

Снижение объёмов поверх- ностных сточных вод с площадок промышленных предприятий

Рецензия эксперта на статью получена
30.03.2020 [Expert review on the article
received on Mart 30, 2020].

Введение

Одним из основных требований благоустройства селитебных территорий является организованное удаление атмосферных осадков в виде поверхностных сточных вод (ПСВ). Их отличительными особенностями являются эпизодичность образования и значительные колебания расхода за время одного дождя, неравномерность расходов и концентраций, как в пределах одного дождя, так и в течение холодного и тёплого периодов года. В последние десятилетия наблюдаются климатические изменения, проявляющиеся в повышении среднегодовой температуры воздуха, увеличении количества и интенсивности выпадения атмосферных осадков. Анализ динамики многолетних метеорологических наблюдений свидетельствует об увеличении в полтора раза от нормы количества атмосферных осадков, выпавших в городах Республики Беларусь с повторяемостью один раз в три года. Всё чаще отмечаются случаи выпадения осадков большой интенсивности, когда за несколько суток выпадает порядка среднемесячной нормы осадков [1].

ПСВ с селитебных территорий представляют собой значительные объёмы загрязнённых вод, которые в большинстве случаев сбрасываются в дождевую канализацию без очистки и попадают в водные объекты со значительными (в десять раз и более) превышениями ПДК загрязняющих веществ (ЗВ) [2].

Концентрации загрязняющих веществ в составе ПСВ с площадок промышленных предприятий отличаются от стока с территории жилых районов города.

В своём формировании сток имеет более раннюю фазу образования, поскольку промышленные площадки относятся к антропогенно-преобразованным техногенным ландшафтам и характеризуются значительными площадями водонепроницаемых поверхностей (65–90 % от общей площади предприятий). Высокий процент застройки и асфальтированных площадей предопределяет высокий уровень поверхностного стока даже во время небольшого дождя. Снижение инфильтрационной способности земли приводит к уменьшению времени формирования стока и повышению его пика, увеличению объёма образующихся сточных вод.

ПСВ с селитебных территорий представляют собой значительные объёмы загрязнённых вод, которые в большинстве случаев сбрасываются в дождевую канализацию без очистки

Кроме того, в зимний период большая часть выпавшего снега на селитебных территориях собирается и вывозится за пределы города на снегосплавные пункты или на городские очистные сооружения, и не влияет на формирование поверхностного стока, поступающего в сети дождевой канализации. В то же время таяние снега на территориях промышленных предприятий приводит к увеличению объёмов ПСВ, отводимых с их площадок в городские сети дождевой канализации и увеличивает нагрузку на них [3].

УДК 628.29. Научная специальность: 05.23.04.

Снижение объёмов поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий

О. К. Новикова, к.т.н., доцент; **А. Б. Невзорова**, д.т.н., Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

В статье изучена возможность снижения объёмов поверхностных сточных вод (дождевых и талых ПСВ), отводимых с площадок производственного предприятия сельскохозяйственного машиностроения в сеть дождевой канализации, за счёт повторного использования в системах технического водоснабжения или устройств «зелёных кровель». Объём ПСВ, в зависимости от максимальной величины слоя осадков, определяется укрупнённо по рекомендациям НИИ «ВОДГЕО» или с применением теоретической зависимости, учитывающей динамику смываемых загрязнений и особенности площадки водосбора (рельеф местности, площадь водопроницаемых поверхностей, поглощающая способность почвогрунтов). Повторное использование ПСВ для систем технического водоснабжения позволит снизить расход чистой воды на технологические нужды на 48–57 %, уменьшить антропогенную нагрузку на сети городской канализации и водные объекты. Устройство «зелёных кровель» на крышах производственных зданий не только обеспечит уменьшение в 1,7–2 раза объёмов ПСВ, отводимых в сеть городской дождевой канализации, но и сократит нагрузку на них во время интенсивных осадков, снизит уровень вредных веществ в воздухе и затраты энергоресурсов на отопление и охлаждение помещений.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, дождевая канализация, максимальная величина слоя осадков, повторное использование сточных вод, «зелёные кровли».

UDC 628.29. The number of scientific specialty: 05.23.04.

Decrease in surface wastewater volumes from industrial facilities

O. K. Novikova, PhD, Associate Professor; **A. B. Nevzorova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Ecology and Energy Efficiency in the Technosphere, Belarusian State University of Transport (Gomel city, the Republic of Belarus)

The article examines the possibility of reducing the volume of surface wastewater (rain and meltwater SWW) that is diverted from the sites of an agricultural machinery manufacturing enterprise to the rain sewer network, due to re-use in technical water supply systems or "green roofs" devices. The volume of surface wastewater, depending on the maximum value of the precipitation layer, is determined in accordance with the recommendations of the "VODGEO" Science and Research Institute or using a theoretical dependence that takes into account the dynamics of flushed pollution and the characteristics of the catchment area (terrain, area of water-permeable surfaces, the absorption capacity of soils). Re-use of surface wastewater for technical water supply systems will reduce the consumption of clean water for technological needs by 48–57 %, and reduce the anthropogenic load on urban Sewerage networks and water bodies. The installation of "green roofs" on the roofs of industrial buildings will not only reduce by 1.7–2 times the volume of surface wastewater discharged to the urban rain sewer network, but also reduce the load on them during intense precipitation, reduce the level of harmful substances in the air and energy costs for heating and cooling of premises.

Key words: surface wastewater, rainwater drainage, the maximum value of the sediment layer, reuse of wastewater, "green roofs".

Цель работы — разработать рекомендации по повторному использованию поверхностных сточных вод с промышленных территорий в системах технического водоснабжения и оценить возможность устройства «зелёных кровель» на производственных корпусах (на примере одного из предприятий с/х машиностроения).

Результаты и их обсуждение

Первое направление. Повторное использование ПСВ в системах технического водоснабжения промышленных предприятий часто является экономически целесообразным, так как обеспечивает сокращение использования природной воды. Для этого требуется внедрение предварительной очистки, степень которой определяется требованиями к качеству технической воды для конкретного технологического процесса.

При проектировании очистных сооружений ПСВ с промышленных предприятий необходимо учитывать главную особенность этих вод: вероятностный характер выпадения атмосферных осадков, неравномерное распределение расходов и концентраций загрязняющих веществ во времени. Определение производительности очистных сооружений, исходя из максимальных расходов воды, связано с неоправданным удорожанием строительства, так как на полную мощность очистные сооружения будут работать крайне редко и в течение непродолжительного времени. В связи с этим целесообразным является применение регулирующих резервуаров в системах сбора и отведения ПСВ. При реконструкции системы отведения ПСВ с внедрением повторного использования очищенных дождевых и талых сточных вод рекомендуется применять очистные сооружения накопительного типа (рис. 1).

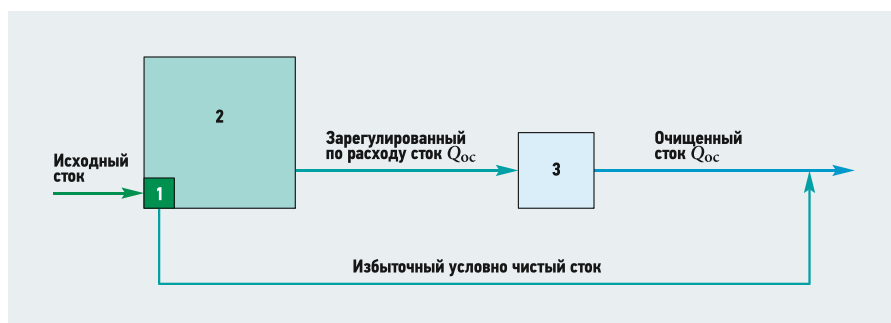


Рис. 1. Схема очистных сооружений накопительного типа [1 — разделительная камера; 2 — аккумулирующий резервуар; 3 — очистные сооружения (ОС); $Q_{ос}$ — проектная производительность ОС]

Регулирование расхода и усреднение состава подаваемых на очистку ПСВ производится в аккумулирующих резервуарах, принцип действия которых заключается в приёме и последующем отведении на очистные сооружения всего объёма ПСВ от часто повторяющихся малоинтенсивных дождей, а также наиболее концентрированной части сточных вод от высокоинтенсивных (ливневых) дождей.

При этом без очистки отводится условно чистая часть ПСВ, формирующихся в последней фазе высокоинтенсивных (ливневых) дождей. Разделение сточных вод на загрязнённую и условно чистую части производится в разделительной камере, выполняемой в виде гидрозатвора. Камера устраивается во входной части аккумулирующего резервуара или на самостоятельном трубопроводе перед ним.

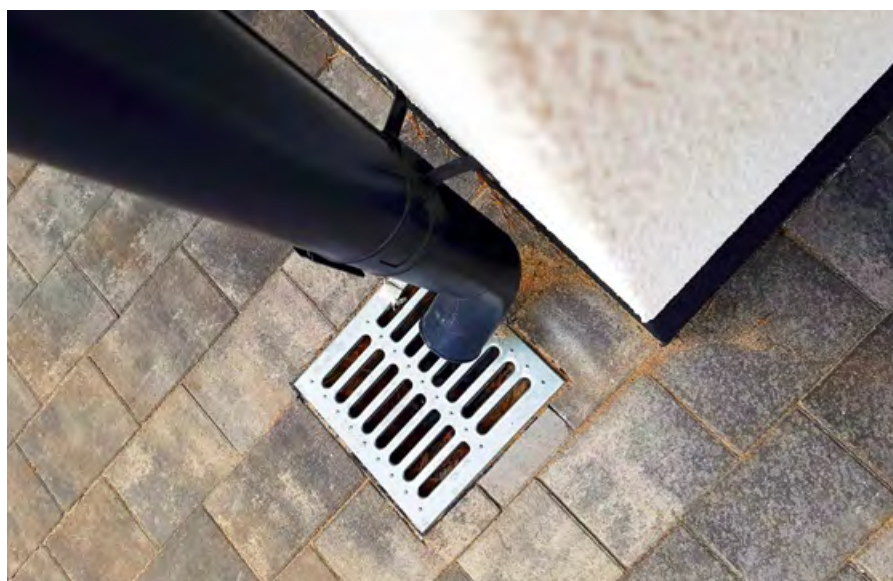


Фото: «Монолит-Хаус», monolit-house.ru



Методика расчёта величины максимального слоя осадков h_a за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объёме, разработана НИИ «ВОДГЕО» [5] и основана на построении зависимости суммарного (за год) принимаемого на очистные сооружения слоя дождевых (жидких) осадков [в %] от величины максимального суточного слоя дождя [мм], принимаемого на очистные сооружения в полном объёме. Величина h_a согласно [5] принимается равной суточному слою осадков от малоинтенсивных часто повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчётной интенсивности P от 0,05 до 0,1 года, что обеспечивает поступление на очистку не менее 70 % годового объёма ПСВ.

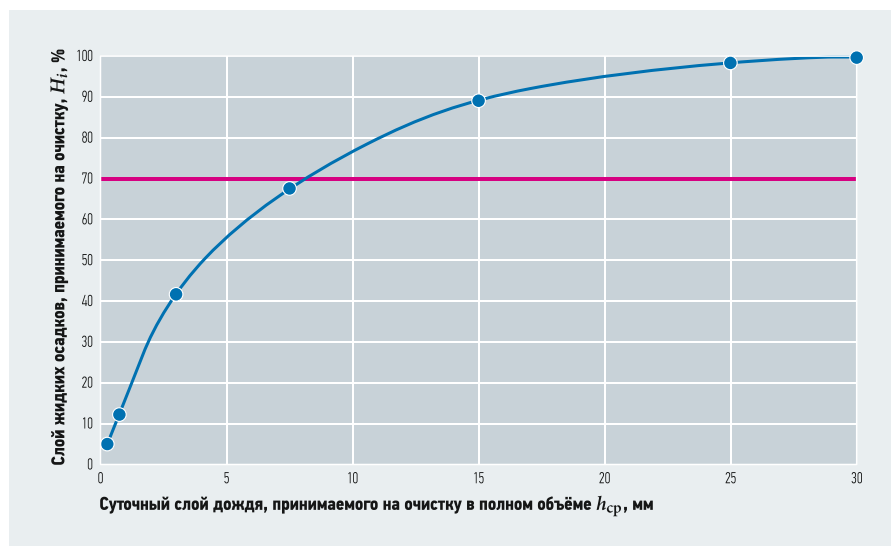


Рис. 2. Зависимость принимаемого на очистку суммарно за год слоя жидких осадков от максимального суточного слоя дождя, принимаемого на очистку в полном объёме (для г. Гомеля)

В качестве исходных данных для расчёта h_a используются статистически обработанные данные многолетних наблюдений метеостанций (не менее чем за 10–15 лет) за атмосферными осадками в конкретной местности или на ближайших репрезентативных метеостанциях. При отсутствии указанных данных рекомендуется применять статистически обработанные данные многолетних наблюдений, приведённые в научно-прикладном справочнике по климату [6].

В качестве примера для Гомеля приведён расчёт максимального слоя осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объёме (табл. 1, рис. 2). Исходные данные для расчёта приняты по справочнику по климату РБ [6].

Максимальный суточный слой осадков h_a , при котором обеспечивается приём на очистные сооружения 70% суммарного количества осадков, для Гомеля составляет 8 мм (рис. 2). Это означает, что очистке должны подвергаться:

- полный объём стока от всех дождей с суточным слоем осадков не более 8 мм;
- часть объёма стока от дождей с суточным слоем осадков более 8 мм.

Особенностями методики НИИ «ВОДГЕО» [5] является то, что величина суточного слоя осадков определяется только на основании статистических данных о количестве осадков за дождь из условия отведения на очистку не менее 70% годового объёма ПСВ, и не учитываются принципиальные отличия в формировании количества и качества дождевых и талых сточных вод с селитебной территории и различных площадок предприятий. В связи с этим результаты расчёта являются укрупнёнными значениями для всех площадок, располагаемых в рассматриваемом населённом пункте.

Планирование территорий промышленных предприятий основано на рацио-

Параметры определения искомой зависимости*

табл. 1

Суточный слой осадков, мм	Число дней с суточным слоем осадков	Средний суточный слой осадков	Число дней с суточным слоем осадков	Суммарный за тёплый период года слой дождевых осадков, принимаемый на очистные сооружения	
				H_i , мм	H_i , %
$\geq 0,1$	81,5	0,30	$81,5 - 70,1 = 11,4$	24,5	5,3
$\geq 0,5$	70,1	0,75	$70,1 - 59,7 = 10,4$	56,0	12,2
$\geq 1,0$	59,7	3,00	$59,7 - 26,8 = 32,9$	190,3	41,4
$\geq 5,0$	26,8	7,50	$26,8 - 13,3 = 13,5$	310,9	67,6
≥ 10	13,3	15,00	$13,3 - 4,2 = 9,1$	410,7	89,2
≥ 20	4,2	25,00	$4,2 - 1,0 = 2,7$	452,7	98,4
≥ 30	1,5	30,00	1,5	460,2	100,0

* Принимаемой на очистку части дождевых осадков от величины суточного слоя дождя.

нальном использовании имеющихся площадей. Значительная преобразованность ландшафтов территорий промышленных предприятий, большая часть которых занята производственными корпусами и асфальтированными проездами между ними, предопределяет большой удельный вес водонепроницаемых поверхностей в общей площади предприятия.

По этой причине для территорий промышленных предприятий величина критического слоя осадков h_a , как правило, ниже по сравнению с этой же величиной для городской территории. Для специфических условий конкретных предприятий разница в величине h_a может быть существенной, что обуславливает необходимость расчёта величины слоя осадков,

Значительная преобразованность ландшафтов территорий промышленных предприятий, большая часть которых занята производственными корпусами и асфальтированными проездами между ними, предопределяет большой удельный вес водонепроницаемых поверхностей в общей площади предприятия

сток от которых подвергается очистке, не укрупнённо по рекомендациям НИИ «ВОДГЕО» [5], а с учётом особенностей конкретной площадки водосбора.

Для более точного определения h_a , сток от которого должен подвергаться очистке в полном объёме, в расчётах рекомендуется учитывать динамику смываемых загрязнений (момент наступления второй фазы стока), особенности площадки водосбора (рельеф местности, площадь водопроницаемых поверхностей, поглощающую способность почвогрунтов), что позволяет уменьшить диаметры трубопроводов перед обводными коллекторами, понизить мощность насосных станций и очистных сооружений

и в то же время очистить наиболее загрязнённую часть ПСВ.

Для определения величины максимального слоя осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объёме, получена теоретическая зависимость, учитывающая динамику смываемых загрязнений и особенности данной площадки [4, 7]:

$$H = H_0 + \frac{-\ln(1-p)}{166,7 k_c \delta k_a},$$

где H_0 — слой осадков, расходуемых на начальные потери (смачивание почвы, аккумуляция воды в незащищённых искусственных и естественных водоёмах, воронках и других понижениях местности) [мм], зависящий от величины слоя осадков, расходуемого на начальные потери при формировании стока и относительной площади водопроницаемых поверхностей в общей площади водосбора; p — доля смываемых загрязнений, то есть безразмерная величина, численно равная отношению массы смываемых к массе накопленных на территории водосбора загрязнений; 166,7 — коэффициент перевода интенсивности, выраженной в л/(с·га), в мм/мин.; k_c — константа смыва [мм⁻¹], зависящая от уклона поверхности

водосбора (находится в пределах 0,003–0,008); δ — коэффициент, учитывающий аккумулирующую роль проницаемых почв, находится в интервале 0,25–1,0 [4]; f — относительная площадь водопроницаемых поверхностей в общей площади водосбора (в долях от единицы); k_a — коэффициент, характеризующий снижение количества осадков, аккумулирующихся в проницаемых почвах, учтённое при расчёте слоя осадков, расходуемых на начальные потери (численное значение коэффициента k_a может быть принято равным 2,0).

Применительно к площадкам предприятия сельскохозяйственного машино-



Фото: «Зялёны партал», greenbelarus.info

•• Первая в Республике Беларусь «зелёная кровля» теплицы Марьиногорской гимназии

•• Значения критического слоя осадков*

Наименование	ОАО «ГЗЛиН»		Филиал ОАО «Гомсельмаш» ГЗСК		ОАО «Гомсельмаш»	ОАО «Лидмаш»
	площ. 1	площ. 2	площ. 1	площ. 2		
$F_{\text{водопр}} / F_{\text{общ}}, \%$	26	40	28	42	32	34
Критический слой осадков H , мм	3,9	4,9	5,2	5,4	4,5	4,7

* Позволяющего смыть 80 % накопленных загрязнений с территорий площадок предприятий сельскохозяйственного машиностроения.

•• Оценка стабильности поверхностных сточных вод

Предприятие / температура, °C	30	35	40
ОАО «ГЗЛиН» (площ. 1)	–0,54	–0,43	–0,34
ОАО «ГЗЛиН» (площ. 2)	–0,42	–0,32	–0,28
Филиал ОАО «Гомсельмаш» ГЗСК (площ. 1)	–0,48	–0,39	–0,32
Филиал ОАО «Гомсельмаш» ГЗСК (площ. 2)	–0,35	–0,28	–0,12
ОАО «Гомсельмаш»	–0,71	–0,62	–0,51

строения, на базе которых проводились исследования, определены значения критического слоя осадков, позволяющего смыть 80 % накопленных загрязнений (табл. 2). Корректность полученных расчётных значений подтверждена экспериментальными исследованиями дождевых сточных вод [7].

Оценка стабильности и коррозионной активности ПСВ с площадок различных предприятий сельскохозяйственного машиностроения дана по индексу Ланжелье (табл. 3). Установлено, что в статических условиях при температурах от 20 до 40 °C коррозионная агрессивность ПСВ ниже, чем природной воды, но перед использованием в оборотных системах ПСВ рекомендуется обрабатывать ингибиторами для предотвращения карбонатных отложений и коррозии оборудования.

Оценка качественных характеристик дождевых и талых сточных вод с территорий площадок данной отрасли [8] позволяет сделать вывод, что ПСВ по солевому составу соответствуют требованиям, предъявляемым к добавочной воде, и могут быть использованы после отстаивания и последующего фильтрования для подпитки оборотных систем водоснаб-

жения. По величине карбонатной жёсткости ПСВ совпадают с умягчённой известково-содовым методом водой.

По ориентировочным расчётам на основании анализа данных водохозяйственных балансов предприятий сельскохозяйственного машиностроения и определения объёмов ПСВ, поступающих в сети дождевой канализации с их территории, установлено, что использование ПСВ для подпитки оборотных систем водоснабжения позволит снизить расход воды на технологические нужды до 48–57 % [4].

Таким образом, повторное использование ПСВ обладает экологическими, а в ряде случаев и экономическими преимуществами, но требует дополнительных площадей для размещения очистных сооружений.

ПСВ по солевому составу соответствуют требованиям, предъявляемым к добавочной воде, и могут быть использованы после отстаивания и последующего фильтрования для подпитки оборотных систем водоснабжения

табл. 2

Вторым направлением в решении вопроса снижения объёмов поверхностных сточных вод, поступающих с площадок промышленных предприятий в сети городской канализации, а также улучшения экологической ситуации в промышленной зоне является устройство «зелёных кровель» на производственных корпусах крупных промышленных предприятий.

По результатам исследований слоя осадков, выпадающих на рулонную и «зелёную кровлю» [9], установлено, что более чем половина осадков остаётся в «зелёной кровле», сток значительно замедляется и смягчается. Также устройство «зелёных кровель» обеспечивает ряд социальных, экономических и экологических преимуществ, например: продление срока службы кровельной мембраны; дополнительную звукоизоляцию; повышение энергосбережения здания (благодаря его охлаждению в жаркое время года и его утеплению в зимний период).

Растительность «зелёной кровли» нейтрализует значительное количество пыли и вредных выбросов (за один год 1000 м² экстенсивной «зелёной кровли» абсорбирует 8 кг пыли, а воздух на кровле намного чище и содержит на 37 % меньше диоксида серы и на 21 % меньше углекислого газа) [10].

При устройстве современных «зелёных кровель» могут использоваться два способа озеленения: интенсивный и экстенсивный. При интенсивном типе озеленения используется слой почвы, богатой органическими соединениями, толщиной 20–80 см (изредка до 1 м), позволяющий высадить неограниченное разнообразие растений и деревьев, что в процессе эксплуатации требует ухода за кровлей, как за полноценным садом.

При устройстве данного типа кровель конструкция здания должна выдерживать нагрузку 150–750 кг/м² в зависимости от выбранного вида озеленения [11].

Фото: «ЦинКо РУС», zinco.ru



Экстенсивный метод отличается применением лёгкого неорганического субстрата толщиной 5–15 см и растений (обычно травы), не требующих ухода и переносящих недостаток воды. Данный тип озеленения создаёт нагрузку на конструкцию кровли 75–150 кг/м² [11].

Для озеленения больших по площади кровель (промышленных и складских помещений) целесообразным является применение экстенсивного метода озеленения, поскольку он дешевле, а кровля не требует особого ухода и дополнительно усиления ограждающих конструкций здания.

Применительно к двум промплощадкам одного из предприятий сельскохозяйственного машиностроения Беларуси выполнены расчёты по прогнозу снижения объёмов ПСВ, отводимых в сети дождевой канализации при устройстве «зелёных кровель» (табл. 4) [12]. Площадки предприятий сельскохозяйственного машиностроения имеют отличия от общих закономерностей в формировании количественных характеристик ПСВ в плане различных долей водопроницаемых поверхностей в общей площади водосбора (для площадок основного производства, в сравнении с площадками вспомогательных

производств, характерна большая наполненность производственными корпусами и административными зданиями).

Заключение

1. Повторное использование ПСВ для систем технического водоснабжения предприятий позволяет решить задачи оптимизации: во-первых, снижения антропогенной нагрузки от сокращения сброса дождевых и талых сточных вод в сети городской канализации или водные объекты, и, во-вторых, экономии водных ресурсов на промышленных предприятиях. Одновременно с этим необходимо внедрение предварительной очистки ПСВ, степень которой определяется требованиями к качеству технической воды в зависимости от её назначения и особенностей технологического процесса.

2. При реконструкции системы отведения ПСВ с внедрением повторного использования очищенных дождевых и талых сточных вод рекомендуется подвергать очистке весь объём талых сточных вод и наиболее загрязнённую часть дождевых. Она определяется в зависимости от максимальной величины слоя осадков, сток от которого подвергается очистке в полном объёме.

Эта величина может определяться укрупнённо по рекомендациям НИИ «Водгео» или теоретической зависимости, учитывающей динамику смываемых загрязнений и особенности площадки водосбора (рельеф местности, площадь водопроницаемых поверхностей, поглощающую способность почвогрунтов).

3. Использование поверхностных сточных вод для подпитки оборотных систем водоснабжения на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения позволит снизить расход воды на технологические нужды до 48–57%.

4. Устройство «зелёных кровель» на производственных корпусах промышленных предприятий обеспечит снижение объёмов ПСВ, отводимых в сети городской дождевой канализации, в 1,7–2 раза. При этом происходит уменьшение нагрузки на кровлю во время интенсивных осадков, с одновременным снижением уровня вредных веществ в воздухе, и затрат энергоресурсов на отопление и охлаждения помещений, наряду с увеличением долговечности кровли. ●

1. Логинов В.Ф. Климатические условия Беларуси за период инструментальных наблюдений // Наука и инновации, 2016. №163. С. 25–29.
2. Пупырев Е.И. Комплексные решения в системах ливневой канализации // Вестник МГСУ, 2018. №5. С. 651–659.
3. Варюшина Г.П. Защита водных объектов от техногенных загрязнений при отведении поверхностных сточных вод с территорий городов и поселений // Журнал СОК, 2019. №10. С. 17–21.
4. Новикова О.К. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: монография. — Гомель: БелГУТ, 2019. 183 с.
5. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. — М.: НИИ «Водгео», 2014. 88 с.
6. Справочник по климату Беларуси. Ч. 2: Осадки. — Минск: Белгидромет, 2017. 73 с.
7. Колобаев А.Н., Новикова О.К. Учёт особенностей формирования качества поверхностного стока с территорий предприятий сельскохозяйственного машиностроения при строительстве и эксплуатации очистных сооружений // Вестник БНТУ, 2009. №5. С. 12–17.
8. Новикова О.К., Невзорова А.Б. Особенности формирования качественного состава поверхностных сточных вод с площадок предприятий сельскохозяйственного машиностроения / Современные проблемы водоснабжения и водоотведения: Мат. междунауч.-практ. конф., приуроч. к 130-летию кафедры водопользования и экологии СПбГАСУ. — СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 42–45.
9. Erik van Lennep. Green Roofs Over Dublin. A Green Roof policy guidance paper for Dublin. Tepui, Dublin. 2008. Рр. 5–6.
10. Townshend D. Study on green roof application in Hong Kong. Urbis Ltd. Hong Kong. 2007.
11. Экстенсивное озеленение. Устройство «зелёной кровли» [Электр. текст]. Bauder GmbH; ОАО «Плато-плюс». Режим доступа: docplayer.ru. Дата обращения: 28.07.2019.
12. Новикова О.К. Снижение объёмов поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий путем устройства «зелёных кровель» // Экологический вестник Северного Кавказа, 2019. Т. 15. №3. С. 70–73.

References — see page 62.

●● Объёмы ПСВ с площадок предприятия сельскохозяйственного машиностроения

табл. 4

Наименование / площадка производств	Основного	Вспомогательных
Площади общая / водопроницаемых поверхностей, га	61,43 / 16	72,29 / 28,9
Существующие условия		
Коэффициенты стока дождевых / талых вод	0,63 / 0,5	0,54 / 0,5
Объёмы поверхностных сточных вод за тёплый / холодный периоды, м ³	168,92 / 59,59	170,24 / 70,12
Годовой объём поверхностных сточных вод, м ³	228,51	240,37
При устройстве «зелёных кровель»		
Коэффициенты стока дождевых / талых вод	0,22 / 0,5	0,21 / 0,5
Объёмы поверхностных сточных вод за тёплый / холодный периоды, м ³	59,98 / 59,59	66,20 / 70,12
Годовой объём поверхностных сточных вод, м ³	119,57	136,32
Уменьшение годового количества поверхностных сточных вод, отводимых в сети городской дождевой канализации, %	47,7	43,3

Decrease in surface wastewater volumes from industrial facilities. Pp. 14–19.

Olga K. Novikova, PhD, Associate Professor; **Alla B. Nevzorova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Ecology and Energy Efficiency in the Technosphere, Belarusian State University of Transport (Gomel city, the Republic of Belarus)

1. V.F. Loginov. *Klimaticheskie usloviya Belarusi za period instrumental'nyh nabljudenij* [The climatic conditions of Belarus for the period of instrumental observations]. *Nauka i innovacii* ["Science and innovations" Magazine]. 2016. No. 163. Pp. 25–29.
2. E.I. Pupyrev. *Kompleksnye resheniya v sistemah livnevoj kanalizacii* [Integrated solutions in storm sewer systems]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of Moscow State University of Civil Engineering]. 2018. No. 5. Pp. 651–659.
3. G.P. Varjushina. *Zashchita vodnykh ob'ektov ot tekhnologicheskogo zagryazneniya pri otvedenii poverkhnostnykh stoknykh vod s territorij gorodov i poselenij* [Protection of water bodies from industrial pollution during the removal of surface wastewater from the territories of cities and settlements]. *Zhurnal Santehnika, otopenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 10. Pp. 17–21.
4. O.K. Novikova. *Otvedenie i oshchistka poverkhnostnykh stoknykh vod: monografiya* [Diversion and treatment of surface wastewater: A monograph]. Gomel'. *BelGUT* [Belarusian State University of Transport]. 2019. 183 p.
5. *Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i oshchistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territorij, ploshchadok predpriyatij i opredeleniju uslovij vypuska ego v vodnye ob'ekty* [Recommendations on the calculation of systems for collecting, discharging and treating surface runoff from residential areas, enterprise sites and determining the conditions for its release into water bodies]. Moscow. *NII "VODGEO"* [Vodgeo Scientific Research Institute]. 2014. 88 p.
6. *Spravochnik po klimatu Belarusi. Ch. 2: Osadki* [Handbook on the climate of Belarus. Part 2: Precipitation]. Minsk. *Belgidromet* ["Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring" State Institution]. 2017. 73 p.
7. A.N. Kolobaev, O.K. Novikova. *Uchet osobennostej formirovaniya kachestva poverkhnostnogo stoka s territorij predpriyatij sel'skohozjajstvennogo mashinostroeniya pri stroitel'stve i jekspluatatsii oshchistnykh sooruzhenij* [Consideration of the features of the formation of the quality of surface runoff from the territories of agricultural engineering enterprises during the construction and operation of treatment facilities]. *Vestnik BNTU* [Bulletin of Belarusian National Technical University]. 2009. No. 5. Pp. 12–17.
8. O.K. Novikova, A.B. Nevzorova. *Osobennosti formirovaniya kachestvennogo sostava poverkhnostnykh stoknykh vod s ploshchadok predpriyatij sel'skohozjajstvennogo mashinostroeniya* [Features of the formation of the qualitative composition of surface wastewater from the sites of agricultural engineering enterprises]. *Sovremennye problemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya: Mat. mezhd. nauch.-prakt. konf., priuroch. k 130-letiju kafedry vodopol'zovaniya i jekologii SPbGASU* [Modern problems of water supply and sanitation: Proc. of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 130th anniversary of the Department of Water Use and Ecology of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. St. Petersburg. *SPbGASU* [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. 2018. Pp. 42–45.
9. Erik van Lennep. *Green Roofs Over Dublin. A Green Roof policy guidance paper for Dublin*. Tepui, Dublin. 2008. Pp. 5–6.
10. D. Townshend. *Study on green roof application in Hong Kong*. Urbis Ltd. Hong Kong. 2007.
11. *Jekstensivnoe ozelenenie. Ustrojstvo zelenoj krovli* [Extensive landscaping. The device of the "green roof"]. Bauder GmbH; ООО "Plato-plus" ["Plato-plus", LLC]. Web-source: docplayer.ru. Access data: July 28, 2019.
12. Novikova O.K. *Snizhenie ob'jmov poverkhnostnykh stoknykh vod s ploshchadok promyshlennykh predpriyatij putem ustrojstva "zeljonykh krovel"* [Reducing the volume of surface wastewater from industrial sites by installing green roofs]. *Jekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza* [Ecological Bulletin of the North Caucasus]. 2019. Vol. 15. No. 3. Pp. 70–73.