

Л. І. Вовк, Ю. А. Трофимчук
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки і сантехніки

ПОРІВНЯННЯ ОБ’ЄМІВ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З ТИПОВИХ МІКРОРАЙОНІВ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ВЕЛИКИХ МІСТ, ВИЗНАЧЕНИХ ЗГІДНО З НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ УКРАЇНИ

© Вовк Л. І., Трофимчук Ю. А., 2018

У роботі проаналізовано низку нормативно-технічних документів, які регламентують процедуру визначення середньорічних об’ємів поверхневого стоку із забудованих територій, виділено 4 методики. Виявлено значну відмінність не лише в числових значеннях загального коефіцієнта стоку, але і в класифікації поверхонь за видами покриття. Для демонстрування відмінностей у результатах, отриманих за різними методиками, виконано розрахунки середньорічних об’ємів поверхневого стоку з центральної високо урбанізованої частини м. Луцька ($F_{\text{заг}} = 146,1$ га). Розрахунковий питомий об’єм стоку за методикою 1 на 5,45 %, а за методикою 2 – на 7,17 % менший, ніж за базовою методикою 3. За методиками 2 і 3 виконано також розрахунки середньорічних об’ємів стоку за узагальненими середніми коефіцієнтами поверхневого стоку; отримано результати, менші відповідно на 24,9 % і 19,4 % за питомий об’єм, визначений за базовою методикою 3.

Виконаний аналіз дає змогу рекомендувати до використання методику 3 з поділом урбанізованої поверхні за видами покриття.

Ключові слова: поверхневий стік, загальний коефіцієнт стоку, види покриття.

L. Vovk, Y. Trofymchuk
Lviv Polytechnic National University,
Department of hydraulic and sanitary engineering

COMPARING OF THE VOLUME OF STORMWATER RUNOFF FROM TYPICAL RESIDENTIAL CATCHMENTS IN LARGEST CITIES, CALCULATED ACCORDING TO UKRAINIAN NORMATIVE DOCUMENTS

© Vovk L., Trofymchuk Y., 2018

It was analyzed Ukrainian normative documents, regulating the procedure of calculating the average annual volume of stormwater runoff from urbanized areas. It was found the big differences as in the numerical values of the general (annual) runoff coefficient, so in the classification of the surface cover type. Methods 1 and 2 indicate the ranges of numerical values of the general runoff coefficient for different cover types, but don't explain the criteria for selecting the precise values for performing calculations under certain conditions. Methods #2 and #3 also indicate generalized average runoff coefficients for different cover types. The method #3 only recommends to take into account the wastewater from street washing works in

the total annual average volume of surface wastewater. The calculation of the average annual volume of stormwater runoff from the central high-urbanized part of Lutsk ($F = 146.1$ ha) clearly shows the differences between the results, obtained by methods 1–3. The maximal value of the specific annual average volume of stormwater runoff, obtained using the method # 3 ($W' = 3627$ m³/ha), was accepted as 100 %. Estimated specific volume of runoff, using the method 1 is 5.45 % less, and using the method 2 is 7.17 % less respectively. Calculations of average annual specific volume were done using the methods 2 and 3, taking into account generalized average coefficients surfac e runoff; the results were obtained by 24.9 % and by 19.4 % less respectively, comparing the baseline method 3. Performed analysis allows recommend for the practical using method 3 with the division of urbanized areas by cover types. An important problem is empirical refinement of the values of the total runoff coefficient for different cover types.

Key words: stormwater runoff, general runoff coefficient, surface cover type.

Вступ. Зміна клімату призвела до непередбачуваних погодних явищ, які негативно впливають на суспільне життя. Серед причин, які зумовили такі явища, є і беззупинна урбанізація населення, що призводить до збільшення площ удосконалених покриттів. Адже заміна природних видів покриття ґрунтів, які вільно поглинають воду, не удосконалені, що збільшує не лише об'єм стоку, але і швидкість надходження у каналізаційну мережу, є основною причиною підтоплення територій міст та селищ. Тому перед комунальними господарствами важливим завданням є відведення в повному об'ємі поверхневого стоку у систему каналізації міста чи селища. При цьому необхідно проводити гідравлічний розрахунок водовідвідної мережі згідно з вимогами.

Аналіз досліджень. Сьогодні в Україні немає єдиного нормативного документа, який би регламентував методику визначення об'ємів поверхневого стоку. Чинні державні будівельні норми та правила [1] рекомендують визначати середньорічний об'єм поверхневих стічних вод під час проектування водовідвідної мережі згідно з формулою (1)

$$W_p = W_d + W_c + W_{nm}, \quad (1)$$

де W_d – середньорічний об'єм стоку, що утворився під час випадання дощу у теплий період року; W_c – середньорічний об'єм стоку, що утворився внаслідок танення снігу у холодний період року; W_{nm} – об'єм поливо-мийних вод за рік.

Вказані об'єми обраховуються за відповідними формулами (2-4) [2]:

$$W_d = 10 h_d \Psi_d F; \quad (2)$$

$$W_c = 10 h_c \Psi_c F; \quad (3)$$

$$W_n = 10 m k \Psi_n F_n, \quad (4)$$

де h_d , h_c – середньорічна висота шару опадів за теплий та холодний періоди року, відповідно, мм; Ψ_d – загальний коефіцієнт стоку, який враховує втрати на початкове затримання, інфільтрацію та випаровування, і залежить від типу поверхневого покриття; Ψ_c – загальний коефіцієнт стоку, який враховує вивіз снігу та часткове поглинання водопроникними поверхнями, Ψ_n – загальний коефіцієнт стоку для поливо-мийних вод; m – питома витрата води для поливу твердих покриття яка приймається залежно від місцевих умов від 1,2–1,5 л/м²; k – середня кількість разів миття, 150 разів; F – площа басейну водозбору, м; F_n – площа покриття, що поливається.

Середня річна висота шару опадів у вітчизняній проектній практиці приймається за даними найближчого гідрометеопункту або ж за нормативним документом [3].

Одним із основних параметрів для визначення об'єму поверхневого стоку є загальний коефіцієнт стоку, який враховує втрати на початкове затримання, інфільтрацію та випаровування, і залежить від типу поверхневого покриття.

В Україні сьогодні діє низка нормативних документів, згідно з якими проводиться розрахунок об'єму дощового стоку, в яких подані різні значення загального коефіцієнта стоку. Було проаналізовано низку нормативних документів [4–7], на основі яких виділено чотири методики: “ДСТУ 3013-95. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з

територій міст і промислових підприємств – К.: Держстандарт України, 1995” (методика 1), “Улаштування поверхневого водовідведення на територіях міст і селищ. СОУ ЖКГ 41.00-35077234.0018:2009 – К.: Мінрегіонбуд України, 2009” (методика 2), “Правила користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України. – К.: Мінжитлокомунгосп України, 2010” (методика 3); “Методичні рекомендації із забезпечення ефективного відведення поверхневих вод. Наказ Мінжитлокомунгосп України 23.12.2010 № 470 З” (методика 4). Порівняння загальних коефіцієнтів стоку згідно з вищевказаними нормативними документами подано в табл. 1.

Таблиця 1

Загальні коефіцієнти стоку Ψ згідно з нормативними документами України

Вид поверхні стоку	Нормативні документи			
	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
<i>загальний коефіцієнт стоку дощових вод Ψ_o</i>				
Удосконалені покриття (Дахи і асфальтобетонні покриття)	0,6–0,8	0,6–0,8	0,7	0,6–0,8
Брукові мостові	–	0,45	0,5	–
Щебеневі мостові		0,3–0,4		
Ґрунтові покриття, квартали без дорожніх покриттів, сквери, бульвари	0,2	0,1–0,2	0,25	0,2
Газони	0,1	0,02–0,1	0,1	0,1
Кwartали з сучасною забудовою	–	0,4–0,5	0,45	–
Середні міста (50–250 тис. населення)	–	0,4–0,5	0,45	–
Невеликі міста і селища (до 50 тис. населення)	0,3–0,4	0,3–0,4	0,35	0,3–0,4
<i>загальний коефіцієнт стоку снігових вод Ψ_c</i>				
	0,5–0,7	0,5–0,7	0,6	0,5–0,7
<i>загальний коефіцієнт стоку для поливо-мийних вод Ψ_n</i>				
	–	–	0,5	–

З таблиці помітно значну відмінність не лише в числових значеннях коефіцієнта, але і в деталізації розподілу різних поверхонь. Водночас важливі також додаткові дані про типи покриттів, що не завжди є доступними. У нормативних документах [4,5,7] вказаний діапазон значень коефіцієнтів стоку, проте не зазначені критерії вибору конкретного числового значення для розрахунку. Так у ДСТУ [4], на який посилається ДБН В.2.5-75:2013 [1], виділяють водонепроникну зону, коефіцієнт стоку якої має діапазон значень 0,6–0,8. Водночас правила користування [6], на який покликаються комунальні служби, розділяє водонепроникну зону на два типи покриття асфальтове та брукові і щебеневі з однозначними коефіцієнтами стоку, числове значення яких відповідають вказаному діапазону [4]. Треба звернути увагу, що коефіцієнти стоку представлені у [6] є середнім значенням діапазону коефіцієнта стоку у нормативному документі, яким користувались до 2008 року і сьогодні вони втратили чинність [8]. Стандарт [5] ще з більшою деталізацією описують типи покриттів виділивши 5 типів покриття.

Розбіжність у вказаних нормативних документах стосується також і видів поверхневих стоків. Згідно з державними будівельними нормами [1] до поверхневого стоку, крім дощового

стоку, зараховують стік від поливки вулиць. Серед проаналізованих нормативних документів лише “Правила користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення” (методика 3) рекомендують враховувати стік від поливно-мийних робіт у загальному середньорічному об’ємі поверхневих стічних вод. У стандарті житлового комунального господарства [7] при визначенні об’єму стоку, що утворився внаслідок танення снігу, додатково вводять коефіцієнт $K_y = 0,35-0,5$, який враховує прибирання снігу, що суперечить іншому нормативному документу [1], який вказує, що загальний коефіцієнт стоку снігових вод Ψ_c враховує прибирання снігу. У методиці 4 ми виявили технічну помилку у розрахунковій формулі для визначення об’ємів поверхневого стоку, яка зумовлена некоректним зведенням одиниць вимірювання [7].

Постановка завдання. Метою цієї роботи було виконати аналіз нормативних документів України, що регламентують методики визначення об’єму поверхневого стоку, а також, на прикладі конкретного міста, порівняти об’єми поверхневих стічних вод, визначених за цими методиками.

Для дослідження впливу даних розходжень на визначення об’ємів дощового стоку було виконано розрахунок середньорічного об’єму дощового стоку для центральної частини м. Луцька, що містить квартали зі сучасною багатоповерховою забудовою. За допомогою двовимірної системи автоматизованого проектування AutoCAD виконано оцифрування супутникових знімків, отриманих за допомогою програми Google Maps (рис. 1). Це дозволило, з відносною похибкою до $\pm 1\%$, визначити розподіл загальної площі урбанізованого басейна стоку за видами покриття. За основу розподілу покриттів прийнято методику 3, оскільки саме її використовують комунальні господарства під час розрахунку об’єму дощового стоку та представляє однозначні коефіцієнти стоку для різних типів покриття. Отримано розподіл поверхонь, характерний для високо-урбанізованих басейнів стоку: площа дахів та асфальтобетонних покриттів – 121,66 га (83,3 % від загальної площі вибраного кварталу м. Луцька $F_{заг} = 146,1$ га); брукові мостові – 2,27 га (1,6 %); ґрунтові покриття – 21,1 га (14,4 %); газони – 1,04 га (0,7 %). (рис. 1).

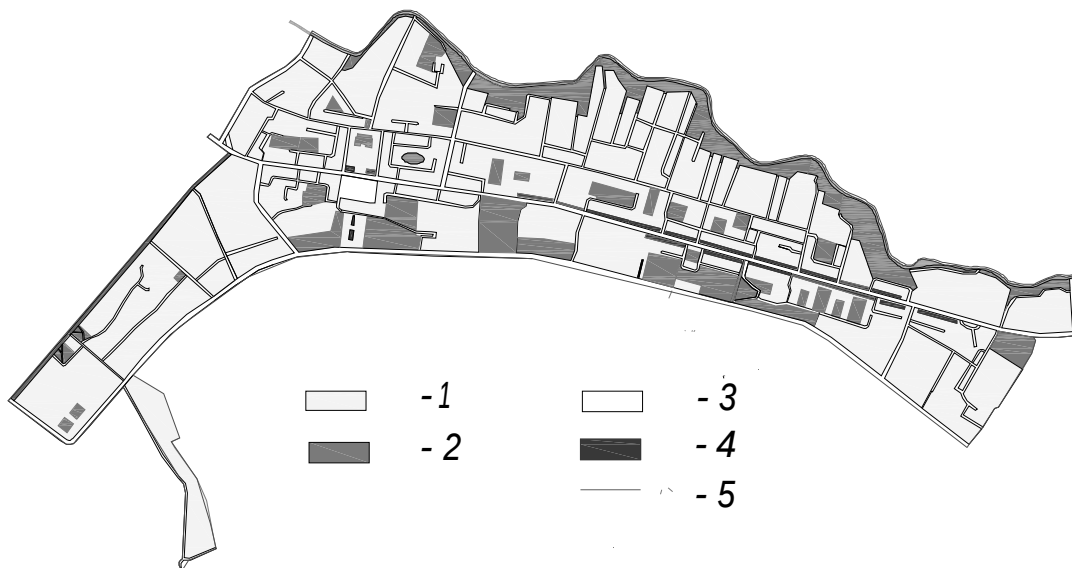


Рис. 1. План житлового кварталу, обмеженого лінією (5) центральної частини м. Луцька з розподілом типів покриття: 1 – удосконалені покриття; 2 – ґрунтові покриття, квартали без дорожніх покриттів, сквери, бульвари; 3 – брукові мостові; 4 – газони

Виклад основного матеріалу. Для центральної частини м. Луцьк (рис. 1) визначено середньорічний об’єм поверхневих стічних вод згідно з формулами (1–4) за різними методиками наведеними у таблиці. Середньорічний шар опадів для м. Луцька за теплий період року $h_o = 396$ мм, за холодний $h_c = 154$ мм [3]. Одержані об’єми поверхневого стоку, приведені до питомого значення об’єму стоку відносно 1 га забудови (W'_p , м³/га), представлені графіку (рис. 2). На рис. 2 не

представлені результати, одержані за методикою 4, які у 100 разів менші від одержаних об'ємів за іншими методиками. Що вказує на некоректне зведення одиниць вимірювання у розрахунковій формулі. За методиками 2 і 3 виконано розрахунки середньорічних об'ємів стоку за узагальненими середніми коефіцієнтами поверхневого стоку для міст із сучасною забудовою $\Psi_{\text{сучасн. заб.}}$ (рис. 2, 3). Максимальне значення об'єму стоку одержано за методикою 3. Як видно з рис. 2, під час врахування детального розподілу видів поверхні одержані об'єми ($W'_{p1} = 3429 \text{ м}^3$; $W'_{p2} = 3367 \text{ м}^3$; $W'_{p3} = 3627 \text{ м}^3$) є більшими за відповідні об'єми для узагальнених середніх коефіцієнтів поверхневого стоку ($W'_{p2'} = 2725 \text{ м}^3$; $W'_{p3'} = 2923 \text{ м}^3$).

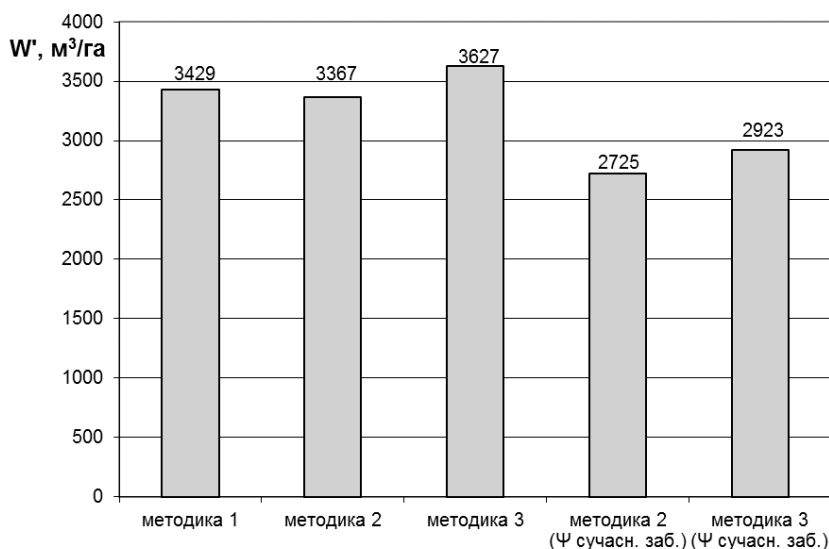


Рис. 2. Питомі середньорічні об'єми поверхневих стічних вод ($W'_p, \text{м}^3/\text{га}$) за різними методиками, представленими у нормативній літературі України

Для можливості порівняння одержані результати представлені у відсотках (рис. 3). Максимальний питомий середньорічний об'єм стоку, одержаний за методикою 3 ($W'_{p3} = 3627 \text{ м}^3/\text{га}$), прийнято за 100 %. Як видно з рис. 3, розрахунковий питомий об'єм стоку за методикою 1 на 5,45 %, а за методикою 2 – на 7,17 % менший за прийняту базову методикою 3.

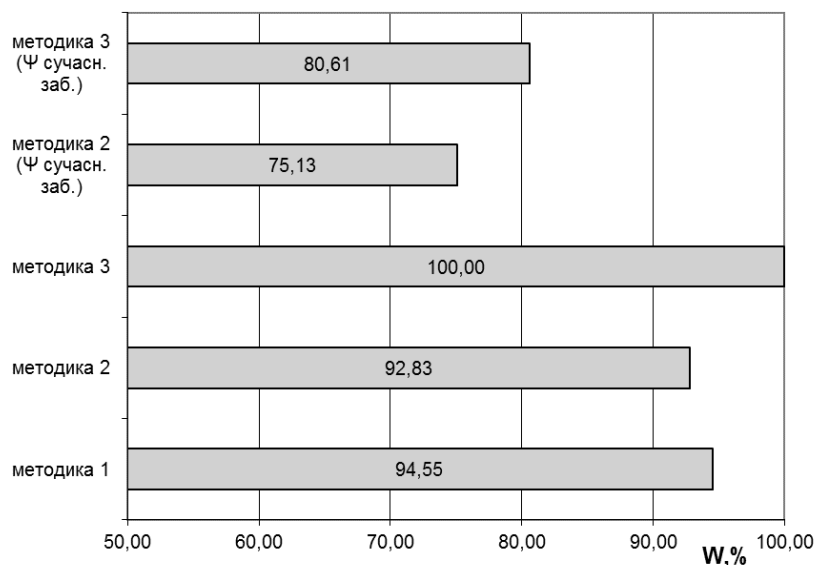


Рис. 3. Відносні середньорічні об'єми поверхневих стічних вод ($W'_p / W'_{p3}, \%$) за різними методиками, представленими у нормативній літературі України

За методиками 2 і 3 виконано також розрахунки середньорічних об'ємів стоку враховуючи узагальнені середні коефіцієнти поверхневого стоку прийняті $\Psi_{\text{сучасн. заб}} = 0,45$ (таблиця). З рис. 3 видно, що отримані результати, менші відповідно на 24,9 % і 19,4 % за питомий об'єм, визначений за базовою методикою 3. Більший об'єм утворюється через врахування стоку для поливо-мийних вод.

Висновки. Виконаний аналіз нормативних документів в галузі водовідведення дозволяє рекомендувати до використання методику 3 з поділом урбанізованої поверхні за видами покриття. Максимальне значення об'єму стоку для житлового кварталу центральної частини м. Луцька одержано за цією методикою ($W'_{p3} = 3627 \text{ м}^3$). Розрахунковий питомий об'єм стоку за методикою 1 і 2 з поділом урбанізованої поверхні за видами покриття на 5,45 % і 7,17 % менший, ніж за базовою методикою 3, відповідно; за узагальненими середніми коефіцієнтами поверхневого стоку у методиках 2 і 3 отримано результати, менші на 24,9 % і 19,4 %.

Важливою проблемою є емпіричне уточнення однозначних значень загального коефіцієнта стоку для різних видів покриття.

1. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування – К.: Мінрегіонбуд України, 2013 – 128 с. (державні будівельні норми) 2. Жук В. М. Методи розрахунку об'єму дощового стоку / В. М. Жук, І. І. Матлай // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”. – Львів : Нац. ун-т “Львівська політехніка”. – 2010. – № 677. – С. 32–38. 3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с. (національний стандарт України) 4. ДСТУ 3013-95. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств – К.: Держстандарт України, 1995. (національний стандарт України) 5. Улаштування поверхневого водовідведення на територіях міст і селищ. СОУ ЖКГ 41.00-35077234.0018:2009 – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. (стандарт житлово-комунального господарства) 6. Правила користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України. – К. : Мінжитлокомунгосп України, 2010. (правила в галузі житловокомунального господарства) 7. Методичні рекомендації із забезпечення ефективного відведення поверхневих вод. Наказ Мінжитлокомунгосп України 23.12.2010 № 470. (рекомендації в галузі житловокомунального господарства) 8. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету выпуска его в водные объекты. – М. : Госстрой СССР, 1978. – 16 с. (втратили чинність 2008)

References

1. Ministry of Regional Development, Building and Housing of Ukraine (2013), [DBN V.2.5-75:2013 Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia], Minrehionbud Ukrainy, Kyiv. (State building norms)[in Ukrainian] 2. Zhuk V. M., Matlai I. I. (2010), [Metody rozrakhunku obiemu doshchovoho stoku], Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Heat power engineering. Environmental engineering. Automation, № 677, pp 32–38. [in Ukrainian] 3. Ministry of Regional Development, Building and Housing of Ukraine (2010), [DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budivelna klimatolohiia. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi], Minrehionbud Ukrainy, Kyiv. (National standart of Ukraine) [in Ukrainian] 4. Ministry of Environmental Protection and Nuclear Safety of Ukraine (1995), [DSTU 3013-95. Hidrosfera. Pravyla kontroliu za vidvedenniam doshchovykh i snihovykh stichnykh vod z terytorii mist i promyslovykh pidpriemstv], Derzhstandart Ukrainy., (National standart of Ukraine) [in Ukrainian] 5. UKRVODHEO

Research Institute, State Enterprise (2009), [Ulashtuvannia poverkhnevoho vodovidvedennia na terytoriiakh mist i selyshch. SOU ZhKH 41.00-35077234.0018:2009], Minrehionbud Ukrainy, Kyiv (Standart of Housing) [in Ukrainian] 6. Ministry of Housing of Ukraine (2010)[Pravyla korystuvannia systemamy tsentralizovanoho komunalnoho vodopostachannia ta vodovidvedennia v naselenykh punktakh Ukrainy.], Minzhytlokomunhosp Ukrainy, Kyiv. (rules of Housing) [in Ukrainian] 7. Ministry of Housing of Ukraine (2010), [Metodychni rekomendatsii iz zabezpechennia efektyvnoho vidvedennia poverkhnevyykh vod. Nakaz Minzhytlokomunhosp Ukrainy 23.12.2010 № 470.], (methodical recommendations of Housing of Ukraine) [in Ukrainian] 8. VNII VODHEO Research Institute, State Enterprise (1978), [Vremennyye rekomendatsii po proektirovaniyu sooruzheniy dlya ochistki poverhnostnogo stoka s terytoriy promyshlennykh predpriyatiy i raschetu vyipuska ego v vodnyie ob'ekty.], Moscow, Hosstrois USSR (repealed from 2008) [in Russian]