

Работа №1

Санитарно-гигиенические требования при проектировании и эксплуатации промышленных предприятий. Организация санитарно-защитной зоны

Цель занятия:

➤ Изучить основные санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к проектированию и эксплуатации промышленных предприятий.

➤ Уяснить цель создаются санитарно-защитные зоны предприятий и как они организуются.

➤ Научиться рассчитывать размеры санитарно-защитной зоны в зависимости от розы ветров.

Охрана атмосферного воздуха от химического, механического, биологического, физического и других видов воздействия наиболее эффективно решается на стадии проектирования объектов хозяйственной деятельности. При этом необходимо учитывать требования Закона об охране атмосферного воздуха и других, подзаконных нормативно-технических документов.

В соответствии с действующим законодательством нельзя размещать, проектировать, строить и вводить в эксплуатацию объекты, являющиеся источниками загрязнения атмосферы, на территориях с уровнем загрязнения, превышающим установленные нормативы. Реконструкция, расширение и техническое перевооружение действующих объектов разрешаются на таких территориях только при условии сокращения на них выбросов в атмосферу до значений ПДВ с учетом перспективы развития.

Запрещается увеличение производительности технологических агрегатов, сопровождающееся увеличением объема отходящих газов или концентрации в них вредных веществ, без одновременной реконструкции газопылеулавливающих установок.

Площадки для строительства новых и расширения существующих объектов должны выбираться с учетом аэроклиматической характеристики, рельефа местности, естественного проветривания, а также закономерностей распространения промышленных выбросов в атмосфере и условий туманообразования. Запрещается размещение предприятий I и II классов опасности на площадках с неудовлетворительными аэроклиматическими условиями.

Химические предприятия должны располагаться с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и ниже по течению рек. При выборе площадки учитывается геологическая характеристика местности, водный баланс, уровень фунтовых вод, требования стока атмосферных вод и климатические данные района.

Для объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, должна быть организована санитарно-защитная зона (СЗЗ), ширина которой определяется классом размещаемого производства. Достоинство ширины санитарно-защитной зоны должна быть подтверждена расчетами прогнозируемых уровней загрязнения в соответствии с действующими указаниями по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ.

В зависимости от характера и количества выбросов установлено пять классов предприятий с шириной санитарно-защитной зоны от 1000 до 50 м (табл. 1). Размер СЗЗ устанавливается: а) для предприятий с технологическими процессами - источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятнопахнущими веществами - непосредственно от источника загрязнения атмосферы, а также от мест загрузки сырья или открытых складов; б) для тепловых электростанций, производственных и отопительных котельных - от дымовых труб.

Таблица 1 – Размеры санитарно-защитной зоны в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов.

<u>Класс предприятия</u>	<u>Расстояние, м</u>
I	1000
II	500
III	300
IV	100
V	50

К санитарному классу I относятся предприятия связанного азота (производства аммиака, азотной кислоты, азотно-туковых и других удобрений); вискозного волокна и целлофана; органических растворителей и масел (бензола, толуола, ксилола и др.); суперфосфата, серной кислоты, олеума, сероуглерода; предприятия по переработке нефти и др.

К санитарному классу II относятся производства мочевины, искусственных и химических волокон, искусственной кожи, аммиачной селитры, шин, РТИ и др.

Производства битума, гудрона и других продуктов из остатков перегонки нефти, пластических масс, полистирола и т. д. относятся к классу III.

К санитарному классу IV относятся производства готовых лекарственных форм, искусственного каракуля, обуви, обувных картонов и пр.

Предприятия по переработке пластмасс и синтетических смол (только механическая обработка), по вулканизации резины без применения сероуглерода относятся к классу V.

Санитарно-защитная зона для предприятий и объектов может быть увеличена по следующим причинам:

использование неэффективных методов очистки выбросов в атмосферу; отсутствие эффективных способов очистки выбросов; необходимость размещения жилой зоны с подветренной стороны по отношению к предприятию, в зоне возможного загрязнения атмосферы; в зависимости от розы ветров и других неблагоприятных метеорологических условий (частые штили, туманы и др.); строительство новых, еще недостаточно изученных в санитарном отношении производств.

Размеры санитарно-защитных зон отдельных групп или комплексов крупных предприятий I и II классов химической, нефтеперерабатывающей промышленности и ТЭЦ с выбросами, могущими создать высокие концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе и оказать особо неблагоприятное влияние на состояние здоровья и санитарно-гигиенические условия жизни населения, устанавливаются в каждом конкретном случае.

При выборе площадки для строительства предприятия в местности, где средняя величина повторяемости ветра при 8-румбовой системе отсчета превышает 12,5%, т.е. отличается от круговой розы ветров, размер и конфигурацию санитарно-защитной зоны необходимо корректировать в соответствии с ОНД - 86. Эта корректировка проводится по формуле

$$l = l_0 P / P_0,$$

где l - определяемая величина санитарного разрыва, м; l_0 - величина зоны в соответствии с санитарным классом, м; P - повторяемость ветра в конкретном направлении согласно фактической среднегодовой розе ветров; P_0 - средняя повторяемость ветра при круговой розе ветров: $P = 12,5\%$.

Пример построения откорректированной санитарно-защитной зоны приведен на рисунке.

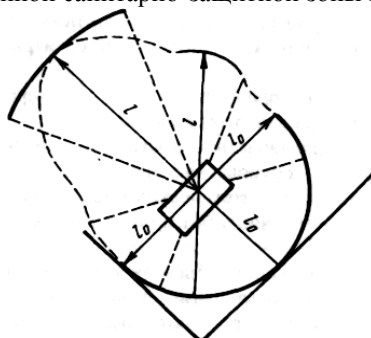


Рис. 1 - Схема санитарно-защитной зоны с учетом повторяемости ветров: l - определяемая ширина санитарно-защитной зоны, м; l_0 - ширина санитарно-защитной зоны по санитарным нормам

При корректировке ширины СЗЗ с учетом преобладающих направлений ветра ($P > 12,5\%$) запрещается ее сокращение по направлениям, имеющим $P < 12,5\%$. При необходимости размещения новых производств на площадках существующих предприятий, расположенных в жилой зоне, возможность строительства их должна быть подтверждена расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха, а также документом за подписью руководителя соответствующего министерства или ведомства о создании санитарно-защитной зоны нормативных размеров и переселении населения с ее территории к моменту окончания строительства данного производства.

Санитарно-защитная зона или какая либо ее часть не может рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки.

Территория санитарно-защитной зоны должна быть озеленена и благоустроена. В санитарно-защитной зоне допускается размещать предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена санитарно-защитная зона (при условии аналогичного характера вредности): пожарные депо, бани, прачечные, гаражи, склады, здания управления, конструкторских бюро, учебные заведения, магазины, предприятия общественного питания, поликлиники, научно-исследовательские лаборатории, связанные с обслуживанием данного производства, помещения для дежурного персонала и охраны предприятия, стоянки общественного и индивидуального транспорта, коммуникации, линии электропередач, нефте- и газопроводы, сооружения для подготовки технической воды и т. д. При разработке генерального плана предприятия рекомендуется проводить зонирование территории предприятия, т. е. располагать цехи с газообразными и пылевыми выделениями, взрыво- и пожароопасные объекты на периферии участка с подветренной стороны, а административно-бытовые и вспомогательные здания располагать на границе участка с наветренной стороны. При необходимости следует предусматривать общезаводские и локальные очистные сооружения.

В процессе проектирования предприятия необходимо предусмотреть экологически безопасные технологические решения, так как они позволяют снизить или полностью исключить выбросы вредных веществ в атмосферу на месте их образования. Этот путь является наиболее эффективным при решении всех экологических проблем производства.

Кроме создания новых, экологически безопасных технологических процессов необходимо на стадии проектирования и реконструкции предприятия предусмотреть замену периодических процессов на более прогрессивные - непрерывные, вредных веществ - на безвредные или менее вредные, предварительную очистку сырьевых материалов от вредных примесей, замену сухих методов переработки пылящих материалов влажными, пламенного нагрева электрическим, герметизацию оборудования и коммуникаций и т. п.

Задание:

На основании вышеизложенного создать санитарно-защитные зоны для промышленных предприятий различных классов опасности и откорректировать ее с учетом повторяемости ветров.

Таблица 1 – Размер водоохраной зоны по классам предприятий.

Предприятия	Площадь предприятия, га	P, %	L ₀ , м	L, м
Искусственных и химических волокон	150	19,0		
Производства аммиака	28	15,0		
Производства готовых лекарственных форм	45	16,5		
Производства мочевины	59	18,2		
Производства полистирола	85	14,7		
Производства азотной кислоты	56	25,9		
Производства сероуглерода	29	16,3		

Продолжение таблицы 1

По переработке нефти	195	19,5		
Механической обработке пластмасс и синтетических смол	50	14,8		
Производства обуви	10	12,5		
Пластических масс	10	12,9		
Производства битума	10	13,7		
Искусственной кожи	25	13,1		

Работа № 2

Основы газоочистки.

ПРОМЫШЛЕННАЯ И САНИТАРНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ

Цель занятия:

- Ознакомится с основами газоочистки, группами газоочистных аппаратов.
- Уяснить принципы выбора метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства, которые связаны с рядом основных факторов:
- Научиться рассчитывать степень очистки отходящих газов, характеризующую работу газоочистных установок в промышленных условиях.

При организации любого производства, и в особенности мало- или безотходного, необходимой стадией является промышленная и санитарная очистка газовоздушных выбросов.

Промышленная очистка – это очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта (ГОСТ 17.2.1.04 - 77). Этот вид очистки является необходимой стадией технологического процесса, при этом технологическое оборудование связано друг с другом материальными потоками с соответствующей обвязкой аппаратов. В качестве пыле-, газоулавливающего оборудования могут использоваться разгрузочные циклоны, пылесадительные камеры, фильтры, адсорберы, скрубберы и т. д.

Санитарная очистка – это очистка газа от остаточного содержания в газе загрязняющего вещества, при которой обеспечивается соблюдение установленных для последнего ПДК в воздухе населенных мест или производственных помещений (ГОСТ 17.2.1.04 - 77). Санитарная очистка газовоздушных выбросов производится перед поступлением отходящих газов в атмосферный воздух, и именно на этой стадии необходимо предусматривать возможность отбора проб газов с целью контроля их на содержание вредных примесей.

Выбор метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства и определяется рядом основных факторов:

- объемом и температурой отходящих газов;
- агрегатным состоянием и физико-химическими свойствами примесей;
- концентрацией и составом примесей;
- необходимостью рекуперации или возвращения их в технологический процесс;
- капитальными и эксплуатационными затратами;
- экологической обстановкой в регионе.

Однако, прежде чем выбрать оборудование для очистки промышленных выбросов, необходимо осуществить все возможные организационно-технические мероприятия для снижения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу. К числу их можно отнести следующие: совершенствование технологических процессов и оборудования; комплексное использование перерабатываемого сырья и продуктов; многократное использование энергии в процессах производства; организацию непрерывных технологических процессов и

т. д. К снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду, как правило, приводят повышение коэффициента полезного использования топлива и тепла, более полное использование вторичных энергоресурсов, облагораживание топлива (например, снижение содержания в нем серы, азота и механических примесей, добавление присадок, улучшающих условия горения и экономию расхода топлива), использование экологически чистого топлива, организация процесса сжигания топлива в соответствии с научной теорией горения вещества и с минимальным образованием продуктов, загрязняющих атмосферу.

Большой эффект по снижению расхода топлива и сокращению загрязнения природной среды может быть достигнут за счет внедрения энерготехнических схем, сочетающих процесс производства с выработкой энергии.

Как уже было сказано, массовыми источниками загрязнения атмосферы углеводородами являются заводские резервуары для хранения сырья и продуктов, технологические установки и объекты общезаводской системы водоотведения и очистки сточных вод. Для снижения загрязнения резервуары оборудуются плавающими понтонами, ограничителями уровня, дисками-отражателями, непромерзающими клапанами.

Большое значение имеет переход технологических установок на прямое питание, т. е. промежуточные продукты передаются с одной технологической установки на другую, минуя промежуточный резервуарный парк.

Для снижения загрязнения атмосферы технологическими установками необходимо следить за герметичностью оборудования, его правильной эксплуатацией, строго соблюдать технологический режим работы. Большое значение имеет замена сальниковых уплотнений торцевыми (насосы, компрессоры), замена обычных насосов на бессальниковые.

Для предотвращения загрязнения атмосферы выбросами от очистных сооружений необходимо своевременно удалять нефтепродукты с зеркала прудов-накопителей и и нефтеловушек, вовремя очищать нефтеловушки, а также перерабатывать или утилизировать нефтяные остатки, ликвидировать аварийные сбросы от аппаратов.

Радикальным методом снижения выбросов факельных систем является прекращение сжигания газов на факелах. Для этого необходимо тщательно регулировать работу технологического оборудования и создавать резервные емкости для сбора факельного газа с последующей его переработкой или сжиганием в котлах ТЭЦ и технологических печах.

Уменьшение неорганизованных выбросов достигается герметизацией технологического оборудования и коммуникаций, тщательным обслуживанием предохранительных клапанов, запорной арматуры, использованием закрытых нефтеловушек, аппаратов воздушного охлаждения и т. д. К снижению выбросов приводят такие приемы, как гранулирование и увлажнение материалов, замена клеев в производстве РТИ пастами или латексами.

Наиболее гарантированным методом снижения выбросов в атмосферу является полное замыкание газовоздушных потоков в циклы, что позволит не только решить экологические проблемы, но и снизить расход тепловой и электрической энергии, утилизировать ценные компоненты, сократить потери товарной продукции. Такие схемы реализованы в производстве минеральных удобрений.

Если окажется, что совершенствование технологических процессов и оборудования не может обеспечить необходимое качество отходящих газов, то в этом случае следует использовать установки очистки газов.

Установки очистки газа – это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу (ГОСТ 17.2.1.04 – 77).

В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие.

Аппарат очистки газа – элемент установки, в котором непосредственно осуществляется избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу.

В зависимости от метода очистки газоочистные аппараты подразделяются на семь групп:

- первая группа (С) – сухие механические пылеуловители (гравитационные, сухие инерционные и ротационные);
- вторая группа (М) – мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные), скрубберы Вентури и т. п.;
- третья группа (Ф) – промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые), с регенерацией (импульсной обратной продувкой, ультразвуком, с механическим и вибровстряхиванием и т. п.);
- четвертая группа (Э) – электрические пылеуловители (сухие, мокрые электрофильтры и др.);
- пятая группа (Х) – аппараты сорбционной (химической) очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы и т. п.);
- шестая группа (Т) – аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы);
- седьмая группа (Д) – аппараты других методов очистки.

Основной величиной, характеризующей работу газоочистных установок в промышленных условиях, является степень очистки, которую определяют по одному из следующих соотношений:

$$\eta = M_2 / M_1 = (M_1 - M_3) / M_1 = M_2 / (M_2 + M_3) = (C_{\text{вх}} Q_1 - C_{\text{вых}} Q_3) / C_{\text{вх}} Q_1$$

где M_1, M_2, M_3 – масса примесей, содержащихся в газе до поступления в аппарат, уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном потоке соответственно, кг; $C_{вх}, C_{вых}$ – средние концентрации примесей в отходящих газах до и после очистки соответственно, г/м³; Q_1 и Q_3 – объемные расходы отходящих газов до и после очистки, приведенные к нормальным условиям, м³/ч.

Иногда для определения эффективности работы газоочистного оборудования применяют упрощенное выражение

$$\eta = 1 - (C_{вых} / C_{вх}),$$

справедливое только при условии одинаковых объемных расходов газового потока до и после очистки.

Кроме того, газоочистное оборудование характеризуется величиной аэродинамического сопротивления, технологическими условиями очистки (температура, влажность газового потока, дисперсность и плотность пыли, способность ее к коагуляции и гидратации, заряд частиц пыли, физико-химические свойства примесей, пожаро- и взрывоопасность, объемный расход очищаемого газа и т. д.), металле- и энергоемкостью, расходом орошающей жидкости, себестоимостью очистки 100 м³ газа и др.

Основные требования к эксплуатации газоочистного оборудования заключаются в следующем:

- надежная, бесперебойная работа с показателями, соответствующими проектным;
- все установки очистки газа должны быть зарегистрированы в органах Минприроды Беларуси, должны иметь паспорт, журнал учета работы и неисправностей;
- установки должны подвергаться проверке на эффективность периодически (не реже одного раза в год) с оформлением соответствующего акта, а также при работе технологического оборудования на измененном режиме более трех месяцев, при переходе его на новый постоянный режим работы и после строительства, капитального ремонта или реконструкции установки. Установки, предназначенные для очистки выбросов с токсичными примесями, проверяют на эффективность не реже 2 раз в год;
 - эксплуатация технологического оборудования при отключенных установках очистки газа запрещается;
 - увеличение производительности технологического оборудования без соответствующего наращивания мощности существующих установок очистки газа не разрешается;
 - при эксплуатации установок очистки газа, предназначенных для очистки газов с высоким содержанием горючих, взрывоопасных, агрессивных, абразивных веществ, следует строго соблюдать правила эксплуатации и следить за герметичностью оборудования и исправностью всех его систем и устройств.

Работа № 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ УЛИЦ АВТОТРАНСПОРТОМ И НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, УСЛУГУЮЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах составляют 60-80% от общих выбросов. Многие страны, в том числе и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов, путем лучшей очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (газовое топливо, этанол, электричество), снижения свинца в добавках к бензину. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей и др. Несмотря на принимаемые меры, из года в год растет число автомобилей и загрязнение воздуха не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Данная практическая работа дает возможность оценить загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнить в этом отношении разные улицы и изучить окружающую обстановку. Собранные параметры необходимы для расчетов уровня загрязнения воздушной среды, предлагаемого в следующей работе.

Ход работы

Студенты разделяются на группы по 3-4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки). Студентов предварительно инструктируют, затем размещают на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждая группа располагается на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может проводиться как путем разового практического занятия, так и более углубленно (для курсовых, дипломных работ) с замерами в 8, 13 и 18 часов, в ночные часы. Из ряда замеров вычисляют среднее. Интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 мин в каждом из сроков. Учет ведется способом точкования и «квадратиков».

Запись ведется согласно таблице:

Время	Тип автомобиля	Число единиц
	Легкий грузовой Средний грузовой Тяжелый грузовой (дизельный) Автобус Легковой	

На каждой точке наблюдений производится оценка улицы.

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.

2. Уклон. Определяется глазомерно или эклиметром.

3. Скорость ветра. Определяется анемометром.

4. Относительная влажность воздуха. Определяется психрометром.

5. Наличие защитной полосы из деревьев и др.

Собранные материалы записывают на доске в аудиторном или лабораторном помещении (в этот же день, если занятие четырехчасовое; на другом занятии, если первое двухчасовое). Автомобили разделяют на три категории: с карбюраторным двигателем, дизельные, автобусы «Икарус», согласно данным, представленным в таблице. Производят оценку движения транспорта по отдельным улицам. Строят графики (см. рис. 9).

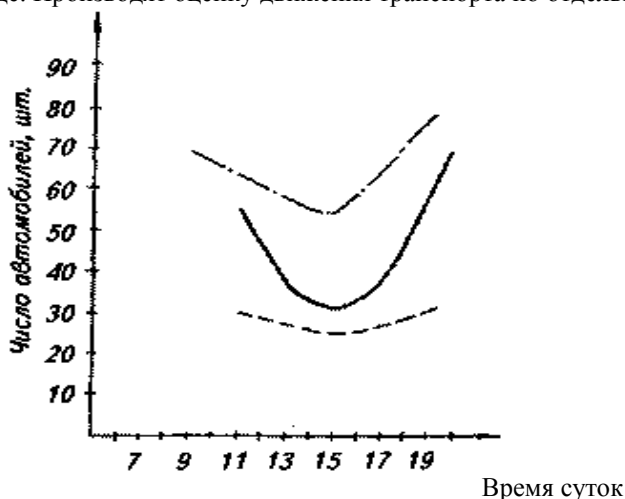


Рис. 9. Пример графика загруженности улицы автотранспортом в разное время суток: 1 - автомашины с карбюраторными двигателями; 2 - е дизельными; 3 - автобусы "Икарус".

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ-17.2.2.03-77: низкая интенсивность движения - 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя - 8-17 тыс. и высокая - 18-27 тыс.

Производится сравнение суммарной загруженности различных улиц города в зависимости от типа автомобилей, дается объяснение различий.

Работа № 4.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЫ (ПО КОНЦЕНТРАЦИИ CO)

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м³. Исходными данными для работы служат показатели, собранные студентами во время проведения предыдущей работы.

Однако эту работу можно поставить и самостоятельной, обусловив исходные данные. Например: магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон 2°, скорость ветра 4 м/сек, относительная влажность воздуха -70%, температура 20°С. Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 500 автомашин в час (Л/ч). Состав автотранспорта: 10% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10% со средней грузоподъемностью, 5% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5% автобусов и 70% легковых автомобилей.

Ход работы

Формула оценки концентрации окиси углерода (K_{CO}) (Бегма и др., 1984; Шаповалов, 1990):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_n$$

где:

0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³,

N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час,

K_T - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода,
 K_A - коэффициент, учитывающий аэрацию местности,
 K_U - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона,

K_C - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра,
 K_B - то же в зависимости от относительной влажности воздуха,

K_{II} - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.
 Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti}$$

где:

P_i - состав автотранспорта в долях единицы, K_{Ti} - определяется по табл. 2.

Таблица 2

Тип автомобиля	Коэффициент K_T
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Подставив значения согласно заданию (или собственные данные) получаем:

$$K_T = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1 = 1,41$$

Значение коэффициента K_A , учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 3.

Таблица 3.

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой $K_A = 1$.

Значение коэффициента K_U , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 4.

Таблица 4

Продольный уклон, *	Коэффициент K_U
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_C определяется по табл. 5.

Таблица 5

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_C
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента K_B , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 6.

Таблица 6

Относительная влажность	Коэффициент K_B
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл. 7.

Таблица 7

Тип пересечения	Коэффициент Кп
Регулируемое пересечение:	
- со светофорами обычное	1,8
- со светофорами управляемое	2,1
- саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевое	2,2
- с обязательной остановкой	3,0

Подставим значения коэффициентов, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3$$

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м³. Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 300 авт./час;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

Работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ВОДООХРАННЫХ ЗОН И ПРИБРЕЖНЫХ ПОЛОС ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ ПО ЭРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВ

Устойчивость береговых склонов поверхностной эрозии от воздействия атмосферных осадков является составляющей комплекса критериев определения оптимальной ширины водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных полос (ПП). Требуемые для этого показатели позволяют оценивать как устойчивость склонов, так и количественно определять ширину ВЗ и ПП. При этом, ширина ВЗ и ПП определяется, исходя из двух основных условий:

- сохранения эрозионной устойчивости склонов;
- недопущения увеличения объема, поступающих в водоток или водоем, продуктов эрозии по сравнению с существующим.

В силу этого, величина водоохранной зоны и прибрежной полосы определяется не только суммарными величинами эрозии и аккумуляции вдоль склона, но и характером их изменения на его участках. Если

суммарная эрозия (с учетом аккумуляции) в пределах ВЗ $(\sum_{i=1}^n \pm W_i X_i)$ за расчетный промежуток времени (t)

превышает таковую в пределах ПП, то граница между ними принимается в точке склона, где $+ W_i$ имеет наименьшую величину (W_i - объем эрозии на i-ом участке, X_i - длина участка). Если эрозия в пределах водоохранной зоны меньше, чем в пределах прибрежной полосы, то граница между ними определяется в точке склона, где начинается резкое увеличение $+ W_j$.

Верхняя граница склона принимается на расстоянии от водораздела или иной границы (гребень ближайшего к водотоку или водоему склона, дорожная насыпь и др.) на ширину «неэродируемого» участка. На этом участке склона эрозия только начинает зарождаться [1-3].

Кроме изложенного выше, расчеты базируются также на следующих положениях:

- ширина водоохранной зоны и прибрежной полосы определяется для наиболее неблагоприятных условий развития поверхностных эрозионных процессов в период интенсивных ливневых дождей в начале лета;
- эрозия моделируется последовательно по участкам склона от гребня склона до уреза воды в водотоке (водоеме);
- в качестве трассы склонового потока принимается линия наискорейшего спуска.

Идентификация и оценка показателей состояния склона водотока или водоема выполняется по топографическим съемкам, данным об осадках, почвенным изысканиям и др. Вдоль склона оцениваются его параметры по участкам (протяженность, уклоны), шероховатость (растительность) с позиций гидравлических сопротивлений и защитных свойств, состав почв поверхностного слоя и их водно-физические свойства.

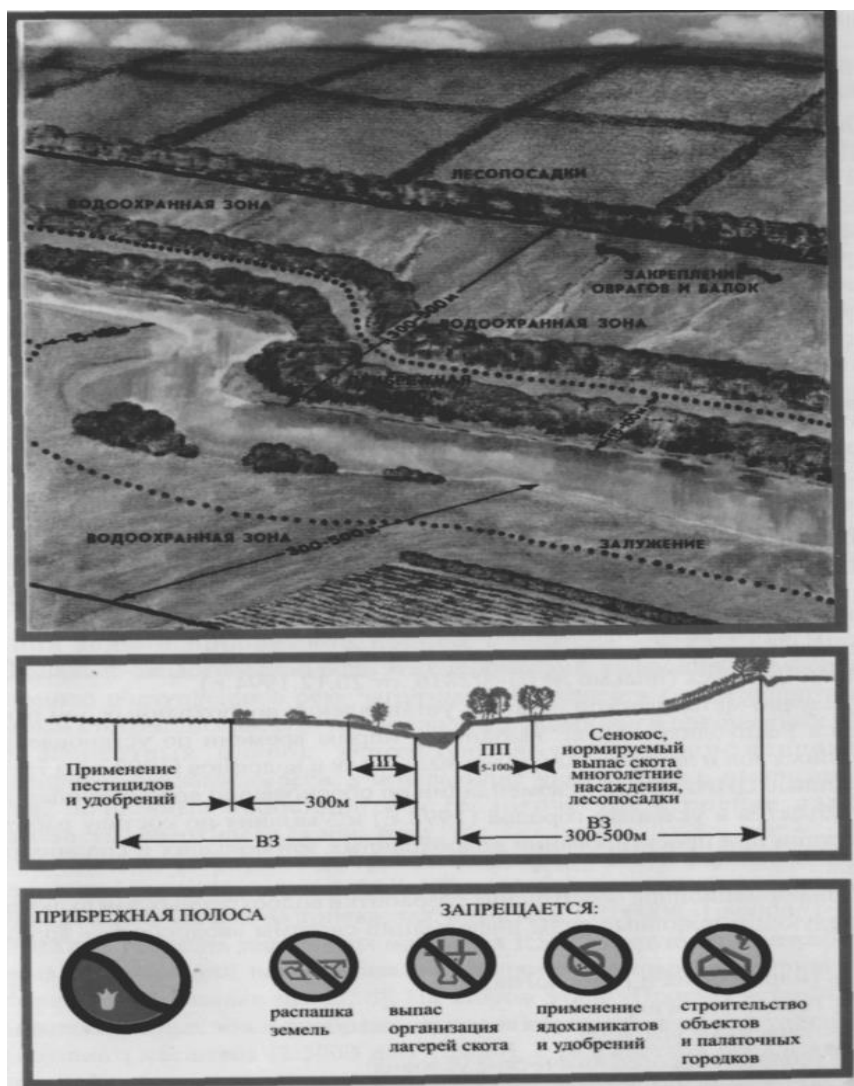


Рис. 1 Структурные элементы водоохранной территории реки

Проводится сопоставительная оценка возможной эрозии склонов по их длине на рассматриваемом участке водотока (водоема) и определяется наиболее репрезентативный в эрозионном отношении опорный створ, подготавливаются данные для компьютерных расчетов и выполняется моделирование режима склонового стока (изменение его глубин и скоростей по участкам склона). Для этого предварительно определяется режим нарастания расхода установившегося склонового потока с учетом поперечного рельефа склона. В общем случае величина удельного расхода (q) является функцией интенсивности ливня (P), длины склона (L), тяготеющих к трассе потока площадей (S_{x1}) бокового формирования склонового стока и времени (T), т.е.

$$q = f(L, S_{x1}, P, T_1).$$

Одним из важных вопросов является обоснование расчетной интенсивности осадков, которые в виде дождя или талых вод становятся непосредственной причиной поверхностного смыва и эрозии склонов.

Сопоставление интенсивности поверхностной эрозии в периоды таяния снега и выпадения ливневых дождей в начале лета, как правило, свидетельствует о большей опасности ливневых дождей. Хотя в летний период более развита растительность на склонах, которая увеличивает устойчивость поверхности склона, однако в периоды таяния снега замерзшая поверхность склона обладает повышенной устойчивостью размыву. Кроме того, энергия падающих капель дождя является дополнительной причиной разрушения поверхности почвы.

В общем случае интенсивность эрозионных процессов зависит не от среднегодового количества осадков, а от их интенсивности в летние периоды года. При сильных ливнях, в зависимости от их продолжительности, эрозионный процесс развивается стремительно, поэтому всегда в многолетнем разрезе существует ливень с определенной интенсивностью (P) и продолжительностью (t), при которой объем смываемой почвы (W) с поверхности склона, при прочих равных условиях, будет наибольшим. Ливни с большей интенсивностью, но всегда с меньшей продолжительностью, вымывают меньший объем почвы W_i , т.е. $W_i < W$.

Для определения искомой интенсивности принимаются данные наиболее близко расположенной метеостанции о слое, длительности и интенсивности дождевых осадков [4]. На основании рядов наблюдений по этой метеостанции в качестве расчетных принимаются обработанные данные об осадках более 9,5 мм

(дожди с меньшими осадками интенсивно впитываются в почву). В качестве примера, в таблице 1 приведены данные метеостанции г. Полоцк о продолжительности, интенсивности, обеспеченности осадков и нормированной удельной эрозии почвы с тестового склона длиной 100м и средним уклоном $I = 0,05$, применительно к дерново-подзолистым супесчаным почвам (по данным характеристики почвенного покрова).

Таблица 1. Интенсивность атмосферных осадков (дождей) более 9,5 мм по данным метеостанции г. Полоцк и нормированная удельная эрозия почвы с тестового склона

Длительность дождя, t, с/ 1000	Интенсивность, P, мм/мин	Нормированная удельная эрозия, W	Обеспеченность дождя с заданной интенсивностью, %
0,6	1,61	0,19	8
1,2	1,23	0,27	15
1,2	0,80	0,14	23
6,0	0,55	0,40	38
11,4	0,37	0,39	62
18,0	0,24	0,28	85
14,4	0,17	0,10	100

Нормированный удельный объем выносимой почвы $W = f(P)$ и обеспеченность дождя в функции его интенсивности определяется кривой $W = f(P)$, которая имеет максимум эрозии при дожде с интенсивностью $P = 0,55$ мм/мин, и обеспеченностью 38 %, продолжительностью 100 мин. Эта интенсивность принимается для расчета ширины водоохранных зон и прибрежных полос, как наиболее неблагоприятная для состояния склонов прилегающих территорий. 68

Для учета впитывания воды на склонах водотоков и водоемов используется приближенный метод оценки влияния впитывания на параметры склоновых течений. Для этого принимаются данные работ [5,6] по инфильтрации воды в грунт применительно к грансоставу почвы склонов (табл. 2).

Таблица 2 Инфильтрация в различных видах фунтов

Грунт, тип поверхности	Количество атмосферных осадков в виде дождя, мм/ч					
	10	20	30	40	50	60
песок	10	15-20	17-25	19-32	20-37	21-43
суглинок	5-10	6-15	8-17	10-19	12-22	13-21
глина	2-5	3-6	4-8	5-10	6-12	7-13

Особенность расчета эрозии склона [1-3, 7] обусловлена тем, что по его длине непрерывно меняются уклоны и шероховатость поверхности. Вследствие этого, периодически происходят ускорения и торможения склоновых течений и, как следствие, изменение глубин и скоростей течений. Для этих условий величины скоростей на участках спадов и подпоров течений, а также их толщина слоя, определяются с использованием уравнения неравномерного течения в энергетической форме с нарастающим по длине склона расходом склонового потока (ручейко-вый процесс течения по ширине склона усредняется)

$$\Delta X = \sum_{n=1}^{n=N} (\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_{k-1}) / (I - I_p),$$

где \mathcal{E}_k и \mathcal{E}_{k-1} – удельная энергия склонового потока в двух соседних вертикалях; I и I_p - средний уклон на участке склона между вертикалями и уклон трения между ними. Расчеты расхода эродируемого материала выполняются для расчетного створа последовательно от высшей точки склона в створе до уреза воды в водотоке (водоеме).

Величины размываемых или аккумулируемых (осаждающихся) продуктов смыва на участках склона определяются изменением их расхода (R) между соседними вертикалями по длине склона

$$\pm \Delta R = R_{i-1} - R_i.$$

Знак (+) определяет размыв, т.е. вынос продуктов эрозии, когда $R_{i+1} > R$, а знак (-) – аккумуляцию, т.е. осаждение продуктов смыва, когда $R_{i+1} < R$.

Вынос продуктов эрозии W за период ливня T_1 на рассматриваемом участке склона, определяется по зависимости

$$\pm W = (\Delta R / X) \cdot T_1,$$

где X - длина участка, T_1 , - продолжительность ливня.

Для сопоставительной оценки эрозионной устойчивости различных участков склона и склона в целом, что необходимо при определении ширины водоохранной зоны и прибрежной полосы, величины W нормируются. В качестве нормирующей принимается величина (500 кг/га или 50 г/м²), соответствующая первому классу эрозионной опасности почв [8]. Для удобства работы нормированные величины (показатели) эрозии (+ W) и аккумуляции (- W) на участках склона наносятся в виде эпюр по его длине. В качестве примера, на рисунке 1 иллюстрируется определение ВЗ и ПП.

При расчете-определении ширины водоохранной зоны и прибрежной полосы первоначально анализируются эрозионная устойчивость и резерв устойчивости отдельных участков склона (участки аккумуляции) с последующим определением баланса эрозия-аккумуляция.

Анализ иллюстрируемого, в качестве примера, состояния поверхности склона и результатов моделирования его поверхностной эрозии (рис. 1) позволяет установить, что поверхностно-эрозионный процесс на склоне в периоды интенсивных ливней характеризуется неравномерностью с чередованием участков эрозии и аккумуляции. Хотя на отдельных участках склона (от 2 до 5 и от 8 до 10 вертикалей) эрозия может достигать по ГОСТ [8] второй категории эрозионной опасности благодаря наличию пологих участков с растительной шероховатостью (от 5 до 9 и от 10 до 12 вертикалей), склон относительно устойчив. Однако это не относится к береговой полосе, которая менее устойчива к эрозии. С учетом характера и величин поверхностной эрозии в периоды интенсивных ливней, в расчетно-опорном створе ширина ВЗ должна быть 135 м, а ПП - не менее 45 м.

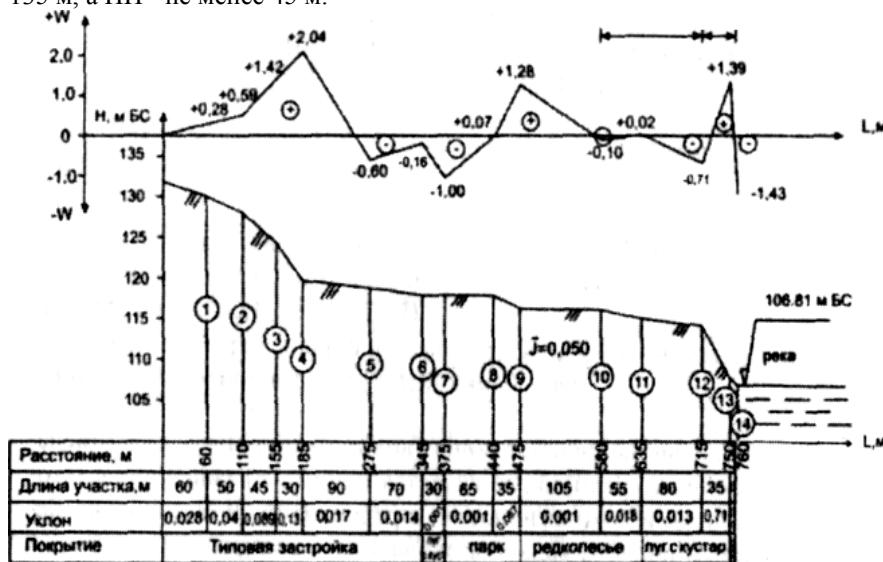


Рис. 1. Продольный профиль склона и эпюра нормированных деформаций поверхности: Ф - эрозия, 0-аккумуляция

Применение показателей эрозионной устойчивости береговых склонов позволяет более обоснованно определять оптимальную ширину водоохранных зон и прибрежных полос, повышать их эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швец Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка. -Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 183 с.
2. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. - Киев-Одесса: Вища школа, 1981. - 221 с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Надежность систем осушения. - М.: Агро-промиздат, 1985.-239 с.
4. Метеорологический ежемесячник. Вып. 7. Ч.II. № 13. - Мн. 1965.-94 с.
5. Кулик В.Я. Инfiltrация воды в почву. - М.: Колос, 1978. - 92 с.
6. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 182 с.
7. Proceedings Congress XX-XXIV IAHN: 1983-1991.
8. ГОСТ 17.4.4.03-86. Охрана природы. Почвы. Методы определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей. - М.: Госкомстандарт 1986. - 8 с.

ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РУСЛОВОЙ ПРОЦЕСС РЕК

В настоящее время на реках республики после некоторого спада вновь усиливается инженерно-хозяйственная деятельность. Без должного природоохранного «сопровождения» эта деятельность может нарушать уровенный режим и сток наносов, вызывать русло-пойменные деформации и изменения руслового процесса, ухудшать условия использования рек.

Воздействия на реки оказывают: добыча нерудных строительных материалов (НСМ), дноуглубление и регулирование русл, их расчистка (для улучшения условий пропуска половодий, предотвращения ледяных заторов, нужд судоходства и мелиорации); спрямление излучин при защите от подмывов-затоплений населенных пунктов и объектов на берегах рек (отвод реки); благоустройство берегов и оздоровление участков рек для отдыха населения; устройство и углубление зимовальных рыбных ям и др.

В современных условиях предотвращение негативных процессов на реках требует экологической регламентации перечисленных видов деятельности для соблюдения допустимого их влияния на состояние рек. Это позволит уменьшить социально-экологический ущерб и повысить эффективность работы объектов, связанных с рекой.

При безвозвратных выработках НСМ основные негативные воздействия могут проявляться в изменении режима наносов и течений, нарушении обратимых и развитии необратимых деформаций русл, в понижениях уровней воды не только в руслах, но и на прилегающих к ним территориях.

С 1994 года в республике происходил спад добычи НСМ из русл рек, что обусловлено как экономическими причинами, так и

упорядочением этого вида деятельности. В настоящее время происходит постепенное его оживление.

Существует примерно 30 пунктов, где осуществляется либо может осуществляться безвозвратная выработка НСМ. Эти пункты расположены: на р. Днепр (Орша, Шклов, Могилев, Быхов, Рогачев, Жлобин, Речица, Лоев, Любеч, Комарин); на р. Припять (Пинск, Мозырь, Туров, Петриков, Наровля); на р. Сож (Ветка, Гомель); на р. Березина (Борисов, Бобруйск, Светлогорск, урочище Березина); на р. Западная Двина (Улла, Витебск, Полоцк, Верхнедвинск).

Степень влияния расчистки русел на русла и русловой процесс зависит от цели расчисток. При гидроэкологическом оздоровлении участков рек, когда удаляются только загрязненные донные илистые отложения, являющиеся последствиями техногенного воздействия, происходит не только улучшение состояния участка реки, но и стабилизация руслового процесса. В качестве примеров можно привести гидроэкологическое оздоровление излучины р. Днепр ниже г. Речица (санаторно-оздоровительный комплекс «Белоруснефть») и оздоровление участка р. Днепр в пределах г. Жлобин. В обоих случаях осуществлялось также благоустройство берегов на участках зон отдыха.

Расчистка русел, в целях увеличения в периоды половодий и паводков пропускной способности, может приводить к нарушению динамического равновесия поток-наносы, и, как следствие, к развитию необратимой направленности руслового процесса не только в половодья и паводки, но и в межень. Расчистки в той или иной степени приводят к изменению гидрографа половодий и взаимодействия потоков с защитными дамбами и сооружениями на участке рек ниже расчисток.

В качестве примера можно привести расчистки трансграничных с Беларусью участков р. Припять на украинской территории, в частности, на Нижней и Верхней Припяти. На Нижней Припяти это участок от границы Беларусь-Украина до Киевского водохранилища. Здесь расчистка русла с увеличением живых сечений в 1,5-2 раза выполнена с целью повышения пропускной способности реки в периоды половодий и уменьшения опасности образования ледяных заторов в зоне Чернобыльской АЭС. В результате этого на белорусском участке р. Припять выше границы с Украиной произошло понижение уровней

воды с ухудшением условий судоходства в межень, особенно на Усовском перекате.

Что касается расчисток русла Верхней Припяти на украинской территории (Волынская и Ровенская области), то, по прогнозу, они могут оказать некоторое влияние на режим прохождения половодий на территории Беларуси (от д. Большие Диковичи до впадения р. Пина в р. Припять).

Сильное влияние на русловой процесс участков рек оказывают спрямления излучин. Следует отметить, что в предыдущие годы спрямления делались в целях улучшения судоходных условий. В наибольшей степени этому подверглась р. Припять (спрямлено около 22 излучин). В настоящее время спрямление излучин делается, в основном, при защите населенных пунктов от подмывов и затоплений, либо при строительстве мостовых переходов. В качестве примеров такой защиты можно назвать: д. Погост на р. Припять, д. Дубно на р. Неман.

Наиболее распространены расчистки со спрямлением излучин малых рек как водоприемников мелиоративных систем. Этот вид деятельности был распространен в прошлые годы, когда проводилась интенсивная мелиорация заболоченных территорий. В какой-то степени этот вид деятельности может возобновиться в связи с необходимостью реконструкции существующих мелиоративных систем. В этих случаях увеличение пропускной способности водоприемников будет заключаться в выборочном спрямлении русел в сочетании с расчистками и углублениями, строительством выправительных сооружений [1, 2, 3].

Обобщение и анализ имеющихся в различных странах работ по стабилизации руслового процесса показывают, что они развиваются по пути упреждения недопустимых изменений русел и составляющих руслового процесса. Кроме этого, следует отметить, что, в связи с чрезвычайной сложностью руслового процесса, современные достижения по стабилизации русел рек следует рассматривать как приближенные, но достаточные для предупреждения недопустимых изменений русел от воздействий различных видов деятельности на реках. При этом процесс стабилизации включает несколько этапов: оценку степени воздействия того или иного планируемого вида деятельности на русловой процесс с прогнозом его изменения, определение допустимости или необходимости

ограничения планируемого мероприятия, а также требуемых компенсационных мероприятий.

При регламентации рассматриваемых видов деятельности в качестве определяющих принимается следующее.

При безвозвратной выработке из русел нерудных строительных материалов требуется:

- не превышение лимитных объемов выработки, определяемых величиной твердого стока реки;
- координация-увязка одновременных выработок на одной реке и ее притоках;
- восстановление рекой измененных уровней воды и динамически устойчивого русла должно быть в прогнозируемые сроки;
- расположение карьеров и их параметры должны увязываться с типом руслового процесса (ограниченное, свободное и незавершенное меандрирование, побочневый и ленточно-грядовый типы, многорукавность).

При расчистках и дноуглублениях русел:

- при оценке мероприятий по стабилизации русла должно учитываться изменение гидрографа половодий;
- все мероприятия должны быть увязаны с типом руслового процесса (при грядовом режиме происходят периодические колебания отметок дна, при побочневом - сползание побочней, при ограниченном и свободном

меандрировании - размывы вогнутых и заиление выпуклых берегов, сползание излучин при свободном и незавершенном меандрировании, прорывы излучин и т.п.);

- срезка перекаатов должна быть ограничена;
- параметры расчисток не должны приводить к невосстанавливаемым деформациям русла в периоды половодий и межени, что определяется способностью потока транспортировать наносы.

При спрямлении излучин требуется:

- оценка степени с экологической точки зрения допустимости спрямления русла по условию руслового процесса и технико-экономическое обоснование необходимости спрямления (как вынужденного варианта), компенсационные мероприятия по стабилизации руслового процесса на участке реки;

- оценка состояния излучины;
- недопущение изменения направленности руслового процесса на примыкающих к спрямлению выше и ниже расположенных участках реки;

- техническая стабилизация спрямляющего излучину русла, ограничение повышенного отложения наносов в русле реки ниже спрямления;

- недопущение деградации отсекаемой излучины или мероприятия по ее использованию.

В свете рассматриваемых вопросов следует также остановиться на основных критериях стабилизации русел рек при инженерно-хозяйственной деятельности. Критерии по стабилизации русел для различных видов деятельности имеют общие и частные оценки.

К общим относятся: оценки деформаций русла (с помощью расчетных и прогнозных методов моделирования), параметров русловых форм (микро, мезо, макро) и скоростей их смещения, расходов донных и взвешенных наносов. Для этих целей наиболее приемлемы рекомендации Государственного гидрологического института (ГГИ) Российской Федерации.

При всех видах деятельности предварительно оценивается устойчивость участков русла реки.

При безвозвратном изъятии песка и песчано-гравийных смесей из русел рек определяющим является не превышение изымаемого объема по сравнению с естественным твердым стоком реки.

К менее требовательным, но обязательным, относятся условия по параметрам карьеров и их размещению в русле.

При расчистках и дноуглублениях основным критерием является допустимая величина изменения глубины потока по условию сохранения динамического режима наносов.

В качестве критерия по сохранению отсекаемых излучин принимается необходимая степень (величина) ее проточности, если не предусматриваются какие-либо иные условия ее существования или использования.

НАВОДНЕНИЯ: ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ

Наводнения являются одним из самых опасных видов природных стихийных бедствий. По статистике ООН на долю наводнений приходится 26 % общего числа жертв и 32 % стоимости поврежденного природой имущества [1]. Ежегодный ущерб от наводнений достигает нескольких миллиардов долларов, причем в последние десятилетия отмечается тенденция увеличения числа наводнений, особенно катастрофических.

Немаловажную роль в увеличении высоты и повторяемости наводнений оказывает и антропогенное воздействие на водосбор: осушение болот, вырубка лесов, распашка территории, застройка и т.д. Поэтому так остро стоит сегодня вопрос о разработке комплекса мер по защите территорий от наводнений.

Все противопаводковые мероприятия можно разделить на две группы: неинженерные и инженерные [2].

К неинженерным мероприятиям относятся: зонирование территории по степени риска, совершенствование прогнозирования наводнений, регламентация использования периодически затопляемых земель, совершенствование управлением пропуска максимального стока с использованием современных систем и технологий, вынос объектов с затопляемых территорий, эвакуация населения и материальных ценностей из зоны затопления, ликвидация последствий наводнений.

К инженерным мероприятиям относятся: инженерные методы защиты от наводнений, оказывающие наиболее радикальные воздействия на паводки. Это - перераспределение максимального стока водохранилищами, ограждение территории дамбами, увеличение пропускной способности речного русла, повышение отметок защищаемой территории, переброска стока, проведение защитных работ в период паводка.

Ниже дан обзор некоторых изобретений, направленных на решение задач по защите территорий от наводнений.

Способ регулирования стока рек. Авторское свидетельство (А.с.) SU № 763510. Бюллетень изобретений № 34, 1980.

Способ включает устройство водохранилищ и их заполнение, с периодическими пусками воды в реку. С целью повышения его эффективности путем увеличения водности реки и качества воды в ней, для заполнения водохранилищ используют искусственные источники водоснабжения (оросительные каналы) в периоды уменьшения или прекращения водопотребления из них, после чего осуществляют пополнение реки пусками воды из водохранилищ, расход которых определяют по формуле.

Способ регулирования стока реки. А.с. SU № 1043233. Бюллетень изобретений № 35, 1983.

Способ включает создание водоемов на притоках реки, а также подпитку реки из водоемов за счет накопленных объемов воды. С целью уменьшения площади затопления путем удлинения сроков поступления

в реку паводковых вод, в дне водоемов выполняют углубления, достигающие водопроницаемых пород, сообщенных с руслом реки, обеспечивающих перевод поверхностного стока в подземные горизонты.

Водоподпорное сооружение для рек. А.с. SU № 1126644. Бюллетень изобретений № 44, 1984.

Сооружение содержит вододерживающие дамбы, расположенные на обоих берегах реки. С целью повышения эффективности работы за счет создания искусственного затора в весеннее время, одна из дамб расположена касательно к берегу реки выше его выпуклой части, а другая - ниже по течению, на противоположном берегу на расстоянии не менее ширины реки от первой дамбы.

Польдерная система. А.с. SU № 1544869. Бюллетень изобретений № 7, 1990.

Целью изобретения является повышение надежности польдерной системы путем уменьшения тока воды от реки по притоку и по откосам дамб, преимущественно при образовании ледяного затора на реке в паводок.

Польдерная система включает дамбы обвалования, размещенные в пойме вдоль реки со стороны притока, и дамбы обвалования, размещенные по обе стороны вдоль притока и сопряженные каждая с дамбой, размещенной вдоль реки с образованием по обе стороны притока польдеров. С целью повышения надежности путем уменьшения тока воды от реки по притоку и по откосам дамб, преимущественно при образовании ледяного затора на реке в паводок, одна из дамб, размещенных вдоль притока, и ее продолжение вдоль реки выполнены с отметкой гребня дамбы выше гребня другой дамбы и ее продолжения.

Устройство для борьбы с наводнением. А.с. SU № 1562385. Бюллетень изобретений № 17, 1990.

Устройство (рис. 1) может быть использовано для защиты прибрежных территорий от затопления. Состоит из плит удлиненной четырехугольной формы, подвешенных на существующей набережной стенке при помощи шарниров так, чтобы по необходимости во время паводка их можно было свободно поднимать и устанавливать на верхней поверхности существующей стены, увеличивая ее высоту.

В предпаводковый период плиты находятся в подвешенном состоянии, а во время паводка их поднимают.

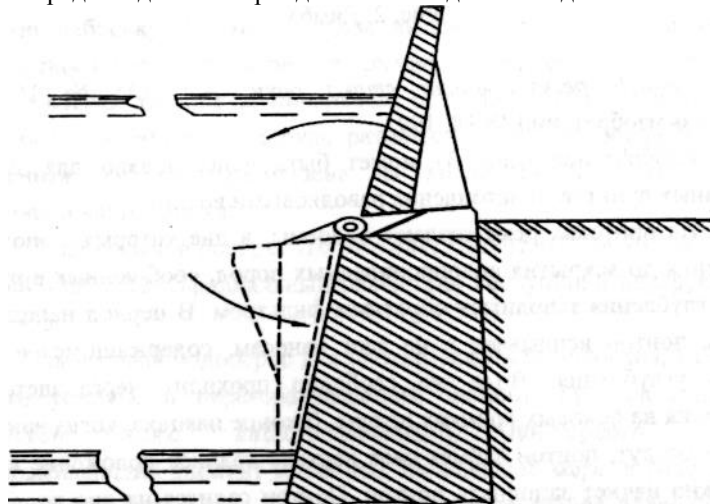


Рис. 1. Устройство для борьбы с наводнением

Дамба. А.с. SU № 1645344. Бюллетень изобретений № 16, 1991.

Дамба (рис. 2) включает насыпь, напорную стенку, совмещенную с противофильтрационным экраном, заглубленную в основание и снабженную выдвинутыми в сторону акватории контрфорсами-волнорезами, а также противофильтрационную завесу, причем напорная стенка снабжена парапетом и заглублена в основание ниже дна воронки размыва основания, а насыпь выполнена из структурно-неустойчивых грунтов с противофильтрационным экраном по всей площади основания и защищена со стороны гребня и низового откоса гидроизоляционным покрытием. Напорная стенка, противофильтрационный экран и гидроизоляционное покрытие герметично соединены между собой.

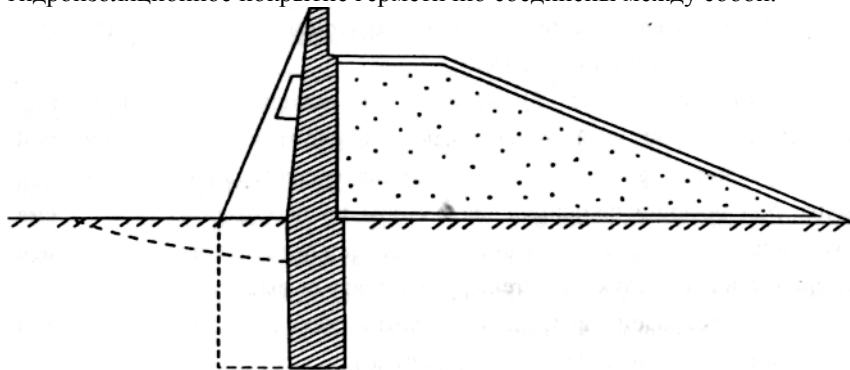


Рис. 2. Дамба

Способ регулирования стока реки. А.с. SU № 1649024. Бюллетень изобретений № 18, 1991.

Изобретение (рис. 3) может быть использовано для защиты населенных пунктов от затопления паводковыми водами.

На притоках реки создают водоемы, в дне которых выполняют углубления до вскрытия водопроницаемых пород, сообщенных с руслом реки. Углубления заполняют обратным фильтром. В период наполнения водоема понтон всплывает и не дает наносам, содержащимся в воде, заилить углубления. Вода же свободно проходит через щеточные уплотнения на боковых кромках шторы. В конце паводка, когда наносы в водоеме осядут, понтон займет свое верхнее крайнее положение и вода через окно начнет заполнять понтон. Понтон садится на дно водоема и свободно проходит к углублению в борту водоема. Вода из понтона сливается через клапан. Ограждение снова готово к работе. Вода из водоемов через донные углубления в бортах водоемов поступает в подземные горизонты, а затем постепенно пополняет реку.

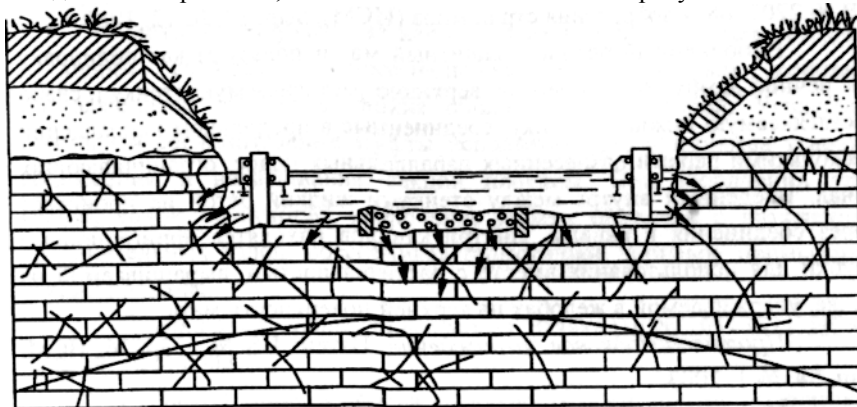


Рис. 3. Способ регулирования стока реки

Устройство для регулирования русловых потоков. Патент RU № 2039147. Бюллетень изобретений № 19, 1995.

Устройство включает запруду, водосливная часть которой выполнена из плетней с наполнителем в промежутках между ними, и каменную наброску. Каркас запруды выполнен из кольев древесных пород, выносящих длительное затопление, объединенных плетнями в ячейки, а ячейки заполнены минералом, обладающим адсорбирующими свойствами, причем в теле запруды размещено водонепроницаемое ядро, а каменная наброска размещена на водонепроницаемом ядре и водосливной части запруды.

Паводковый водосброс для плотин. Патент BY № 965 по заявке FR № 443-4894120. Официальный бюллетень Республики Беларусь № 4 (ч. 1), 1995.

Паводковый водосброс для плотин включает водослив, на гребне которого установлен перегораживающий элемент. Гребень водослива расположен ниже катастрофического подпорного уровня. Перегораживающий элемент выполнен, по меньшей мере, в виде одного жесткого и цельного блока, удерживающегося на гребне водослива под действием силы тяжести и имеющего высоту меньшую, чем разница между уровнем гребня водослива и катастрофическим подпорным уровнем.

Защитные маты для береговых ограждений водоема. Заявка GB № 2207168. Изобретения стран мира (ИСМ), вып. 82, № 12, 1989.

Наполненный бетоном защитный мат используют как облицовку для речной дамбы. Мат содержит верхнюю растягиваемую стенку и слабо растягиваемую нижнюю стенку, соединенные в продольном направлении несколькими парами разнесенных параллельных полос, ограничивающих канал. Введенный внутрь между стенками жидкий бетон не проникает через соединения в каналы. Внутри каналов находятся ирригационные трубки для использования вместе с растительностью, выращиваемой на почве, удерживаемой в желобах на верхней поверхности мата.

Противопаводковое заграждение. Патент US № 6334736. ИСМ, вып. 58, № 1, 2003.

Надувная заграждающая конструкция представляет собой секционную оболочку из гибкого листового материала. Внутри каждой секции имеются пластинчатые элементы жесткости, поддерживающие заданную конфигурацию поперечного сечения оболочки.

Выдвижное противопаводковое заграждение. Патент US № 6338594. ИСМ, вып. 58, № 1, 2003.

Сборную противопаводковую стену сооружают из модульных секций, каждая из которых содержит фундаментный блок, образующий внутреннюю камеру. В этой камере размещается вертикальный плавучий щит, который может быть изготовлен из армированного стекловолокном пенопласта с закрытыми порами. В стыках между секциями данной заградительной стенки устанавливают вертикальные уплотнения. Плавучие щиты заграждения могут подниматься одновременно с подъемом уровня воды или они могут быть выдвинуты заблаговременно.

Транспортабельный эластомерный противопаводковый барьер. Заявка GB № 2364730. ИСМ, вып. 58, № 2, 2003.

Транспортабельный противопаводковый барьер собирают из эластомерных (резиновых) панельных секций, разъемно соединяемых между собой в шпунт с помощью специальных замковых устройств. Барьер может удерживаться в вертикальном рабочем положении на вакуумной присасывающейся подошве и при помощи растяжек с концевыми пригруженными вакуумными присосками.

Наливная плотина. Международная заявка (WO) № 240780. ИСМ, вып. 58, № 5, 2003.

Плотину сооружают из наполняемых водой трубчатых оболочек с одним гладким и противоположным

раструбным концами позволяющими соединить гибкие оболочки между собой. Угловые фитинги и соединительные муфты используют для устройства угловых сопряжений и наращивания секций плотины. При заполнении этих секций водой происходит укорочение гибких оболочек с натяжением соединительных узлов, обеспечивая герметичное торцевое примыкание секций плотины.

Стенка для защиты от половодья. Заявка DE № 10143621. ИСМ, вып. 58, №6, 2003.

Данная система, в противоположность всем другим техническим средствам, невидима при низкой воде. В случае необходимости приводится в действие автоматически и не требует больших площадей для хранения.

Система расположена в грунте и при паводке благодаря плавучести автоматически поднимается вертикально на нужную высоту, а после снижения уровня воды опять опускается. Область применения - все зоны, подверженные затоплению.

Способ предотвращения затопления при паводке. Заявка DE 19732106. ИСМ, вып. 58, № 3, 2002.

Пропускную способность русла реки при паводке можно Увеличить за счет ускорения течения нижних слоев воды. Для этого на Дно реки управляемым образом воздействуют периодическими колебаниями. На участке, который находится ниже по течению перед волной паводка, производят взрывы, направленные на предотвращение заторообразования.

Система подземных водохранилищ. Международная заявка (WO) JVs 138650. ИСМ, вып. 59, № 5, 2002.

Подземные водные резервуары, создаваемые в черте города или пригорода на участках низкого бонитета, используются для очистки ливневого стока или в качестве противопаводковых емкостей.

Резервуары оснащают системой телесигнализации для контроля за уровнем режимом водотоков.

0 неугрожаемый период резервуары могут использоваться под стоянки для автомобилей или в других целях.

Способ озеленения поверхности откоса в зоне затопления. Патент JP № 2843311. ИСМ, вып. 58, № 2, 2000.

На затапливаемую при половодье поверхность откоса укладывают оболочки, которые заполняют растительным материалом, содержащим большое количество пористого материала с высоким содержанием воздуха. Применение данного способа предохраняет дамбы обвалования от размыва и разрушений.

Способ предотвращения заторообразования. Патент RU № 0002211893. ИСМ, вып. 58, № 9, 2003.

Способ обеспечивает более эффективное предотвращение заторообразований и разрушительных наводнений в районах затора.

Для предотвращения заторообразования на данном участке реки создается искусственный затор выше по течению реки относительно затороопасного участка.

Искусственный затор создают посредством установки под лед устройств в виде плавучих конструкций. С помощью искусственного затора регулируют сброс льда в месте его расположения путем его неоднократных созданий и последующих разрушений с периодичностью, достаточной для обеспечения беззаторной ледопроемной способности русла реки на данном участке.

СИСТЕМА ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДОВ

Канализация, в том числе и дождевая, является одним из видов инженерного оборудования и благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и производственных зданий обеспечивающих необходимые санитарно-гигиенические условия и высокий уровень удобств для труда, быта и отдыха населения. При этом под канализацией понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий загрязненных сточных вод.

До настоящего времени считается, что наружная дождевая канализация предназначена для организованного и достаточно быстрого отвода выпавших на территории города атмосферных осадков или талых вод. При этом общепризнанным является тот факт, что поверхностный сток с застроенной территории имеет высокую степень загрязнения и сброс его в водные объекты без очистки недопустим, а необходимость быстрого отведения поверхностного стока обусловлена, главным образом, недопустимостью затопления проезжей части улиц и дорог, тоннелей, подземных переходов и подвалов зданий.

В СНБ 3.01.04-02. «Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов» требования к инженерной инфраструктуре поселений в части дождевой канализации декларируются только в самом общем виде. Так СНБ «Градостроительство» предписывает мероприятия по инженерной подготовке устанавливать с учетом сложившихся инженерно-геологических условий, прогноза их изменения, функционального зонирования и планировочной организации поселения. Отвод поверхностного стока с территории поселений должен выполняться в соответствии с требованиями СНБ 3.03.02 и СНиП 2.04.03 в увязке с мероприятиями по инженерной защите от опасных инженерно-геологических процессов. Территория городских поселений должна быть защищена от временного или постоянного подтопления фунтовыми водами с помощью дренажей закрытого типа в районах многоэтажной застройки, а открытую осушительную сеть допускается применять в районах усадебной застройки и на территории парков. Для всех видов застройки допускается использование ландшафтных мелиоративных систем и систем водного благоустройства. При рельефе местности в виде крутых склонов планировку застраиваемой территории следует осуществлять террасами, а отвод поверхностного стока должен производиться по кюветам, устроенным в основании откосов, в сочетании с быстротоками. Вертикальная планировка территории поселений должна проектироваться с учетом:

- создания оптимальных условий для движения транспорта и пешеходов по уличной сети;

- максимального сохранения естественного рельефа и зеленых насаждений;
- при необходимости организации отвода поверхностного стока с территории поселения со скоростью потока воды на открытых поверхностях, не вызывающего эрозию фунта.

При этом выбор типа водоотводящих устройств: закрытых коллекторов, каналов, лотков, кюветов должен осуществляться с учетом функционального использования территории, архитектурно-планировочных, санитарно-защитных и экологических требований.

Таким образом, водоотводящая сеть улиц и дорог населенных мест является составной частью общей системы организации поверхностного стока и водоотвода с территории поселений. Проектирование этой сети необходимо проводить в комплексной увязке с техническими решениями инженерной подготовки и благоустройства, а выбор типов водоотводящих систем и устройств определяется общими требованиями к отводу поверхностного стока с территории поселений, а также организацией водоотвода с проезжих частей улиц и дорог. В СНБ 3.03.02 «Улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов» в зависимости от организации приема и транспортировки поверхностного стока улицы и дороги городских и сельских поселений разделяются на следующие типы:

I тип. Улицы и дороги с приемом стока с прилегающих территорий на проезжую часть с бортовым камнем и использованием лотка проезжей части для транспортировки стока к водоприемным устройствам (дождеприемникам).

II тип. Улицы и дороги с отводом стока с проезжей части и прилегающей территории на зеленую зону, в пределах которых размещаются водоприемные устройства и системы (открытые и закрытые).

III тип. Улицы и дороги с непрерывным движением, на которых обеспечивается изоляция основных проезжих частей от приема и транспортировки стока с прилегающих территорий.

IV тип. Улицы и дороги без бортового офаждения проезжей части с отводом поверхностного стока на прилегающую территорию с использованием рельефа (по типу загородных автомобильных дорог).

Построенная по полной раздельной схеме дождевая канализация большинства наших крупных городов предполагает отведение дождевых и талых вод по сети подземных трубопроводов по наикратчайшим расстояниям в ближайшие тальвеги или непосредственно в естественные водоемы. В соответствии со СНиП 2.04.03 «Канализация. Наружные сети и сооружения» диаметры трубопроводов дождевой канализации рассчитываются на прием стока от дождей высокой интенсивности (ливней), которые выпадают достаточно редко - в среднем один раз в год. Огромные расходы воды, образующиеся при выпадении ливней, создают условия, при которых очистка дождевого стока на выпусках главных коллекторов является очень сложной проблемой. Одним из путей практического решения поставленной задачи может быть более внимательное и детальное рассмотрение условий формирования поверхностного стока урбанизированной территории на предмет соответствия требованиям выше перечисленных строительных норм и правил. Данные подходы должны быть обязательными на стадии принятия решений по генплану застройки, вертикальной планировке, трассировке сети дождевой канализации и направлены на снижение объема сбрасываемых вод.

Не вызывает сомнения необходимость очистки дождевых вод с магистральных улиц и дорог, если это дорога III типа с непрерывным движением, на которой обеспечивается изоляция основных проезжих частей от приема и транспортировки стока с прилегающих территорий. Но единственным ли из возможных вариантов является отведение поверхностного стока по кратчайшим расстояниям к ближайшим водоемам? Ведь СНБ «Градостроительство» для всех видов застройки допускает использование ландшафтных мелиоративных систем и систем водного благоустройства. Недоумение вызывают случаи, когда дождеприемники устраиваются на парковых дорожках, на тротуарах в скверах. Естественная логика подсказывает, что дождевые и талые воды с парковых дорожек, тротуаров и дворовых проездов, после задержания в специальных лотках песка и мусора, вполне могут быть равномерно распределены по зеленой зоне. Такие решения соответствуют правилам, применяемым к дорогам II типа с отводом стока с проезжей части и прилегающей территории на зеленую зону. Особенно важно, чтобы таким подходам соответствовала вертикальная планировка застроенной территории, при которой отметки проездов и тротуаров были выше поверхности газонов. Только таким образом можно предотвратить смыв почвогрунта, песка и других загрязнений с зеленой зоны в дождевую канализацию. А вот планировочные решения с улицами и дорогами I типа (с приемом стока с прилегающих территорий на проезжую часть) должны приниматься только при соответствующем обосновании.

Весьма актуальным для условий сложившейся застройки городов является применение устройств для предварительной очистки поверхностного стока с целью задержания грубодисперсных примесей, песка, мусора и нефтепродуктов. Здесь речь может идти об отведении поверхностного стока по открытым лоткам, где может задерживаться песок и другие механические примеси, об устройстве дождеприемников с отстойной частью и решетчатыми или сетчатыми контейнерами, об устройстве локальных фильтрующих водопоглощающих линейно протяженных систем. Данные вопросы, касающиеся проектирования, строительства и эксплуатации систем дождевой канализации требуют исследования, изучения и пересмотра.

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА И ЕЕ РЕШЕНИЕ В БЕЛАРУСИ И ЗА РУБЕЖОМ

Удаление снега с магистралей и улиц - одна из важнейших задач жизнеобеспечения города в зимний период. Проблемы удаления и утилизации снежной массы обусловлены требованиями к содержанию проезжей части улиц, значительным объемом удаляемого снега и высокой степенью его загрязнения.

Снежный покров аккумулирует значительную часть атмосферных загрязнений и является своего рода

индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду. Основными загрязнителями, содержащимися в снежном покрове, являются свинец, цинк, железо, кадмий, медь и другие тяжелые металлы; хлориды, сульфаты, сульфиды, хром (III, IV); взвешенные и органические вещества - формальдегиды, нефтепродукты, синтетические ПАВ и др. [1]. Загрязнение снега нефтепродуктами вызывается интенсивным движением транспорта и морозным выветриванием асфальтовых покрытий. При отсутствии постоянного снежного покрова большое количество повторяющихся циклов «замораживание-оттаивание», намного превышающее морозостойкость покрытия, приводит к его разрушению и выветриванию.

Влияние загрязненности убираемого с дорог снега на экологиче,-скую обстановку обусловлено значительными площадями, занятыми дорогами, а также противогололедными реагентами, в качестве которых в последнее время интенсивно применяют соли хлорида калия, натрия, кальция и магния как альтернатива применявшимся ранее песку и другим абразивным материалам.

Работы по ликвидации зимней скользкости включают: профилактическую обработку дорожного покрытия до образования гололеда или в начале снегопада, плавление снежно-ледяных образований с помощью химических материалов, удаление снежных и ледяных образований с покрытий дорог и обочин, обработку снежно-ледяного наката фрикционными материалами для повышения коэффициента сцепления [2].

В Беларуси применяют химические, химико-фрикционные и фрикционные противогололедные материалы, для приготовления которых, согласно СТБ 1158-99 [3], используют следующие компоненты: натрий хлористый технический, кальций хлористый технический, кальций хлористый фосфатированный, карбамид, рапа хлоридов натрия и калия, пластиковые воды хлористо-натриевого состава, концентрированные растворы на основе технической соли, а также песок.

В Российской Федерации снижение содержания хлора в противогололедных реагентах достигается за счет использования хлорных реагентов с пониженным содержанием хлора (хлористый кальций вместо хлористого натрия), применения ацетатных реагентов (уксуснокислого калия, магния, кальция), не содержащих хлорид-ионов; оптимизации режима использования жидких и смоченных сухих реагентов на базе прогнозирования метеоусловий, более широкого применения средств малой механизации для безреагентной уборки территорий [4].

Альтернативой применению хлоридов являются ацетаты калия, кальция и магния, наибольший опыт использования которых накоплен в США. Преимущества ацетатов заключаются в меньшей коррозионной активности, применении их в жидком состоянии, обеспечивающем быстроту действия и возможность использования без абразивных добавок. К основным недостаткам ацетатов относятся медленность действия при низких температурах, более высокая стоимость, необходимость использования специальной техники и невозможность использования ацетатов для устранения ледовой корки. Кроме того, в настоящее время недостаточно изучены последствия поступления этих веществ в окружающую среду, а также влияние возникающих над дорогой аэрозолей на здоровье людей [5].

В скандинавских странах противогололедные реагенты не применяют, дороги посыпают преимущественно мелко дробленным щебнем. Специальные машины подогревают щебень, и он разбрасывается горячим по льду, снегу и вплавается в него, увеличивая коэффициент сцепления колеса с покрытием дороги. С приходом весны щебень собирают, моют, а в следующую зиму используют вновь [6].

Экологические факторы, влияющие на решение проблемы утилизации вывозимого снега, заключаются в необходимости ликвидации воздействия имеющихся в снеге загрязнений на окружающую среду. До недавнего времени традиционным являлось механизированное удаление снега с последующим сбросом его непосредственно в водные объекты города, негативные экологические последствия которого очевидны. С экологической точки зрения все элементы процесса зимней уборки магистралей города взаимосвязаны и должны рассматриваться как единая, хорошо организованная система.

Институт «МосводоканалНИИпроект» разработал схему снего-удаления, в которой в качестве основных технологических приемов утилизации снега приняты следующие [7]:

- размещение снега на «сухих» снегосвалках с очисткой талых вод, образующихся при естественном таянии, и последующим сбросом очищенных вод в системы коммунального водоотведения;
- сброс снега в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию с принудительным таянием снега и последующей очисткой талых вод на станциях аэрации;
- сброс снега в коммунальные сети дождевой канализации с принудительным таянием за счет теплового ресурса сбросных вод ТЭЦ;
- подача снега на снеготаялки, работающие на природном топливе, с последующей очисткой и сбросом талых вод в системы коммунального водоотведения.

При разработке процесса утилизации снега должны учитываться основные технические параметры систем коммунального водоотведения в точках целесообразного размещения объектов: для сети хозяйственно-фекальной канализации - диаметр и наполнение коллектора; для сети дождевой канализации - температура и объем воды, достаточные для таяния снега и разбавления талых вод до принятых норм.

При выборе площадей для строительства объектов снегоудаления должны учитываться природоохранные, ландшафтные и градостроительные нормативы. При определении эффективности каждого из способов утилизации снега основными параметрами являются объемные и качественные характеристики снега, удаляемого с магистралей и улиц города.

«Сухая» снегосвалка представляет собой площадку с твердым водонепроницаемым покрытием,

обвалованную и огражденную по периметру, для исключения попадания снега и талой воды на рельеф, с контрольно-пропускным пунктом и локальными очистными сооружениями (рис. 1), обеспечивающими очистку талой воды до показателей, соответствующих требованиям приема в системы коммунального водоотведения.

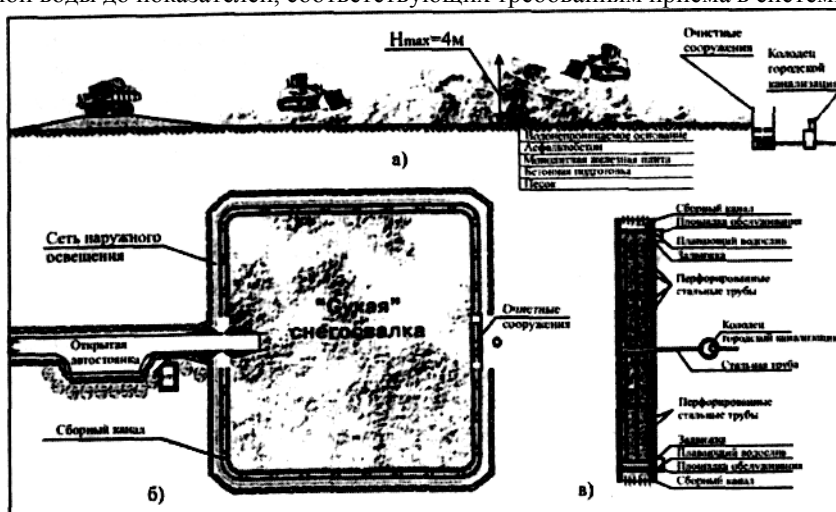


Рис. 1. План «сухой» снеговалки (а, б) с очистными сооружениями (в)

Сброс снега в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию предусматривает таяние снега в теплых сточных водах канализации, транспортирование талых вод к городским очистным сооружениям и их очистку совместно с городскими сточными водами.

В Москве в 2002-2003 гг. эксплуатировалось 27 снегосплавных пунктов, оборудованных по проектам института «МосводоканалНИИ-проект» [8]. Каждый снегосплавной пункт рассчитан на обработку до 300 тыс. м³ снега за сезон и представляет собой заглубленный в землю железобетонный резервуар, в который подается сточная вода из канализационного коллектора, а сверху загружается снег (рис. 2). Снегосплавные пункты оборудованы сепараторами-дробилками для измельчения снежной массы. При снеготаянии и частичном отстаивании, концентрации загрязнений снижаются до нормативов приема в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию.

Оценка технологии снеготаяния на сбросных водах ТЭЦ показывает, что основной проблемой является качество воды, сбрасываемой в коммунальные сети дождевой канализации или непосредственно в водные объекты.

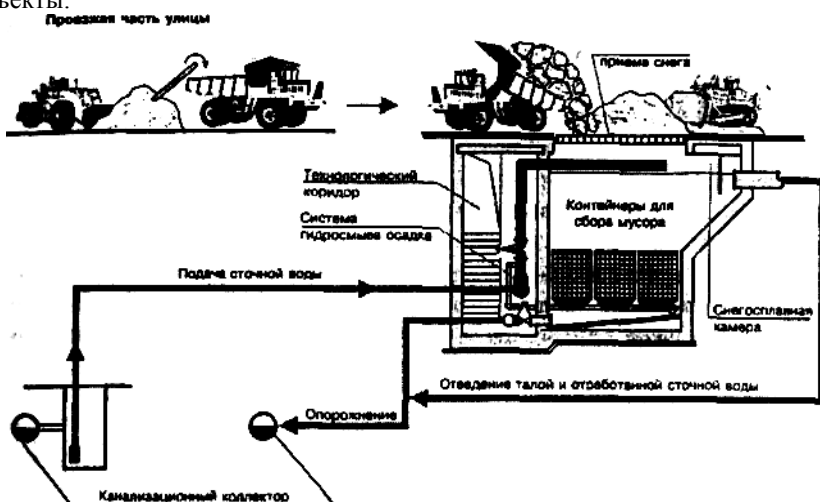


Рис. 2. Технологическая схема удаления снега с использованием снегосплавной установки

Плавление снега с использованием теплоты сгорания природного топлива требует расхода дорогостоящих энергоносителей. К достоинствам сооружений этого типа относятся автономность, независимость от привязки к специфическим элементам инфраструктур (канализационные коллекторы, ТЭЦ), малые объемы очищаемых вод из-за отсутствия разбавителей. В Москве эксплуатируется снеготаялка на дизельном топливе производительностью 10 т снега в час.

В Канаде производят и эксплуатируют как передвижные, так и стационарные снеготаялки. В стационарные установки - более совершенные - загружают снег, который плавится внутри горелками, талая вода стекает в канализацию, а мусор и песок накапливаются в специальном контейнере и периодически вывозятся. Большое количество снеготаялок было запатентовано в ряде других стран, особенно в США [9]. Более подробно принцип действия снеготаялок приведен в патентном обзоре.

Главный недостаток снеготаялок - значительная стоимость. Даже небольшая снеготаялка стоит около 800 тыс. долларов и потребляет 6 т диз-топлива в сутки. Передвижные снеготаялки экономичны только в том

случае, если их стоимость оказывается меньше стоимости других методов уборки снега. При сравнении финансовых затрат в общую стоимость снегоуборочных работ должны включаться расходы на снегоуборку, формирование снежных валов, обслуживание и эксплуатацию снеготаялок [9].

Применение стационарных снеготаялок оправдано лишь в том случае, если стоимость переработки снега с их помощью равняется стоимости расчистки снега и его утилизации другими способами или не превышает ее. Суммарные затраты при использовании снеготаялок должны включать затраты на снегоочистку, формирование снежных валов, погрузку снега и его транспортировку до снеготаялок, затраты на установку, обеспечение и эксплуатацию снеготаялок, а также стоимость земли, на которой они установлены [9].

Сравнение технико-экономических показателей различных технологий утилизации снега показывает, что наиболее предпочтительна технология переработки снега на снегосплавных пунктах, расположенных на коллекторах коммунальной хозяйственно-фекальной канализации, при которой затраты и загрязнение водных объектов минимальны. Применение других технологий оправдано лишь в случаях, когда по конкретным местным условиям сброс снега в системы коммунального водоотведения затруднен.

Ниже представлен патентный обзор способов борьбы с зимней скользкостью и утилизации снега.

Химические способы борьбы с зимней скользкостью.

Способ удаления снежно-ледяных покровов дорожных покрытий и противогололедный препарат «Кама». Пат. RU №2044118. Бюллетень изобретений № 26, 1995.

Противогололедный препарат, содержащий 45-75 % хлористого калия, 24-50 % хлористого натрия, 1-5 % инертных примесей и кристаллизационной воды, рассыпают, а затем распределяют внутри снежно-ледяного покрова для его плавления.

Способ получения антигололедного реагента. Пат. RU № 2211235. Изобретения стран мира (ИСМ), вып. 43, № 8, 2003.

Способ предусматривает смешение кальция хлористого с водой, после чего в водный раствор кальция хлористого добавляют раствор магния хлористого и в полученную смесь вводят низкозамерзающий гликолевый компонент (НГК) в следующем соотношении: 10,6-22,0% кальция хлористого, 5,3-12,0 % магния хлористого, 4,0-30,0 % НГК, вода - остальное.

Антигололедный реагент обладает плавящими свойствами при низкой температуре, низкой коррозионной активностью.

Состав противогололедный для зимнего содержания покрытий автомобильных дорог, искусственных сооружений и аэродромов. Пат. ВУ № 4339. Бюллетень изобретений № 1, 2002.

Состав содержит 90,0-99,5 % карбоната калия, 0,5-10,0 % одноза-мещенного фосфата натрия двухводного.

Противогололедная жидкость на ацетатной основе. Пат. RU № 2219215. Бюллетень изобретений № 35, 2003.

Противогололедная жидкость включает (г/дм³): бензоат натрия -2,0-8,0, смесь тринатрийфосфата и динатрий фосфата в массовом соотношении 1:5 10,0-15,0, нитрит натрия - 0,2-0,8, жидкое стекло - 2,0-10,0, глицерин - 0,5-3,0, предварительно обработанный серной кислотой в соотношении 1:0,5, водный раствор ацетата калия с плотностью 1,20-1,26 и рН 9-11 - остальное.

Средство для удаления льда на основе формиатов и способ расплавления снега и льда на поверхности дорог с помощью этого средства. Пат. RU (по заявке DE) № 2172332. Бюллетень изобретений № 23, 2003.

Средство для удаления льда содержит, в основном, 87-99,45 % ацетата щелочного металла, или их смеси, 0,5-10 % силиката щелочного металла. Его можно применять в твердой форме или в форме водного раствора. Применение данного средства обеспечивает короткое время оттаивания льда и защиту от коррозии.

Антигололедная композиция. Пат. RU № 2221002. ИСМ, вып. 43, №1,2004.

Композиция содержит 85-95% формиата натрия, 4-10% карбамида, 1-5 % углекислого калия; дополнительно может содержать речной песок в соотношении со смесью солей 1:5-1:3, а также воду при концентрации 15-30%.

Состав имеет низкую температуру эвтектики (-35 °С), обеспечивает длительное предупреждение образования наледи, использование состава в жидком виде сокращает расход средства для предотвращения и удаления гололедных образований, а также для растаивания снега. Химико-фрикционные способы борьбы с зимней скользкостью. Противогололедное средство. Пат. RU № 2027731. Бюллетень изобретений № 3, 1995.

Противогололедное средство содержит 16-32 % нитрат-сульфатной соли, 2-3 % двойного суперфосфата, песок.

Состав для предотвращения наледи на дорогах. Пат. RU № 2127293. Бюллетень изобретений № 7, 1999.

Состав содержит 5-20 % соли органической низкомолекулярной кислоты щелочного или щелочно-земельного металла, 0,1-5,0% водорастворимого производного целлюлозы, речной песок. В качестве соли используют формиат или ацетат натрия, формиат или ацетат кальция; могут быть использованы отходы производства пентаэритрита, продукт нейтрализации отходов производства уксусной кислоты, отход лесохимического производства - уксусно-кальциевый порошок. В качестве стабилизатора могут быть использованы гидроксиэтилцеллюлоза или порошкообразный концентрат сульфитно-дрожжевой бражки.

Состав снижает температуру образования наледи до - 28 °С, обладает низкой коррозионной активностью.

Нераспыляемый состав для таяния снега и способ его получения. Пат. JP № 6081833. ИСМ, вып. 43, № 2, 1998.

Состав имеет черный цвет и состоит из золы (ЕР), топочной золы с размером частиц не более 20 мм и

связующего. Мелкодисперсная сажа (УР) с адсорбированным связующим адгезирована на пористой части топочной золы.

Топочную золу сушат при нагревании до содержания влаги 5-15 % и измельчают, отбирая частицы с диаметром не более 20 мм. Топочную золу и золу (ЕР) смешивают со связующим и сушат при нагревании до содержания влаги 3-8 %.

Системы обогрева дорожных покрытий.

Способ нагрева или размораживания поверхности дорожного полотна, а также автомобиля для осуществления этого способа. Заявка (З.) DE № 10039178. ИСМ, вып. 57, № 10, 2003.

На поверхность дорожного полотна воздействуют электромагнитным излучением с использованием нескольких независимых друг от друга источников, расположенных последовательно и включаемых с временным интервалом. Предложен также автомобиль, по меньшей мере, с одним источником излучения, осуществляющим электромагнитное воздействие на поверхность дорожного полотна.

Способ рассеивания тумана, колки льда и плавления снега с помощью лазера. Заявка Франции (FR) № 9200152. ИСМ, вып. 57, № 11, 1993.

Способ рассеивания тумана, уборки льда и растапливания снега основан на модифицировании водной фазы под действием инфракрасного лазерного излучения.

Способ борьбы со снежно-ледяным покровом на дорогах. Пат. ВУ № 1945. Бюллетень изобретений № 4, 1997.

Способ предусматривает плавление снега и льда, удаление образовавшейся влаги и сушку поверхности. Плавление снега и льда осуществляют беспламенным источником теплового излучения мощностью 110-210 кВт в течение 0,5-15 с, сушку производят потоком сухого горячего воздуха расходом 22,2-69,4 м³/с.

Незамерзающая дорога. А.с. SU № 1707122. Бюллетень изобретений № 3, 1992.

Обогрев покрытий автомобильных дорог и тротуаров осуществляется за счет использования естественного тепла земли с применением тепловых труб.

Верхние концы герметичных тепловых труб выполнены в виде квадратного раструба и находятся в контакте с покрытием, нижние - помещены ниже глубины промерзания фунта, где происходит нагревание и испарение теплоносителя (ацетон, спирт, эфир и т.п.), находящегося в герметичной и вакуумированной трубе, пар которого поднимается и конденсируется на торцевой поверхности верхнего конца, отдавая тепло дорожному покрытию, а конденсат опускается в нижнюю часть трубы, где вновь нагревается от нижних слоев фунта, имеющих положительную температуру (рис. 3). Циркуляция теплоносителя происходит непрерывно при наличии в верхней части температуры от 0 °С и ниже. При выравнивании температур в летнее время циркуляция прекращается.

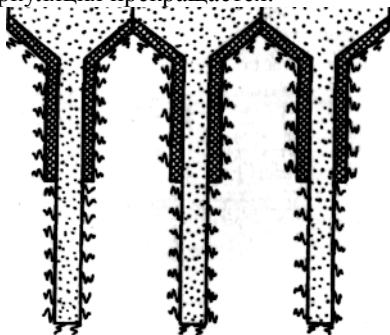


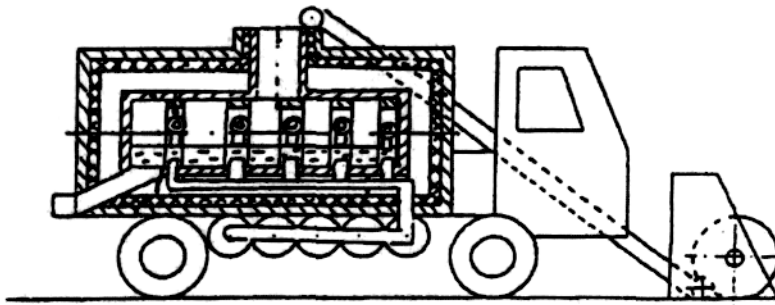
Рис. 3. Схема конструкции обогрева дорожного покрытия

Система для предотвращения обледенения поверхности дорожного полотна и растапливания льда и снега. Пат. JP № 3168171. ИСМ, вып. 57, № 8, 2001.

Система содержит резервуар для хранения антиобледенителя, питатель для напорной подачи антиобледенителя из резервуара, оросительный регулятор для изменения времени орошения, сопла для орошения дорожного покрытия антиобледенителем, датчик для контроля за движением автотранспорта по дорожному покрытию, датчик для контроля состояния неорошаемой антиобледенителем поверхности дорожного покрытия по таким параметрам, как сухость, влажность, степень обледенения, датчик для контроля концентрации антиобледенителя, поступающего при орошении на поверхность дорожного покрытия, датчик для контроля температуры атмосферного давления воздуха. Система использует показания датчиков для регулирования периодов и продолжительности орошения, а также количества используемого при этом антиобледенителя.

Снеготаялка. Пат. RU № 2195526. Бюллетень изобретений № 36, 2002.

Снеготаялка содержит самоходное шасси, на котором размещен шнековый питатель, транспортер, баллоны с топливом, кузов. В кузове установлен водосборник со сливным патрубком. Внутри водосборника размещены горелки, соединенные гибкими шлангами с топливной магистралью и жестко соединенные с поплавками. На внутренней поверхности водосборника смонтированы направляющие, по которым перемещаются горелки. При этом кузов, водосборник и направляющие выполнены в виде коаксиальных цилиндров (рис. 4).



Снеготаялка на автомобиле. Пат. JP № 2775466. ИСМ, вып. 57, № 8, 1999.

На центральную часть шасси автомобиля опирается водяной резервуар, а на заднюю - бойлер. Резервуар и бойлер соединены трубопроводом для циркуляции воды, имеющим трубу для горячей воды и трубу для холодной воды. При заполненном водой резервуаре и работающем бойлере, насос обеспечивает циркуляцию воды между резервуаром и бойлером. После нагрева воду из резервуара с помощью другого насоса подают под давлением в сопла, расположенные впереди автомобиля и предназначенные для орошения снега горячей водой. Кроме того, поверхность дороги под шасси обдувают теплым воздухом через проем. При открытом воздушном клапане, вентилятор испаряет талую воду.

Принцип действия и конструкция дорожной снеготаялки с использованием сбросного тепла от выхлопной и охладительной систем. Пат. US № 5787613. ИСМ, вып. 57, № 8, 1999.

Дорожная машина для уборки и таяния снега содержит двигательный блок с системами выпуска отработавших газов. В снеготая-тельном блоке установлен теплообменник для использования теплоты от указанных систем на подогрев теплоносителя. Образующаяся жидкость поступает в специальный накопительный резервуар.

Установка для растапливания снега. Пат. JP №7021175. ИСМ, вып. 57, №12, 1998.

Установка для растапливания снега содержит подземный резервуар, в который сваливают собранный снег. Резервуар поглощает подземное тепло. В верхней части резервуара расположено устройство для орошения водой загруженной снежной массы. В нижней части резервуара расположен насос, который всасывает талую воду со дна резервуара и возвращает ее в устройство орошения. На дне резервуара расположены аэрационные трубы (рис. 5).

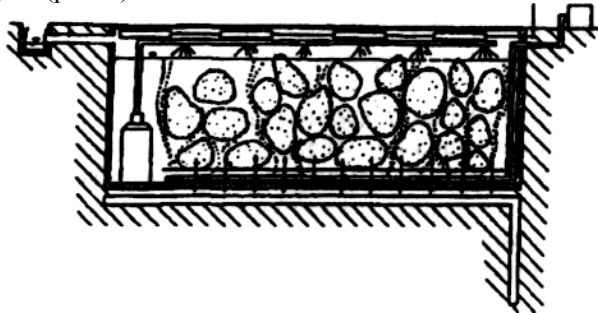


Рис. 5. Установка для растапливания снега

Способ переработки снега и устройство для его осуществления. А.с. US № 1781359. Бюллетень изобретений № 46, 1992.

Сущность способа переработки снега заключается в его нагреве до полного испарения и выводе образованных при этом паров через фильтр в атмосферу. Для этого снег загружают в бункер с приемным и разгрузочным люками, который размещен над открытой сверху подземной камерой. Камера сообщена через установленный в ней трубопровод с подземным источником тепла через скважину, которая выполнена под дном подземной камеры. Верхний конец трубопровода размещен в бункере, а нижний выполнен перфорированным.

Снеготаялка. 3. JP № 2-14404. ИСМ, вып. 57, № 6, 1991.

Снег загружается в корпус снеготаялки через отверстия и перемешивается с водой. Легкие включения, содержащиеся в снегу, выводятся через отверстия. Тяжелые частицы, такие как песок, поступают в нижнюю часть корпуса. Таким образом, при таянии снега происходит разделение содержащихся включений, что обеспечивает исключение попадания загрязнений в окружающую среду.

Снеготаятельная установка. Пат. JP №3113387. ИСМ, вып. 57, № 11, 2001.

Снеготаятельная установка содержит камеру, в которую сбрасывается снег через люк и подается вода до отметки, перекачиваемой погружные насосы. Насос перекачивает воду в водогрейный котел с горелкой. Поступающая от котла горячая вода разбрызгивается на снег в камере и растапливает его. Кроме того, через открытый вентиль и отводную трубу горячая вода подается к разбрызгивающей насадке для растапливания снега на крыше стационарного здания установки, а талая вода стекает по желобу в камеру. Установка оснащена термочувствительными элементами. При повышении уровня талой воды в камере сверх заданной отметки автоматически включается насос с подачей воды к разбрызгивающей насадке и далее в придорожный кювет.

Снеготаятельная установка. Пат. US № 6360738. ИСМ, вып. 57, № 3, 2003.

Снеготаялка содержит приемный резервуар с верхним отверстием для загрузки снега и нижним бункером с выпускным отверстием для талой воды. Резервуар и бункер разделены нагревательной плитой, расположенной над топливным коллектором с горелками, жаровыми трубами и стабилизаторами пламени. Снеготаялку размещают над ливневым водосбросом или над канализационным колодцем (рис. 6).

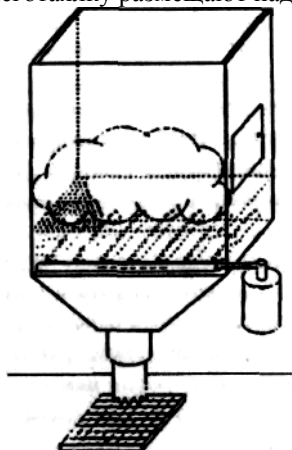


Рис. 6. Снеготаятельная установка

Установка для растапливания снега. Пат. JP №2869710. ИСМ, вып. 57, № 4, 2000.

Установка содержит печь для сжигания мусора, оснащенную горелкой. Отходящий высокотемпературный печной газ поступает в теплообменник и отдает тепло воде, разбрызгиваемой форсунками. Вместе с теплом разбрызгиваемая вода поглощает дым, сажу и токсичные продукты сгорания. Нафетая вода стекает через сливные отверстия в снего-таятельный отсек, а очищенный газ выходит наружу через вытяжную трубу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Корецкий В.Е., Шеломков А.С., Романовская С.Л., Кантор Л.И., Гордиенко В.С. Опыт проектирования снегосплавного пункта на канализационном коллекторе г. Уфы // Водоснабжение и санитарная техника. - 2004. - № 4 ч. 2 - С. 48-51.
- 2 РД 0219.1.18-2000 Зимнее содержание автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь.
3. СТБ 1158-99 Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог.
4. Павлов Н.В. Транспортные системы города. Противогололедная обработка дорожных покрытий в Москве // Управление городским хозяйством Москвы. - 2001. - № 41.
5. НИР «Эколого-физиологическая и биохимическая оценки воздействия на состояние биотических и абиотических компонентов природной среды в населенных пунктах при использовании технической соли для устранения гололедицы на дорожном покрытии. Разработка альтернативных предложений использованию технической соли в природно-климатических условиях ХМАО» // 2005.
- 6 Корниенко Е. Куда везти снежные «эльбрусы»? // Минский курьер-№ 252, 30 января 2004.
- 7 Пупырев Е.И., Корецкий В.Е. Утилизация снега в Москве // Экология и промышленность России. - 2001. - № 7 - С. 27-31.
- 8 Корецкий В.Е., Богомолов М.В. Опыт эксплуатации и перспективы развития систем снегоудаления в г. Москва // Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-2004. Материалы конгресса. - Часть 2. - М., 2004.-С. 681.
- 9 Снег. Под ред. Д.М. Грея, Д.Х.Мэйла // Справочник. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1986.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО

С ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ПУТЕМ ПОСТРОЕН) ГИДРОГРАФОВ ЗА РАСЧЕТНЫЙ ДОЖДЬ И ДОЖДЛИВЫЙ ПЕРИОД

Для принятия экологически безопасных и экономически обоснованных решений необходим комплексный научный подход к изучению проблем поверхностного стока урбанизированных территорий. В наше время общепризнанным является тот факт, что степень загрязнения поверхностного стока с застроенной территории близка, а по некоторым показателям значительно превышает загрязненность хозяйственных, бытовых и производственных сточных вод. Концентрации примесей, содержащихся в поверхностном стоке, поступающем в дождевую канализацию, меняются в больших пределах, и зависят как от уровня благоустройства так и от функционального назначения территории. Поэтому выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока в значительной степени определяется его количественной и качественной характеристиками.

Согласно СНиП 2.04.03-85 расчетные расходы дождевых вод еще дует определять методом предельных интенсивностей по формуле

$$q = \frac{z_{mid} A^{1,2} F}{t^{1,2n-0,1}},$$

где z_{mid} - среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока; A , n - параметры; F - расчетная площадь стока, га, t - расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам, мин. Параметр A определяется по формуле (4) СНиП

$$A = q_{20} 20^n \left(1 + \frac{1gp}{1gm}\right)^y,$$

где q_{20} - интенсивность дождя продолжительностью 20 мин при p год; n - показатель степени, определяемый по СНиП 2.04.03-85; m - среднее количество дождей за год, также определяется по СНиП 2.04.03-85; y - показатель степени.

Пропускная способность трубопроводов дождевой канализации, как правило, определяется расходом, рассчитанным по параметрам дождя с периодом однократного превышения его интенсивности равным 0,5-1,0 года при площади бассейна менее 150га, плоском рельефе и среднем уклоне поверхности 0,005 и менее.

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 изменение в течение дождей. 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 следует принимать дождливые периоды, угрожающие загрязнением и требующие максимальных регулирующих емкостей. Важно, чтобы расчетная повторяемость таких периодов соответствовала наблюдаемым в природе.

Для расчета объема аккумулирующего резервуара следует иметь данные о режимах стока (гидрограф) в расчетный ливень. При быстром опорожнении регулирующей емкости в течение или немногим спустя после прекращения стока для решения поставленной задачи достаточно располагать гидрографом только одного расчетного дождя. Если же регулирующая емкость невелика или срабатывается малоинтенсивно, что имеет место в случае минимизации производительности очистных сооружений, последующие осадки могут выпасть до опорожнения емкости. Тогда задачу определения регулирующего объема можно решить на основании гидрографов дождей, объединенных в дождливые периоды.

Характеристики дождливых периодов, в частности, распределение сумм осадков за дождливые периоды на территории Беларуси получены на основании обработки данных самопишущих дождемеров - плювиографов. Как указывалось выше, в соответствии со СНиП 2.04.03-85 пропускная способность дождевой канализации должна определяться расходом, рассчитанным по параметрам дождя с периодом однократного превышения его интенсивности равным 0,5-1,0 года. С целью выполнения условия равной обеспеченности рассчитываемых величин, периоды однократного превышения сумм осадков за дождливый период и за первый, входящий в него дождь, следует принять равным 1,0 год.

Например, для условий г. Минск сумма осадков за дождливый период повторяемостью 1 раз в год равна 45,2 мм. В качестве расчетного может быть принят дождливый период, состоящий из двух дождей, т.к. дождливые периоды с большим числом дождей являются более продолжительными и менее интенсивными. Ожидаемое значение слоя осадков за первый дождь целесообразно также принимать при периоде однократного превышения $p = 1$ год. Сумму осадков, выпадающих во время второго дождя, следует определять как разницу сумм осадков за дождливый период и за первый дождь.

Для построения гидрографов стока за дождливый период необходимо методом предельных интенсивностей также определить максимальный расход стока второго дождя с учетом увеличения времени формирования стока со всего бассейна.

Наиболее распространенной для построения гидрографов дождевого стока с застроенной территории является методика, согласно которой принимается, что интенсивность осадков, наибольшая в начале дождя, постепенно снижается. Для построения гидрографов по данной методике М.В. Молоковым предложены следующие уравнения: для кривой увеличения расходов

$$q = q_0 (t/t_0)^{1-n},$$

для кривой спада расходов

$$q = q_0 \left[(t/t_0)^{1-n} - (t/t_0 - 1)^{1-n} \right]$$

Интегрированием приведенных уравнений получены зависимости для определения объемов стока за период t : для случая $t < t_0$

$$W' = q_0 t_0 \frac{1}{2-n} \left[1 - \left(1 - \frac{t}{t_0}\right)^{2-n} \right]$$

для случая $t > t_0$

$$W'' = q_0 t_0 \frac{1}{2-n} \left[\left(\frac{t}{t_0}\right)^{2-n} - \left(\frac{t}{t_0} - 1\right)^{2-n} \right].$$

С помощью уравнений (3) и (4) могут быть определены координаты построения гидрографов поверхностного стока в расчетном ождливом периоде.

Объем поверхностного стока за дождь не может быть больше объема выпавших осадков с учетом общего коэффициента стока. Исходя этой предпосылки, может быть определена расчетная продолжительность поверхностного стока и его суммарный объем при выпадении расчетных дождей.

Анализ результатов проведенных расчетов, графическое представление гидрографов поверхностного стока в дождливый период (Фиг. 1) показывает, что нарастание и спад расходов дождевого стока имеет ярко выраженный пиковый характер. Данное обстоятельство еще раз подтверждает необходимость регулирования поверхностного стока перед подачей его на очистку.

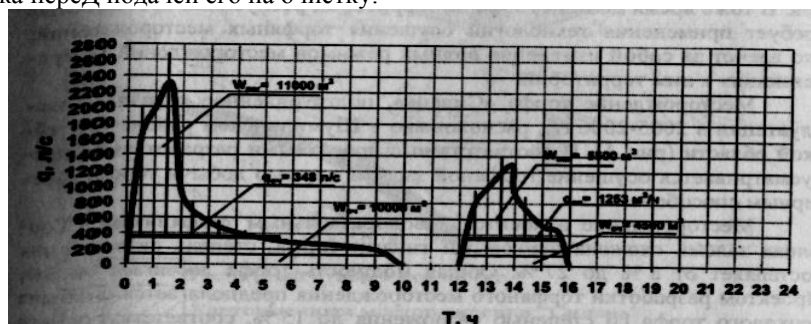


Рис. 1. Пример построения гидрографов стока расчетных дождей

Оптимальное соотношение между объемом регулирования и производительностью очистных сооружений может быть определено при построении интегральных графиков поступления поверхностного стока в накопитель и подачи его на очистку.

Работа № 7.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ - ОДНА ИЗ ПРОБЛЕМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ. ПОЛУЧЕНИЕ БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ

Органические отходы многих производств (сахарных, молочных заводов) и сельского хозяйства (стоки ферм, фекальные массы) обычно попадают в реки, загрязняя источники водоснабжения. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, влияющие отрицательно на здоровье человека; поэтому утилизация отходов - одна из кардинальных проблем экологии.

Метановое брожение известно давно (мерцающие огоньки на кладбищах, выделение болотного газа). Оно происходит при разложении продуктов, содержащих углеводы. Это способ анаэробного дыхания определенных групп бактерий, которые из углеводов органической массы образуют метан (CH_4) - 65%, углекислый газ (CO_2) - 30% и незначительное количество других газов: сероводород (H_2S) - 1%, азот, кислород, водород и закись углерода. При этом выделяется энергия, которая превращается в тепловую и нагревает субстрат.

В процессе участвуют три группы бактерий, которые работают последовательно, разлагая органическое вещество до более простых компонентов. Первые превращают органическое вещество в масляную, пропионовую и молочную кислоты, вторые преобразуют эти кислоты в уксусную кислоту, водород и углекислый газ, а затем метанообразующие бактерии превращают углекислый газ в метан с поглощением водорода.

Изучив эти процессы, ученые многих стран (США, Франции, Японии) разработали способы культивирования метановых и других видов бактерий; особые фирмы уже занимаются этим и продают микроорганизмы в пробирках. Применение этих бактерий значительно ускоряет процесс брожения и получения биогаза, который используется для отопления, нагрева воды на фермах, приготовления пищи в США, Китае, Бразилии, Индии, Японии. В качестве исходного субстрата используются все органические остатки, содержащие много углеводов (солома, древесная щепа лиственных пород, ботва, отходы сахарной промышленности, отходы фруктово-консервной промышленности, канализационный ил, отходы скота, особенно свиней). Так, при равной массе фекалий, из свиного навоза получается на 50% больше биогаза, чем от других животных. Способы получения биогаза разработаны также и в России (например, для крупных свиноферм Воронежской области).

Метановые бактерии в естественной обстановке существуют в небольшом количестве на самих отходах, а также в гумусовом слое плодородной почвы с нейтральной рН, поэтому переслаивание навоза небольшим количеством почвы дает определенную стимуляцию процесса. Однако применение особых видов и штаммов бактерий значительно ускоряет все реакции. Так, по данным японских исследователей, метаногенез органических остатков в естественных условиях юга Японии происходил за 20 дней, а с применением особых штаммов бактерий - за 8.

В практических целях для получения биогаза используются особые водонепроницаемые цистерны (дайджестеры), в которых брожение биомассы происходит при нейтральных рН (против закисления используется известь) и при температурах выше $+40^\circ\text{C}$ (а иногда, при работе высокопроизводительных штаммов бактерий - при $50 - 60^\circ\text{C}$). Обычно в этих условиях даже без применения особых бактерий длительность переработки навоза крупного рогатого скота составляет две - четыре недели, жидкие же отходы свиней сбраживаются за 10 дней.

Средняя емкость применяемых резервуаров - 6-12 м³, средний выход биогаза - 0,15 м³ в сутки на 1 м³ емкости. Малые емкости широко применяются в Индии. Они представляют собой круглые или четырехугольные цилиндры из кирпича, глины с плотно закрывающейся крышкой и отводной трубой для сбора газа. Процесс происходит в анаэробных условиях.

Употребляемые отходы должны содержать большое количество углеводов и малое - азота (C : N= 30 : 1 - по массе). При наличии большого количества азота образуется аммиак, который подавляет рост метанобактерий и процесс идет без образования биогаза. Поэтому в биомассу, содержащую много азота (жидкие отходы свиней, остатки бобовых культур), добавляют углеводы (измельченную солому, жом сахарного тростника, отходы сахарной свеклы).

Оборудование, материалы

1) колба на 750-1000 мл или пластмассовая бутылка; 2) пробка резиновая с выводной стеклянной трубкой; 3) резиновая трубка со стеклянным переходником с диаметром, соответствующим сосуду для сбора газа; 4) резиновый баллон (можно приспособить растянутую камеру резинового шарика); 5) термостат; 6) органическая масса, содержащая много углеводов: отходы сахарной свеклы, картофеля, листья, отходы злаков; 7) немного высокогумусной естественной почвы.

Ход работы

В колбу или пластмассовую бутылку загружают измельченную биомассу, каждый слой слегка посыпают гумусной почвой, заливают теплой отстоянной водой (без хлора) в соотношении 1:1 по объему, что должно соответствовать общей концентрации твердых веществ 8-11% по массе. Если биомасса кислая, добавляют немного извести или мела для нейтрализации. Биомасса с водой должна не доходить до верха колбы на 5-6 см. Колбу плотно закрывают резиновой пробкой с отводной стеклянной трубкой, конец которой в колбе располагается над водой (для выхода газа). К стеклянной трубке присоединяют резиновую, которая через стеклянный переходник соединяется с мягким баллоном для приемки газа (рис. 11). Герметичность всех соединений и пробки с колбой обеспечивается пластмассовой изолентой. Система ставится в термостат при +40°С.

Выделение газа прослеживается на протяжении 1-4 недель по наполнению резиновой камеры. Первые порции газа следует спустить, т.к. он смешан с кислородом воздуха и при поджигании может произойти небольшой взрыв. Скопившийся в резиновой

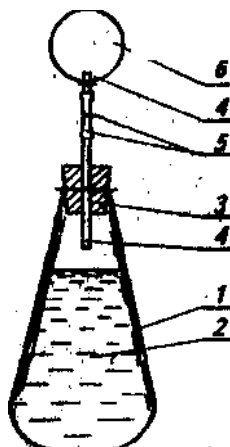


Рис. 11. Смонтированная камера для получения биогаза: 1 - колба; 2 - биомасса, залитая водой; 3 - пробка; 4 - стеклянная трубка; 5 - резиновая трубка с зажимом; 6 - растянутый резиновый баллон для сбора газа.

камере газ (что видно по наполнению баллона) изолируют от колбы лабораторным зажимом, подсоединяют длинную стеклянную трубку и на конце ее поджигают газ, ослабив зажим.

Вышеуказанный метод получения биогаза можно испытать для утилизации отходов в личных хозяйствах, на дачах, построив дайджестер из кирпича, цемента, глины и обложив его толстым слоем чернозема; последнее будет способствовать большему нагреванию емкости и изоляции от ночного охлаждения.

