**ПРОБЛЕМАТИКА ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В ХОЛОДНОМ КЛИМАТЕ**

Свейн Т. Торольфсон

Факультет гидравлики и природообустройства

Норвежский технологический университет

**Аннотация**

Данная статья рассматривает проблематику городской канализации в холодном климате. Влияние климата на городскую канализацию проявляется изменением городского влагооборота и усиливается в холодную погоду. В холодном климате низкие температуры и снегопад усложняют работу городских водосточных систем. Городской сток зависит от: 1) мёрзлой поверхности грунта, 2) промерзания земли, 3) неземного снега, 4) снегодождя, 5) сугробов, 6) естественного и техногенного перераспределения снега и 7) уборки снега.  Другие проблемы вызваны промерзанием, морозным вспучиванием, оледенением в трубах, льдом на поверхности грунта, засорением водостоков и водовпусков, обледенением в канализационных колодцах и ливневой канализации, льдом в водоёмах, таких как городские ручьи и реки, пруды и озера и т.д.

Также затрагивается движение городских стоков и ливневых загрязняющих веществ, работа средств регулирования стока и очистных сооружений. Снег может храниться на водосборе, давая сток при потеплении. Мёрзлый грунт оттаивает медленно, а падение дождя на мёрзлую почву может оборачиваться мощным стоком. В холодном морском климате смена таяния и замораживания часто удлиняют сток. Проблемы доставляют наводнения, переливы из общесплавной канализации и перегрузки водоочистных сооружений. В уличном снегу могут накапливаться загрязнители. Таяние и сток в канализацию последних 10-20 % самой загрязнённой части накопленного снега могут вызвать ударную нагрузку загрязнителями. Канализационная система заполняется предыдущим притоком и часть концентрированных загрязнителей может излиться водосбросом местным получателям. Сточные воды, переносимые на очистные сооружения, холодные (2-5о C) из-за высокого притока/впитывания в периоды снегодождя и таяния. Проблемы городского поверхностного стока обусловлены перераспределением снега на тротуарах и в других местах или временным накоплением поверхностных вод из-за засорения водовпусков.

В районах холодного климата планирование и проектирование городского стока и даже распорядок эксплуатационно-технического обслуживания часто не учитывают наличие снега. Поэтому существует необходимость дальнейшего исследования и доработки городской канализации с последующим профильным обучением, включающим подготовку специальных пособий. Такая работа ведётся на факультете гидравлики и природообустройства Норвежского технологического университета (NTNU).

**Введение**

Эта статья основана на докладе авторов для публикации ЮНЕСКО - IRTCUD под заголовком ЮНЕСКО-IHPV, тема 7 «Комплексное водопользование в городах», глава 7.3 «Городская канализация в конкретных климатических условиях», том 2 «Городская канализация в холодном климате» [Максимович, 2000; Торольфсон 2000a]. С 1971 г. автор ведёт исследования, обучение, подготовку и консультирование на тему городской канализации в холодных климатических условиях (области ГКХК).  Рассматриваемая область простирается в северной Атлантике от Рейкьявика в Исландии с координатами 64° с. ш. 13° з. д. на западе через город Лонгйир на Шпицбергене (78° с. ш. 13° в. д.) на севере и
Фредрикстад в Норвегии (59° с. ш. 11° в. д.) на юге. Особое внимание будет уделено Рейкьявику, Тронхейму, Стейнхьеру и Бергену (Рис. 1).

За последние полвека городская канализация в летних (умеренно-тёплых) условиях значительного продвинулась в разработке и внедрении новшеств. Главной же проблемой ГКХК остаётся зимний сток, поэтому она требует большего внимания.

С учётом того, что в районах холодного климата средняя температура 1 месяца в год ниже +1° C, выходит, что там проживает более 1 млрд человек [Смит и др., 1996]. В этих областях крайние температуры могут достигать от -50° C зимой до +40° C летом, а это перепад в 90° C. Следовательно, городские канализационные системы требуют защиты от замерзания. В холодных областях среднегодовое количество осадков (дождь и снег) колеблется от ~150 мм до свыше 3000 мм. Кое-где приходится иметь дело с огромным объёмом поверхностных вод [Торольфсон, 1999], но в самых холодных местах осадков мало, и городская канализация ограничивается отводом лишь бытовых и промышленных сбросов [Торольфсон, 2000a].

В холодных областях состояние городского стока летом схоже с тёплым климатом, а вот зимой разница очевидна. При градостроительстве поверхность земли становится непроницаемой, покрывается крышами, улицами, парковками и так далее, деревья и другую растительность удаляют, а естественные русла размечают. Как следствие, естественная пропускная способность и впитываемость земли уменьшаются, избыточный поверхностный водосток увеличивается в скорости и объёме, а сток ускоряется. Это означает резкое изменение очертания гидрографа (поток за единицу времени) при оттоке из водосбора в процессе застройки. Излишек поверхностных вод при ускорении стока должен контролироваться городской канализацией. Эту систему нужно планировать, проектировать и внедрять. Необходимы специальные знания для эксплуатации, техобслуживания и управления системой в холодном климате. Задача городской канализации - предотвращение наводнения и обеспечение удобств (обычно с помощью водостоков и труб или мини-канализации), а также защита от наводнения за счёт основного дренажа.  Основная система состоит из искусственных и естественных водопроводящих каналов. Эта функция должна осуществляться ​​с наименьшими экологическими последствиями и экономически эффективным способом [Марсалек, 1991]. В холодном климате использование питьевой воды и другое водопотребление аналогичны ситуации в более тёплом климате, поэтому сбросы сточных вод одинаковы. Элементы системы сбора и переноса сточных вод на очистные сооружения схожи, а различия обусловлены низкими температурами, морозозащитой и присутствием снегопада, снегонакопления и снегоуборки.

**Факторы, влияющие на сток**

Осадки - основной фактор водосброса, приносящий поверхностный водосток при выпадении дождём и почвенный сток при выпадении снегом. В сезон созревания дожди могут слегка способствовать поверхностному стоку, а слабые дожди могут впитываться. Солнечное излучение влияет на испарение через воздействие на температуру. Низкие температуры допускают накопление снега и льда, что может привести к быстрому стоку при потеплении. Мёрзлый грунт оттаивает довольно медленно, а при падении на него дождя сток может сильно ускоряться, особенно в сопровождении снегопокрова.

Сбросы с городского водосбора включают сточные воды, поверхностные и грунтовые стоки. Впитывающаяся в землю вода может проникать в родники, пруды и озёра, ручья и реки. Меженный сток состоит из слива с поверхностных водоёмов и стока с грунтовых вод, в то время как в холодном климате возможен дополнительный сток от снеготаяния.

Рельеф и геология местности влияют на сроки и объём стока. Крутой склон и непроницаемые слои ускоряют сток, а плоская местность способствует впитыванию. Испарение является следствием температуры, скорости ветра и относительной влажности. Летом может очень возрастать транспирация. Инженеры часто объединяют испарение и транспирацию в эвапотранспирацию, так как их трудно измерять по отдельности. Задержание включает осадки, которые сохраняются на листьях и других поверхностях, никогда не достигая земли. Затем задержание испаряется в составе эвапотранспирации. Задержание в понижениях – это вода, задерживающаяся в низменностях при затоплении. Позднее она испарится или впитается. Впитывание - это всасывание воды в землю. На впитывание влияют тип почвы, интенсивность осадков, состояние поверхности (мощёная/немощёная) и растительность.

Факторы водостока летом и зимой могут очень сильно разниться – например, растительность. Испарение играет важную роль в водном балансе – летом оно сильное, а зимой слабое. Торольфсон и Брандт [1996] выяснили, что зимой поверхностный сток в водосборнике Рисволлана в Тронхейме вдвое выше летнего уровня несмотря на почти одинаковое среднее количество осадков. Это было обусловлено уменьшением испарения зимой, когда поверхности холодные, а растительность пребывает в спячке.

**Задачи городской канализации**

Городская канализация должна выполнять множество функций, таких как:

1.  Снижение риска наводнения.

2.  Сброс загрязнённых сточных вод согласно санитарным нормам.

3.  Поддержание минимальной несущей способности почвы.

4.  Обеспечение доступности почвы.

5.  Обеспечение приемлемых условий для городских водных и наземных экосистем.

6.  Создание эстетически приемлемой среды.

Нужно учитывать и контролировать перелив смеси городских и ливневых стоков из общесплавной канализации («общесплавной перелив»), а также количество и качество городского поверхностного водостока без вреда для экологии. Городская канализация должна соответствовать строгим стандартам для учёта экономических интересов и общественных нужд. В городе открытый дренаж для коммунально-бытовых канализационных сетей часто проблематичен. Поэтому для сбора и уноса сточных вод и поверхностного сверхстока с частой повторяемостью устанавливают закрытые подземные канализационные системы. Трубы обычно заполняются частично и должны уносить максимальный поток сточных вод.  С экологической точки зрения нельзя сбрасывать нечистоты прямо в водоприёмник. Сточные воды должны собираться в городскую канализацию и уноситься на центральную очистную станцию. Водопровод обычно углубляют в грунт для его защиты и из эстетических соображений. В некоторых районах Арктики и вечной мерзлоты трубопроводы идут над землёй [Смит и др., 1996; Макфадден и др., 1991]. Городская канализация снабжена рядом контрольных узлов: переливные устройства, водохранилища, насосные станции и т. д. Вкупе с особенностями землепользования городской среды это означает сложность, техногенность и дороговизну городской канализации. Основная система служит уносу поверхностного стока с редкой повторяемостью. В местах слишком высокого уровня грунтовых вод внутри города контроль можно вести подземной канализационной системой, обычно сооружаемой вокруг зданий, под улицами и т. д.