

ОТВЕДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИИ КОТЕЛЬНЫХ

SURFACE RUNOFF DISPOSAL FROM THE TERRITORY OF BOILER HOUSES

Рассматриваются особенности формирования поверхностного (дождевого и талого) стока, отводимого с территорий предприятий топливно-энергетического комплекса. Представлены данные натурных исследований загрязненности дождевого и талого стока с территории котельных, работающих на газовом топливе и расположенных в различных районах Санкт-Петербурга. Рассмотрены требования, предъявляемые к качеству воды, используемой в системах оборотного водоснабжения котельных. На основании данных проведенных исследований была предложена рациональная схема отведения поверхностного стока, учитывающая возможность использования очищенных сточных вод в системах технического (оборотного) водоснабжения котельных. Предлагаемая схема отведения поверхностного стока позволит сократить объемы сброса сточных вод в коммунальные системы водоотведения, снизить объемы потребления воды питьевого качества из систем коммунального водоснабжения, сократить затраты и оптимизировать схему технического водоснабжения предприятия.

Ключевые слова: схема водоотведения, состав поверхностных сточных вод, использование поверхностных сточных вод.

The article discusses the features of the formation of surface runoff (rainfall runoff and melt water runoff) disposed from the territories of enterprises of the fuel and energy complex. There are presented some data of natural studies of pollution of rainfall and melt water runoff from the territory of boiler houses operating on gas fuel and located in various districts of St. Petersburg. The requirements for the quality of water used in circulating water supply systems of boiler houses are considered. Based on the data of the conducted research, there is proposed a rational scheme for surface runoff disposal, taking into account the possibility of using treated wastewater in the technical (circulating) water supply systems of boiler houses. The proposed scheme for surface runoff disposal will allow reducing the amount of wastewater discharged into public sewerage systems, cutting the consumption of drinking-quality water from public water supply systems, reducing costs and optimizing the industrial water supply scheme of the enterprise.

Keywords: wastewater disposal scheme, composition of surface runoff water, use of surface wastewater.

Введение

На сегодняшний день потребление воды промышленностью составляет около половины от всего годового объема воды, забираемого из различных источников водоснабжения. Немалую долю среди крупных промышленных потребителей воды занимают предприятия топливно-энергетического комплекса.

В настоящее время на многих предприятиях топливной энергетики количество сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, достигает 10–14 % от количества воды, поступающей на предприятие [1].

Одним из приоритетных направлений, отмеченным в Стратегии экологической безопасности

Российской Федерации на период до 2025 года¹, является эффективное использование природных ресурсов, а также снижение сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Одним из наиболее эффективных мероприятий, направленных на снижение потребления воды, забираемой из централизованных систем водоснабжения, является использование очищенного поверхностного стока в системах водоснабжения промышленных объектов [2]. Такое решение позволит сократить не только потребление воды из систем водоснабжения, но и сброс сточных вод, что приведет к снижению негативного воздействия на окружающую природную среду в целом [3].

Методы

Как правило, территории промышленных объектов, к которым относятся и предприятия топливно-энергетического комплекса, канализованы по полной раздельной системе водоотведения, которая предусматривает устройство как минимум трех самостоятельных водоотводящих сетей.

Сети дождевой (ливневой) канализации служат для сбора и отведения поверхностного стока, к которому, как правило, относят:

- дождевые воды, образующиеся в результате выпадения жидких осадков на площадь водосбора в теплый период года;
- талые воды, формирующиеся в основном за счет таяния осадков, накопленных в твердом виде на поверхности территорий за холодный период года;
- поливочные воды, образующиеся в результате мойки (влажной уборки) дорог с асфальтобетонным покрытием, тротуаров, дорожных знаков, указателей ограждений и т.п.

В большинстве случаев к системе дождевой канализации подключают дренажи различных уровней с постоянным или периодическим поступлением в них грунтовых вод [4].

Показатели количественного и качественного состава поверхностного стока, отводимого с территорий предприятий топливно-энергетического комплекса, могут быть весьма разнообразны. Разнообразие во многом обуслов-

лено состоянием площадей бассейна водосбора, интенсивностью транспортной нагрузки, технологическими особенностями производства, продолжительностью междождевого периода и многими другими факторами, учитывающими специфику формирования стока [5, 6].

Исследования качественных показателей поверхностного стока проводились на территориях пяти районных и квартальных котельных (КУ-1– КУ-5). Эксплуатационные участки трех котельных (КУ-2, КУ-3, КУ-4) расположены непосредственно в пятне застройки г. Санкт-Петербурга.

Для выявления влияния состояния площади водосбора на качественные показатели состава поверхностного стока на трех объектах было проведено обследование площадей, на которых образуется сток.

На территории КУ-2 площадь водосбора составляет 27 758 м², из них кровли и асфальтовые покрытия составляют 79,24 %, гравийные покрытия — менее 0,1 %, газоны — 20,62 %. Поверхностный сток после локальной очистки отводится в городской коллектор ливневой канализации.

Площадь водосбора КУ-3 составляет 9691 м², из них кровли и асфальтовые покрытия составляют 6,48 %, гравийные покрытия — 7,16 %, газоны — 86,35 %. Поверхностный сток после локальной очистки отводится в городской коллектор ливневой канализации.

Площадь водосбора КУ-4 составляет 23 672 м², из них кровли и асфальтовые покрытия составляют 19,48 %, гравийные покрытия — 15,16 %, газоны — 65,35 %. Поверхностный сток после предварительной очистки на локальных очистных сооружениях отводится в водоем.

Отбор исходных проб поверхностных стоков в теплый период года осуществляется непосредственно у дождеприемников, расположенных на территории котельных, а отбор проб талого стока — из колодца на входе потока в отстойные сооружения системы локальной очистки.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований показали достаточно широкий диапазон изменения концентраций загрязняющих веществ как в дождевом, так и в талом стоке со всех обследуемых площадей водосбора. Обобщенные данные по

¹ Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года №176.

изменению концентраций для основных показателей качественного состава стока, отводимого с территории пяти котельных с различными условиями формирования стока, представлены в табл. 1.

Для возможности оценки необходимой степени очистки дождевого и талого стока при сбросе их в централизованные системы водоотведения города в столбцах 5 и 6 табл. 1 представлены данные по предельным концентрациям загрязняющих веществ, допустимых к сбросу в соответствующие системы водоотведения².

Анализируя данные, представленные в табл. 1, можно сделать вывод, что дождевой и талый сток, формирующийся на территории котельных, имеет относительно невысокие концентрации загрязнений и его показатели близки к показателям загрязненности поверхностного стока селитебных территорий города, за исключением более высоких значений величины рН талого стока. Также следует отметить, что содержание взвешенных веществ и величины ХПК более низкое, чем это зафиксировано в поверхностном стоке с различных территорий водосбора г. Санкт-Петербурга и прилегающих к нему жилых районов [6, 8]. Такое положение может быть объяснено небольшим количеством обслуживающего персонала и фактически отсутстви-

² Комитет по энергетике и инженерному обеспечению Правительства СПб. Распоряжение от 08 ноября 2012 г. № 148 «Об установлении нормативов водоотведения по составу сточных вод в централизованные системы водоотведения Санкт-Петербурга» (с изменениями на 6 сентября 2016 года).

ем транспортной нагрузки. В то же время сток содержит ряд специфических загрязнений, чаще всего ионы тяжелых металлов (цинка, меди, железа и др.). Специфика загрязнений в основном объясняется возможностью поступления в дождевую сеть части технологической воды предприятия.

Вместе с тем, при сбросе данной категории стоков в коммунальные системы водоотведения необходимо предусматривать их локальную очистку по большинству показателей из представленных в табл. 1. Кроме того, очистка стоков до требуемых показателей может вызвать необходимость применения реагентов [6, 9, 10], что неизбежно приведет к усложнению схемы и общему увеличению стоимости очистки сточных вод.

Возможность использования очищенного дождевого и талого стока в системах оборотного водоснабжения котельных (охлаждение подшипников вентиляторов, дымососов, сетевых и питательных насосов, точек отбора проб и др.) обусловлена соблюдением специфических требований к химическим и санитарно-гигиеническим показателям состава используемой воды [7]. Эти требования, как правило, формируются на основе эмпирических данных с учетом типа используемого оборудования и условий его эксплуатации.

В табл. 2 представлены требования к качеству воды, используемой в системах охлаждения технологического и вспомогательного оборудова-

Таблица 1

Состав стока, отводимого с территории котельных

№ п/п	Показатели состава сточных вод	Концентрация загрязняющих веществ, г/м ³ .			
		Талый сток	Дождевой сток	ПДК, Общесплавная канализация СПб	ПДК, Дождевая канализация СПб
1	2	3	4	5	6
1	рН	7,1–8,5	6,9–8,2	6,0–9,0	6,0–8,5
2	Взвешенные вещества, г/м ³	32–50	50–215	300	5,25–10,75
3	Нефтепродукты, г/м ³	1,4–4,8	0,6–7,1	3,30	0,05
4	ХПК, г О ₂ /м ³	45–60	50–80	700	30,0
5	Сухой остаток, г/м ³	150–340	120–385		1000,00
6	Хлориды, г/м ³	167–230	33–60	1000	300,00
7	Сульфаты, г/м ³	80–110	25–90	1000	500,00
8	Железо общее, г/м ³	0,7–1,1	0,8–5,2	2,80	
9	Медь, г/м ³	0,12–0,15	0,1–0,15	0,16	0,001
10	Цинк, г/м ³	0,1–0,18	0,01–0,76	0,38	0,01

Таблица 2

**Требования к качеству воды, используемой в системах охлаждения
и подпитки**

№ п/п	Показатели состава воды	Вода оборотных систем	Вода для подпитки
1	рН	6,5–8,5	6,5–8,5
2	Жесткость общая, ммоль/л	До 7	До 2
3	Жесткость карбонатная, ммоль/л	До 3	0,5–0,8
4	Щелочность, ммоль/л	2–4	0,5–1,0
5	Общее солесодержание, мг/л	800–1200	150–250
6	ХПК, мг O ₂ /л	До 70	15–30
7	Взвешенные вещества, мг/л	10–20	2–4
8	Масла и смолообразующие вещества, мг/л	Отсутствует	Отсутствует
9	Хлориды, мг/л	150–300	30–70
10	Сульфаты, мг/л	350–500	70–120
11	Фосфаты (в пересчете на P ₂ O ₅), мг/л	До 5	До 1
12	Азот (общий.), мг/л	До 150	До 30–35
13	ПАВ, мг/л	Отсутствует	Отсутствует
14	Ионы тяжелых металлов, мг/л	Расчет	Расчет

ния, а также воды, используемой для подпитки систем охлаждения оборудования котельных.

Данные требования разработаны Уральским теплотехническим научно-исследовательским институтом (УралВТИ) и во многих случаях являются базовыми для большинства промышленных объектов в нашей стране.

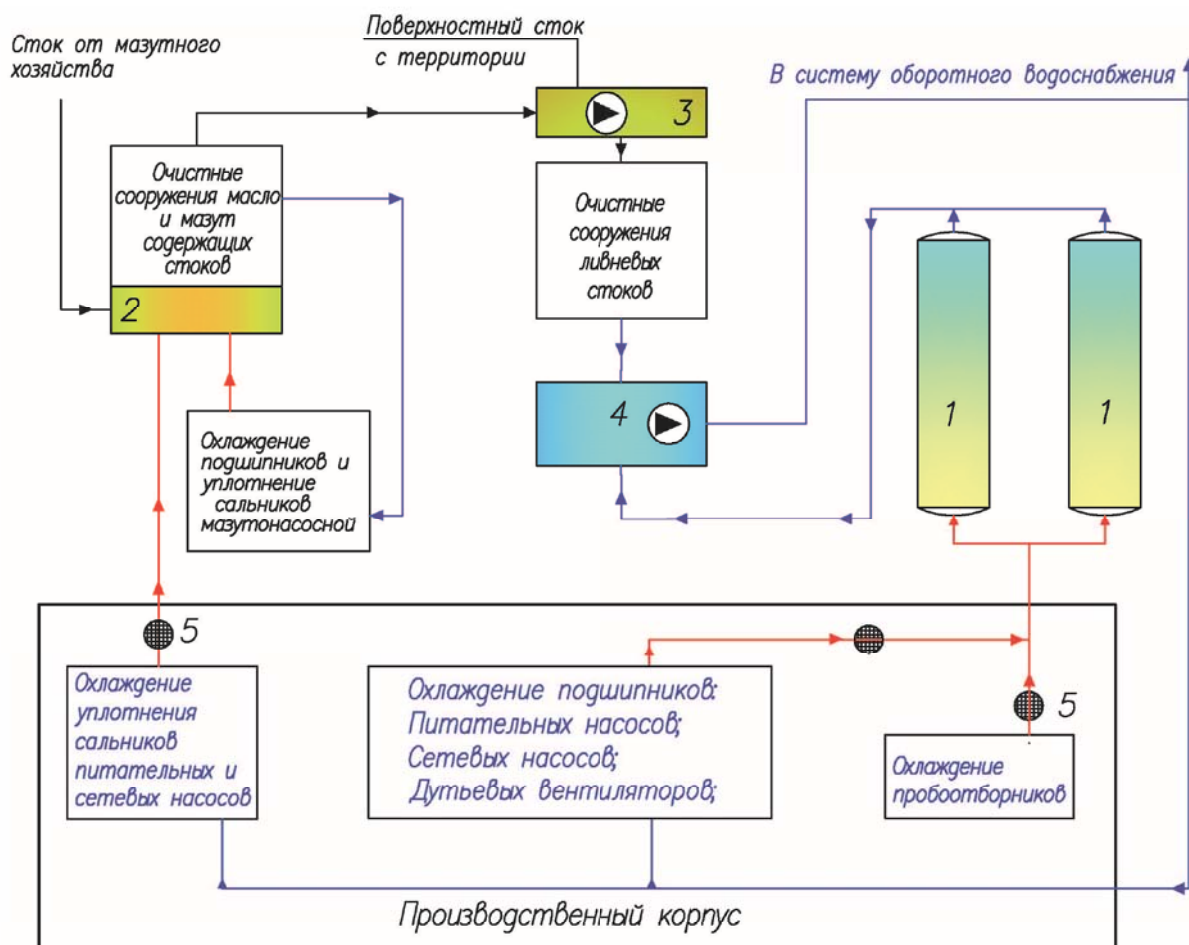
Анализ данных, представленных в табл. 2, показывает, что в качестве добавочной воды для систем охлаждения оборудования котельных могут быть использованы слабоминерализованные пресные и мягкие воды. Помимо представленных в табл. 2 показателей, необходимо учитывать, что вода, используемая в оборотных системах для охлаждения технологического оборудования, не должна вызывать коррозию металлов со скоростью более 0,09 г/(м²ч), формирование карбонатных отложений со скоростью более 0,3 г/(м²ч), а также не должна способствовать биологическому обрастанию трубопроводов и оборудования со скоростью нарастания биоплёнки не более 0,05 мм/мес.

Совместный анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что требования к качеству очистки сточных вод, обеспечивающие возможность сброса их в централизованные системы дождевой канализации, и требования к качеству технической

воды оборотных систем котельных схожи по многим показателям.

На основании данных проведенных исследований была разработана схема отведения поверхностных (дождевых и талых) сточных вод, формирующихся на территории предприятий топливно-энергетического комплекса (см. рисунок). Предлагаемая схема позволяет использовать очищенный сток в качестве технической (добавочной) воды в системах оборотного водоснабжения большинства котельных города.

Поверхностные сточные воды, собираемые с территории котельной, по самотечной сети дождевой канализации предприятия поступают в приемно-регулирующий резервуар 3, где происходит их накопление и усреднение. Из приемно-регулирующего резервуара сточные воды при помощи насосов подаются на систему локальной очистки поверхностного стока (ЛОС), после чего очищенный сток поступает в регулирующий резервуар 4. Первоначальное заполнение системы оборотного водоснабжения котельной предполагается производить поверхностными сточными водами, прошедшими очистку на локальных очистных сооружениях (ЛОС). Заполнение системы происходит из трубопровода подачи очищенной воды посредством насосов, расположенных в резервуаре очищенных сточных вод 4.



Структурная схема системы оборотного водоснабжения с использованием поверхностного стока:
 1 — емкости для охлаждения оборотной воды; 2 — приемно-регулирующий резервуар сооружений очистки замасленного стока; 3 — приемно-регулирующий резервуар сооружений локальной очистки поверхностного стока; 4 — регулирующий резервуар очищенного поверхностного стока; 5 — сетчатый фильтр-грязевик

Проходя через сетчатый фильтр-грязевик 5, вода подается в систему охлаждения оборудования котельной.

Обратная вода после охлаждения подшипников дымососов, сетевых и питательных насосов, вентиляторов и другого оборудования подается на сетчатый фильтр, выполненный из коррозионностойкой стали; далее под остаточным напором; вода поступает в подземные резервуары охладители 1. После частичного охлаждения обратная вода смешивается с очищенным поверхностным стоком в резервуаре очищенных сточных вод и поступает в насосную станцию подачи циркуляционной воды. Избыток воды, образующийся после использования в оборотной системе, может быть использован на нужды предприятия (полив и мойка дорожных покрытий и тротуаров, полив

зеленых насаждений на территории предприятия, мойка автотранспорта).

Выводы

В ходе проведения исследований выявлено, что количественный и качественный состав дождевого и талого стока, формирующегося на территориях предприятий топливно-энергетического комплекса, может быть весьма разнообразен. Разнообразие качественного состава обусловлено прежде всего состоянием и составом площадей бассейна водосбора, интенсивностью транспортной нагрузки, технологичностью производственных процессов, продолжительностью междождевого периода и рядом других факторов.

Полученные данные по составу дождевого и талого стока, отводимого с территорий котель-

ных, показывают, что сток имеет относительно невысокие концентрации загрязнений и его показатели близки к показателям качества поверхностного стока селитебных территорий города. В то же время поверхностный сток содержит ряд специфических загрязнений, что обусловлено поступлением в дождевую сеть части технологических и дренажных вод предприятия.

На основании результатов выполненных исследований предложена схема отведения поверхностного стока с территории предприятий топливно-энергетического комплекса, позволяющая сократить объемы сброса сточных вод в коммунальные системы водоотведения, снизить объемы потребления воды питьевого качества из систем коммунального водоснабжения, сократить затраты и оптимизировать схему технического (оборотного) водоснабжения предприятия, исключив использование оборудования для охлаждения оборотной воды.

Библиографический список

1. Имешкенов А.В., Судникович В.Г. Анализ формирования сточных вод в системах водоотведения тепловой электрической станции // Молодежный вестник ИрГТУ. Химия и металлургия. 2011. № 4. С. 5–8.
2. Верхотуров В.П. Использование дождевого и талого стока на предприятиях ТЭК // Современные проблемы инженерной экологии и городского хозяйства: сборник статей обучающихся факультета инженерной экологии и городского хозяйства. СПбГАСУ. Вып. 1. СПб., 2020. С. 161–165.
3. Судникович В.Г., Кудрявцев А.С. Варианты отвода поверхностного стока с промышленной площадки // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. № 2(3). С. 119–123.
4. Алексеев М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М.: АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. 352 с.
5. Алексеев М. И., Верхотуров В.П., Ильина О.М. Оценка загрязненности дождевого стока и выбор рациональных технологий его очистки // Известия вузов. Строительство. 2003. № 8.
6. Быков А.П., Верхотуров В.П., Ильина О.М. Особенности формирования состава и возможности очистки поверхностного стока с территорий котельных // Реконструкция Санкт-Петербурга-2005: материалы 3-го междунар. симпоз. 16–20 мая 1994 г. Ч. 4. СПб.: СПбГАСУ, 1995. С. 170–172.
7. СТО 70238424.27.100.013-2009. Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования. Введ. 2009-02-23. М., 2009. 86 с.
8. Феофанов Ю. А., Мишуков Б. Г. Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // Вода и экология. 2017. № 3. С. 49–66.
9. Быков А. П., Верхотуров В. П., Ильина О. М. Схемы очистки поверхностных стоков с территорий котельных // Тезисы докладов 53 науч. конф. СПбГАСУ. СПб.: СПбГАСУ, 1996. С. 93–94.
10. Совершенствование работы существующих систем водоотведения поверхностного стока с территории котельных. Отчет по НИР №1008/42-ПР. СПб.: СПбГАСУ, 1996. 45 с.

References

1. Imeshkenov A.V., Sudnikovich V.G. *Analiz formirovaniya stochnykh vod v sistemakh vodootvedeniya teplovoiy elektricheskoy stantsii* [Analysis of wastewater formation in wastewater disposal systems of a thermal power plant]. *Molodezhniy vestnik IrGTU. Khimiya i metallurgiya – Youth Bulletin of the IrGTU. Chemistry and metallurgy*, 2011, no. 4, pp. 5–8.
2. Verkhoturou V. P. *Ispol'zovanie dozhdevogo i talogo stoka na predpriyatiyakh TEK* [Utilization of rainwater and meltwater at the enterprises of the fuel and energy complex]. *Sbornik statey obuchayushchikhsya fakul'teta inzhenernoy ekologii i gorodskogo khozyaystva «Sovremennyye problemy inzhenernoy ekologii i gorodskogo khozyaystva»* [In: Coll. of articles by the students of the Faculty of Ecological Engineering and Urban Economy "Modern Problems of Ecological Engineering and Urban Economy"]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2020, pp. 161–165.
3. Sudnikovich V. G., Kudryavtsev A. S. *Varianty otvoda poverkhnostnogo stoka s promyshlennoy ploshchadki* [Variants of diversion of surface runoff from the industrial site]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' – News of Higher Schools. Investigations. Construction. Real Estate*, 2013, no. 2(3), pp. 119–123.
4. Alekseev M. I. *Organizatsiya otvedeniya poverkhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territoriy* [Organization of drainage of surface (rain and melt) runoff from urbanized areas]. Moscow, ASV Publ., St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2000, 352 p.
5. Alekseev M. I., Verkhoturou V. P., Il'ina O. M. *Otsenka zagryaznennosti dozhdevogo stoka i vybor ratsional'nykh tekhnologiy ego ochistki* [Assessment of the pollution of rainwater runoff and the choice of rational technologies for its treatment]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo – News of Higher Schools. Construction*, 2003, no. 8.

6. Bykov A. P., Verkhoturov V. P., Il'ina O. M. *Osobennosti formirovaniya sostava i vozmozhnosti oчитki poverkhnostnogo stoka s territoriy kotel'nykh* [Peculiarities of composition formation and possibilities of surface runoff treatment from boiler-houses territories]. *Trudy 3-go mezhdunar. simpoz. 16–20 maya 1994 goda «Rekonstruktsiya Sankt-Peterburga-2005»* [Proceedings of the III International Symposium “Reconstruction of St.-Petersburg-2005”]. Pt. 4. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 1995, pp. 170–172.

7. STO 70238424.27.100.013–2009. *Vodopodgotovitel'nye ustanovki i vodno-khimicheskiy rezhim TES. Usloviya sozdaniya. Normy i trebovaniya* [Water-treatment installations and water-chemical regime of TPPs. Creation conditions. Norms and requirements]. Introduced February 23, 2009. Moscow, 2009, 86 p.

8. Feofanov Yu. A., Mishukov B. G. *Osobennosti formirovaniya sostava poverkhnostnykh stochnykh vod*

i vybor sooruzheniy po ikh oчитke [Features of the formation of the surface wastewater composition and the choice of facilities for its treatment]. *Voda i ekologiya – Water and ecology*, 2017, no. 3, pp. 49–66.

9. Bykov A. P., Verkhoturov V. P., Il'ina O. M. *Skhemy oчитki poverkhnostnykh stokov s territoriy kotel'nykh* [Schemes of surface wastewater treatment from the territories of boiler houses]. Theses of reports of the 53-rd scientific conference of Saint Petersburg State University of Civil Engineering. St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Civil Engineering Publ., 1996, pp. 93–94.

10. *Sovershenstvovanie raboty sushchestvuyushchikh sistem vodootvedeniya poverkhnostnogo stoka s territorii kotel'nykh* [Improvement of work of existing systems of drainage of surface runoff from the territory of boiler-houses]. Report on R&D no. 1008/42-PR. St. Petersburg, SPbGASU, 1996, 45 p.