты сбора показаний с праздничными и выходными днями и т. п.

С учетом собственных нужд подразделений МГУП «Мосводоканал» доля неучтенной воды несколько меньше. Ежемесячный анализ величины неучтенной воды за 2006–2007 годы показывает, что она изменяется (с учетом собственных нужд) в пределах от 15,1 до 3,8% без каких-либо объяснимых закономерностей. Таким образом, величина неучтенной воды (в

процентах) не имеет прямой связи с фактическим количеством воды, потребленной абонентами за данный период времени, а определяется организационными факторами, прежде всего порядком учета объема потребленной абонентами воды. В целом за 2007 г. доля организованного притока в канализацию составила 6,7% (325 тыс. м<sup>3</sup>/сут, или 119 млн. м<sup>3</sup>/год), неорганизованного притока — 5,6% (274 тыс. м<sup>3</sup>/сут, или 100 млн. м<sup>3</sup>/год против 333 тыс. м<sup>3</sup>/сут, или 121 млн. м<sup>3</sup>/год за тот же период 2006 г.). За эти же периоды суммарные притоки составили в среднесуточном выражении: в 2007 г. — 4854 тыс. м<sup>3</sup>, в 2006 г. — 5054 тыс. м<sup>3</sup>.

Важно сравнить объем неорганизованного дополнительного притока, поступающего в сети МГУП «Мосводоканал», с объемом поверхностного стока, отведенного сетями ГУП «Мосводосток». По данным Мосводостока, объем поверхностного стока, канализованного через сети, находящиеся на его балансе, в 2006 г. составил 580 млн. м<sup>3</sup>. Таким образом, объем неорганизованного дополнительного притока, поступившего в систему городской канализации в 2006 г. (105 млн. м<sup>3</sup>/год), составил около 20% объема поверхностного стока, отведенного сетями ГУП «Мосводосток».

**Анализ данных по гидрогеологическим условиям работы системы канализации Москвы.** В естественных условиях подземные воды образуются главным образом за счет просачивания атмосферных осадков, выпадающих в виде дождя и снега (при его таянии). Поэтому величина питания подземных вод в естественных условиях определяется климатом, условиями поступления воды на поверх-

ность земли и ее просачивания в почву. В городе эти условия меняются в результате действия множества дополнительных факторов — техногенное питание (утечки из водонесущих коммуникаций, из декоративных водоемов, эксфильтрация при поливах и др.), а также инфильтрация в системы водоотведения. Соответственно меняется и абсолютное значение величины питания грунтовых вод.

Для Москвы характерно повышение уровня грунтовых вод вплоть до подтопления зданий и сооружений. Гидрологические наблюдения показывают, что слабонарушенный естественный режим грунтовых вод сохранился лишь в лесопарковых зонах города. На 50% территории города уровень грунтовых вод проходит на глубине 3 м и менее, т. е. находится выше уровня расположения основной части канализационных трубопроводов. На большей части территории города практически не наблюдаются пики подъема и снижения уровня грунтовых вод, характерные для естественного режима. Амплитуда сезонных колебаний составляет всего 0,1–0,5 м.

Влияние гидрогеологических условий на формирование неорганизованного притока в системы канализации города определяется следующими основными факторами:

большая часть системы канализации, в том числе практически все коллекторы и каналы, расположенные вдоль рек, а также в восточной части города, работают в условиях постоянного подтопления грунтовыми водами, уровень которых находится в большинстве случаев выше шельги;

основным направлением развития гидрогеологических условий является повышение

уровня грунтовых вод (включая подтопление) как на освоенных территориях города (за исключением относящихся к надпойменным террасам), так и на осваиваемых, в том числе за пределами МКАД. Т. е. влияние инфильтрационной составляющей неорганизованного притока со временем будет нарастать;

сезонные колебания уровня грунтовых вод невелики и не должны существенно сказываться на величине суточного инфильтрационного неорганизованного притока в систему канализации.

**Анализ влияния климатических условий на величину неорганизованного притока.** Климатические условия оказывают определяющее влияние на ливневую компоненту неорганизованного дополнительного притока в систему канализации, а также воздействуют через изменение уровня грунтовых вод на величину инфильтрационного притока. В теплое время года — это влияние дождей, зимой и весной — оттепелей, сопровождающихся таянием снега.

Для определения влияния климатических условий на дополнительный приток целесообразно провести анализ суточной динамики величины дополнительного притока (разницы между расходом воды, поданной в город, и притоком, измеренным на очистных сооружениях). Более точный посуточный анализ дополнительно притока можно получить при использовании данных по расходу сточных вод от абонентов, но эти данные доступны только в месячном исчислении. Кроме того, часть воды, подаваемой в город, попадает в категорию «неучтенной», и ее расход существенно меняется по месяцам. Поскольку эти изменения скорее всего определяются ор-

ганизационными причинами, для анализа влияния климатических факторов на объем неорганизованного дополнительного притока (точнее, на его ливневую составляющую) целесообразно в анализе ливневой компоненты использовать более объективную величину расхода воды, поданной в город.

В величину притока, измеренную на очистных сооружениях, входят возвратные потоки. Но технологический процесс на очистных сооружениях постоянен и не зависит от климатических факторов, поэтому можно проводить расчет ливневой составляющей

без выделения данных расходов. Однако при расчете объема талых вод, принимаемых в составе неорганизованного дополнительного притока, величина расхода талой воды от снегосплавных пунктов должна вычитаться из общего приема сточных вод на очистные сооружения.

Для анализа влияния климатических факторов на величину неорганизованного дополнительного притока была использована база данных ежедневных многолетних наблюдений за температурой и осадками. Для работы с ней разработана и применяется классификация климатических условий.

Для расчета различных составляющих неорганизованного дополнительного притока предложено выделить пять пар противоположных типов характерных климатических ситуаций (табл. 1).

Все данные по анализируемым климатическим факторам (осадки и температура), а также по притоку и подаче воды за 2004–2007 годы были распределены по группам (с разбивкой по годам), соответствующие характерным климатическим ситуациям. Анализируемой величиной была разница между подачей воды (питьевой и технической) в город и притоком на очистные сооружения. Для

Таблица 1

Определяемая величина	Сезон	Противопоставляемые климатические ситуации	
		общее описание	методология выделения из базы данных метеонаблюдений
Максимальное значение ливневого неорганизованного дополнительного притока	Теплый*	Сухие дни, при отсутствии поступления ливневого притока	Дни без выпадения осадков (свыше двух суток от последнего дождя)
		Особо сильные, продолжительные ливни	Дни с ливнями слоем более 10 мм
Суммарная (за год) величина ливневого неорганизованного дополнительного притока	Теплый*	Дни без существенных осадков	Осадки слоем менее 2 мм**
		Дни с осадками	Дни с осадками слоем выше 2 мм
Максимальное значение неорганизованного дополнительного притока талых вод	Холодный	Морозные дни	Дневная температура ниже $-10^{\circ}\text{C}$
		Резкая оттепель	Дни с температурой выше $+3^{\circ}\text{C}$ , следующие за периодами снегопадов при отрицательных температурах
Суммарная (за год) величина неорганизованного дополнительного притока талых вод	Холодный	Дни с отрицательными температурами	Дневная температура ниже $-2^{\circ}\text{C}$
		Дни оттепелей	Дневная температура выше $-2^{\circ}\text{C}$ (период между первым морозным днем и последним днем таяния снега)
Максимальная величина инфильтрационного неорганизованного дополнительного притока	Теплый	Весенняя засуха	Дни в период с конца апреля до середины июня без существенных осадков, следующие за сухим периодом продолжительностью не менее 20 суток
		Засуха в конце лета – осенью	Аналогичные дни в период с начала августа до середины октября
	Холодный	Конец периода устойчивых сильных морозов*****	Дни после периода морозных дней продолжительностью свыше 20 суток
<p>* Под теплым сезоном подразумевается период устойчивых положительных температур.  ** Подобные осадки приводят лишь к смачиванию поверхностей и не формируют потоки ливневых вод.  *** Наличие существенного снежного покрова.  **** Выбор температуры <math>-2^{\circ}\text{C}</math> определяется использованием в городе противогололедных реагентов, которые уже при небольших отрицательных температурах могут формировать в дневные часы потоки талых вод с обработанных поверхностей.  ***** Данный период «зимней засухи» не имеет противопоставления и может сравниваться с периодами засухи в теплое время.</p>			

Таблица 2

Период с различными климатическими условиями	Сезонные данные о разнице между подачей воды в город и притоком на очистные сооружения, тыс. м <sup>3</sup> /сут									
	2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.		в среднем за 2004–2007 годы	
	раз-ница	коли-чество дней	раз-ница	коли-чество дней	раз-ница	коли-чество дней	раз-ница	коли-чество дней	раз-ница	коли-чество дней
Конец засухи (лето—осень)	210	—	374	—	207	—	126	—	229	—
Сухие дни	345	30	418	82	362	58	265	85	346	255
Дни без дождей (либо с незначительными осадками)	402	135	461	177	358	177	296	142	382	631
Конец засухи (весна)	588		344		461		167		390	
Конец периода сильных морозов	386		499		405		468		429	
Дни с устойчивой отрицательной температурой	489	30	488	74	427	56	508	38	475	198
Сильные морозы	529	20	488	20	474	39	510	34	484	113
Дни с дождями	588	83	701	43	469	48	511	62	580	236
Дни оттепелей	602	15	678	49	673	78	722	40	679	182
Периоды снеготаяния	1078	11	1063	19	1056	20	882	21	1010	71

получения более выраженной зависимости в зимний период из величины данной разницы за каждые сутки была вычтена величина расхода талой воды от снегосплавных пунктов, определенная исходя из среднего значения плотности завозимого снега (0,4 кг/м<sup>3</sup>).

Результаты анализа климатических данных приведены в табл. 2. Величина разницы вышеуказанных расходов по периодам с различными климатическими условиями, ранжированных по возрастанию, приведена на рисунке. Данные по наибольшим годичным значениям разницы приведены в табл. 3.

Анализ данных таблиц 2 и 3 и рисунка позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Поверхностный сток оказывает наибольшее влияние на объем неорганизованного притока, увеличивая его при сильных ливнях и в пиковый период таяния снега (дополнительно к фоновым значениям в сухую либо морозную погоду)

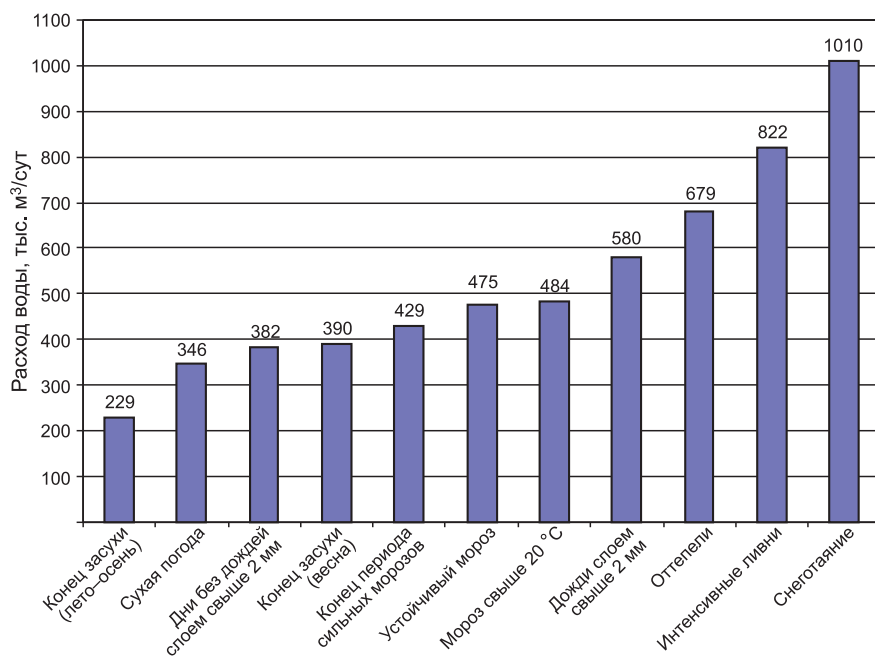
на 1,1–1,2 (до 2,1) млн. м<sup>3</sup>/сут, что составляет 22–25% (до 40%) среднегодовых притоков на очистные сооружения в последние годы. Несмотря на то что городская канализация Москвы запроектирована как полная раздельная, фактически она выполняет значительную часть функций общесплавной системы. В среднем в дождливые дни неорганизованный дополнительный приток возрастает на 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

2. Климатические условия оказывают несколько меньшее, но также выраженное влияние на инфильтрационную компоненту неорганизованного дополнительного притока. Однако это влияние реализуется в большей степени через зависи-

мость объема неорганизованного притока от времени года, нежели от текущих климатических проявлений. Так, неорганизованный приток в конце длительного засушливого периода в конце лета – начале осени на 160 тыс. м<sup>3</sup>/сут ниже, чем по окончании такого же периода весной. Существенным дополнительным фактором, влияющим на уровень грунтовых вод и соответственно на объем инфильтрационного притока, является интенсивность испарения грунтовых вод по почвенным капиллярам. Именно это явление обеспечивает значительное понижение уровня грунтовых вод даже на фоне выраженных осадков в летний сезон. Также обращает

Таблица 3

Климатическая ситуация	Величина наибольшей разницы между водоотведением и водопотреблением, тыс. м <sup>3</sup> /сут			
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Сильные ливни	1326	2147	1554	1471
Таяние снега	1425	1527	1353	1157



**Средняя разница между притоком на очистные сооружения (за вычетом сбросов от снегосплавных пунктов) и подачи воды в город за 2004–2007 годы**

на себя внимание более высокий уровень инфильтрационного притока в период морозов, который на 140 тыс. м³/сут выше значений, характерных для сухой погоды в теплое время года, что можно объяснить прекращением испарения почвенной влаги в условиях продолжающейся техногенной подпитки грунтовых вод в городе.

Для получения строгой зависимости величины неорганизованного дополнительного притока от слоя дождя анализируемой базы данных недостаточно, так как в ней используются посуточные значения, а данная зависимость может быть выявлена в результате анализа событий, зафиксированных в режиме реального времени. Получение такой зависимости возможно на следующем этапе исследований. В то же время практическая значимость результатов анализа почасовых данных неочевидна.

**Количественная оценка неорганизованного притока.** Выполнив анализ влияния

метеорологических и сезонных факторов позволяет подойти к корректному решению задачи количественной оценки неорганизованного притока. Нормативные документы предлагают два основных подхода.

СНиП 2.04.03–85 предписывает осуществлять проверочный расчет сетей на пропуск максимального расчетного расхода и дополнительного (неорганизованного) притока. Последний определяется по формуле:

$$q_{ad} = 0,15L\sqrt{m_d}, \quad (1)$$

где  $L$  – общая длина трубопроводов до расчетного створа, км;  $m_d$  – величина максимального количества осадков, мм/сут.

Для канализации Москвы ( $L = 7000$  км и  $m_d = 61$  мм/сут) максимальный дополнительный приток по этой формуле составит 8200 л/с, или 29,5 тыс. м³/ч, или 708 тыс. м³/сут (если исходить из того, что данный расход поддерживается в течение суток). Сравнение расчетного значения с фактическими (табл. 3) показывает, что оно соответствует лишь средним значениям

неорганизованного дополнительного притока в период дождей слоем свыше 2 мм/сут и оттепелей, при этом многократно меньше его фактических максимальных значений.

При расчетах новых систем канализования рекомендуется использовать формулу (1) с повышающим коэффициентом 3 (соотношение максимальной величины дополнительного притока, по данным табл. 3, с величиной дополнительного притока, рассчитанного для Москвы по формуле СНиП):

$$q_{ad} = 0,45L\sqrt{m_d}. \quad (2)$$

В любом случае использование данной формулы возможно для проектируемого городского района, но неприемлемо для решения эксплуатационно-экономических задач действующего предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, так как формула в принципе не относится к определению среднегодовых количеств неорганизованного притока.

Второй возможный подход к расчету количества неорганизованного дополнительного притока основан на формуле СНиП 2.04.03–85, предназначенной для расчета расхода поверхностного стока для ливневой либо общесплавной системы. Однако система московской канализации не является ливневой, а к общесплавной системе относится лишь частично, поэтому использование данной формулы приводит к существенным ошибкам в сторону завышения расчетного ливневого притока. Так, расчет для условий московской канализации дает значение максимального часового притока 133 тыс. м³/ч, что приблизительно соответствует производительности крупнейших в Москве и Европе Курьянов-

ских очистных сооружений. На практике при максимальном годовом приеме сточных вод на Курьяновские очистные сооружения, например, за 2007 г. (14 октября 2007 г. разница между подачей и приемом воды составила 1,457 млн. м<sup>3</sup>/сут) наибольший расход составил 184 тыс. м<sup>3</sup>/ч, увеличившись всего на 33–35 тыс. м<sup>3</sup>/ч по сравнению с сухим днем (11 октября 2007 г.).

Следует отметить, что оба расчетных подхода в принципе не относятся к одной из наиболее характерных для формирования максимального притока ситуаций – снеготаяния во время оттепели (весенний паводок в системе канализации). Возможным направлением разработки количественных зависимостей для неорганизованного дополнительного притока мог бы стать расчет вероятного количества ливневых и талых вод в систему канализации с плоских кровель зданий, а также через щели и отверстия в крышках канализационных люков. Но данная методология вынуждена базироваться на весьма условных предположениях и обобщениях, взятых в виде исходных данных, и в принципе не может оценить инфильтрационную составляющую неорганизованного дополнительного притока, поэтому данное направление было также признано бесперспективным для детальной проработки.

Таким образом, единственным корректным направлением определения объемов неорганизованного притока сточных вод в систему канализации является расчет на основании результатов количественных измерений поступающего расхода сточных вод, компонентов организованного дополнительного притока и метеорологи-

ческих данных. Такой метод расчета позволяет, во-первых, выделить из разницы между учтенным водоотведением и водопотреблением величину организованного дополнительного притока, а во-вторых, количественно определить компоненту поверхностного притока, поступающего в систему канализации.

Проведенный анализ влияния метеорологических факторов на неорганизованный приток позволяет не только рассчитать дренажную компоненту неорганизованного притока, но и выделить его активную (переменную) составляющую. В период минимального уровня грунтовых вод (конец лета – начало осени) данная составляющая представлена на уровне минимального фона. В осенний, зимний и весенний периоды к фоновой составляющей прибавляется активная, определяемая подъемом уровня грунтовых вод.

Исследования позволили предложить новый подход к определению объемов неорганизованного притока сточных вод в систему канализации. В его основе лежит выделение неорганизованного притока с помощью расчетных процедур с совместной посуточной базой данных подач, притоков и метеорологических данных аналогично описанному выше.

Фактическую величину поверхностного неорганизованного дополнительного притока за анализируемый период времени рекомендуется определять по формуле:

$$W_{\text{поверх}} = (W_{\text{разн.дожд}} - W_{\text{разн.сух}}) + \times n_{\text{дожд}} + (W_{\text{разн.оттеп}} - W_{\text{разн.мороз}}) \times \times n_{\text{оттеп}}, \quad (3)$$

где  $W_{\text{разн.дожд}}$  – средняя величина превышения разницы между водоотведением и водопотре-

блением в дни с дождями за расчетный период;  $W_{\text{разн.сух}}$  – то же, в дни без дождей за тот же расчетный период;  $W_{\text{разн.оттеп}}$  – то же, в дни со снежным покровом при температуре воздуха выше 0 °С за расчетный период;  $W_{\text{разн.мороз}}$  – то же, в дни со снежным покровом при температуре ниже 0 °С за тот же период;  $n_{\text{дожд}}$  – число дней с дождями за тот же период;  $n_{\text{оттеп}}$  – число дней с оттепелями за тот же период.

Величину  $W_{\text{разн.дожд}}$  следует определять по формуле:

$$W_{\text{разн.дожд}} = \sum_{n=1}^n (W_{\text{ос.сут.дожд}} - W_{\text{подан.сут.дожд}}) / n_{\text{дожд}}, \quad (4)$$

где  $W_{\text{ос.сут.дожд}}$  – объем сточных вод, поступивших на очистные сооружения за сутки, в которые был отмечен дождь слоем свыше 2 мм (для периода без снежного покрова);  $W_{\text{подан.сут.дожд}}$  – сумма объемов питьевой и технической воды, поданной абонентам в те же сутки;  $n_{\text{дожд}}$  – число дней с дождями за расчетный период.

Аналогично следует определять величины  $W_{\text{разн.сух}}$ ,  $W_{\text{разн.оттеп}}$ ,  $W_{\text{разн.мороз}}$ .

Величина дренажной компоненты неорганизованного дополнительного притока за анализируемый период времени  $W_{\text{дрен}}$  может быть определена как разница между общим объемом неорганизованного дополнительного притока и поверхностным притоком:

$$W_{\text{дрен}} = W_{\text{неорг}} - W_{\text{поверх}}$$

**Неорганизованный приток и экономика водопроводно-канализационного хозяйства.** Несмотря на то что в отдельные периоды времени величина неорганизованного дополнительного притока превышает 25% среднесуточного притока, его среднегодовое значение не

столь велико и даже при неблагоприятных условиях (при полном учете организованного дополнительного притока) не превышает 7–8%.

Продолжительность периодов поступления сверхвысоких расходов неорганизованного дополнительного притока (свыше 15–20% среднесуточного притока) обычно не превышает одного–двух дней (кроме весеннего паводка) при общем количестве дней подобной нагрузки в течение года около 20. При достаточной гидравлической пропускной способности очистных сооружений такие краткосрочные увеличения расхода (без существенного увеличения массовой нагрузки по биоокисляемым загрязнениям) оказывают влияние только на вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников. Однако массовая нагрузка на водоем от возрастания выноса (не более 3–5 кг/1000 м<sup>3</sup> очищенных сточных вод) во много раз меньше нагрузки по загрязнениям, поступающим на очистные сооружения с неорганизованным дополнительным притоком.

В настоящее время во всех регионах России идет процесс снижения удельного водопотребления населением, являющийся результатом реализации мероприятий по экономии воды и все более широкого использования водосберегающей арматуры и бытовой техники. В связи с этим в системах канализования, построенных в период экстенсивного водопользования, формируется некоторый резерв пропускной способности. Принимая во внимание значительно большую эффективность удаления загрязнений на сооружениях биологической очистки сточных вод по сравнению с очистными сооружениями

ливнестока, поступление неорганизованного дополнительного притока в систему городской канализации следует рассматривать как экологически позитивный процесс. Безусловно, если очистные сооружения или отдельные бассейны канализования работают в условиях хронической реальной перегрузки, то проведение мероприятий по сокращению неорганизованного дополнительного притока инженерно и экологически обоснованно.

Как правило, системы ливнестока в период интенсивных ливней работают с перегрузкой, поэтому поступление части поверхностного стока в городскую канализацию играет положительную роль в общей инфраструктуре городского хозяйства. Учитывая, что многие города нуждаются в эффективном отведении ливневых и талых вод, а также дренажировании подземного пространства в периоды высокого уровня грунтовых вод, отведение этих расходов в дополнение к существующим инженерным системам ливнестока и дренажа, безусловно, весьма важно. С учетом изложенной выше информации о гидрогеологических проблемах (подтоплении), имеющих место на большей части территории города, прием в систему канализации как поверхностной, так и инфильтрационной составляющих неорганизованного притока является полезной услугой, оказываемой городу.

Для формирования справедливого тарифа на услуги водоотведения, включающего только те затраты, которые организация водопроводно-канализационного хозяйства несет на транспортировку и очистку сточных вод, принятых от абонентов и оплачиваемых через тариф, затраты на отведение

и очистку поверхностного и дренажного притока должны компенсироваться отдельно из средств городского бюджета как услуга, оказываемая городскому хозяйству. Поскольку отведение поверхностного стока в водные объекты не является результатом хозяйственной деятельности предприятия и его абонентов, данный расход не должен входить в объем сточных вод, за которые взимается водный налог.

## Выводы

Проведенный анализ зависимости неорганизованного дополнительного притока сточных вод в систему городской канализации от метеорологических факторов позволил предложить новый подход к расчету поверхностной и инфильтрационной составляющих его объемов. При среднегодовой величине неорганизованного дополнительного притока, составляющей 4–7% общего поступления сточных вод (на примере московской канализации), его доля в периоды продолжительных интенсивных дождей возрастает до 25–40%. При наличии некоторого резерва пропускной способности системы городской канализации поступление неорганизованного дополнительного притока следует рассматривать как экологически позитивный процесс, облегчающий решение важных для города задач отведения поверхностного стока и дренажирования грунтовых вод. При этом затраты организации водопроводно-канализационного хозяйства на отведение и очистку поверхностного и дренажного притока должны компенсироваться из средств городского бюджета как за услугу, оказываемую городскому хозяйству.