

Оценка характеристик дренажного стока с селитебных и производственных территорий Северо-Запада России

К.т.н., доцент, старший научный сотрудник Ю.А. Канцибер;
д.т.н., профессор В.И. Штыков,*

ФГБОУ ВПО Петербургский государственный университет путей сообщения

Ключевые слова: селитебные и производственные территории; дренажный сток; гидрологические характеристики; водный баланс; аналитический метод

К основным гидрологическим характеристикам систем водоотведения, предназначенным для сбора, отведения и очистки поверхностных, дренажных, бытовых и производственных сточных вод, относят расчетные расходы и объемы стока воды с застраиваемых или застроенных селитебных и производственных территорий (ЗТ), в том числе с объектов железных и автомобильных дорог. Они необходимы:

- для обоснования конструкций и параметров ливневой, бытовой и производственной канализации, дренажной сети, очистных сооружений при новом строительстве и реконструкции;
- при проведении водохозяйственных балансовых расчетов по учету объемов сбросных вод;
- для оценки предельно допустимых сбросов воды в реки-водоприемники и необходимой степени очистки стока воды с ЗТ;
- при разработке проектов нормативов допустимых сбросов сточных вод и платы за них различными водопользователями.

Методы и способы расчетов гидрологических характеристик систем водоотведения основаны на действующих нормативно-методических документах [1-6], в которых при расчетах дренажного стока недостаточно учитываются особенности климата, грунтов ЗТ, конструкций и параметров систем водоотведения, данные гидрологических и гидрогеологических наблюдений и др. [7-12 и др.]. Необходимость их уточнения не вызывает сомнения, что требует проведения дополнительных исследований, основанных, прежде всего, на обобщении имеющихся материалов, использовании простых и адекватных расчетных зависимостей характеристик дренажного стока от определяющих факторов. В этом заключалась **постановка задачи** данной работы.

Как известно, дренаж на селитебных и производственных застраиваемых или застроенных территориях должен обеспечивать благоприятный (оптимальный) водный режим в верхнем слое грунтов с понижением уровня грунтовых вод (УГВ) до нормы осушения, которая зависит от типа грунтов и величины заглубления оснований сооружений [5]. Продолжительность достижения нормы осушения от естественных отметок УГВ, наблюдаемых до строительства, т.е. так называемое «время стабилизации УГВ», составляет в среднем 50...200 сут. После этого наибольший приток воды к дренам будет наблюдаться при подъеме УГВ выше глубины заложения дренажа (как правило, не более чем на 0.1...0.5 м), что имеет место исключительно во влажные периоды года (весна, поздняя осень) в основном в течение непродолжительного времени (до 20...40 сут). Причем выше нормы осушения грунтовые воды могут подниматься только в очень влажные годы, которые повторяются реже принятой расчетной повторяемости. Модуль дренажного стока в среднем не превышает 0,2 л/(с*га). При интенсивном подпитывании дренажа напорными водами из нижележащих водоносных пластов дренажный сток может возрасти в 1,5...2 раза и более [6, 13].

При удовлетворительном качестве дренажных вод, стекающих с ЗТ, они отводятся, в основном, по собственному коллектору в водный объект. При необходимости очистки они могут быть отведены в главный коллектор для всех видов сточных вод или же отведены самостоятельно по собственному коллектору на очистные сооружения.

Процессы формирования дренажного стока, поступающего из грунтов ЗТ в дрены, зависят от различных природных и техногенных факторов: осадков, температуры и влажности воздуха, типа водного питания, свойств грунтов, конструкций и параметров дренажа, сооружений и др.

Для изучения этих процессов должны проводиться многолетние систематические наблюдения за дренажным стоком и уровнем грунтовых вод (мониторинг) на дренируемых территориях. Данные таких наблюдений позволяют оценить эффективность действия дренажа с целью установления необходимости его ремонта или реконструкции, а также определить расчетные характеристики расходов и объемов дренажного стока с ЗТ, которые могут быть использованы при проектировании дренажа и очистных сооружений на аналогичных территориях.

В настоящее время систематические наблюдения за дренажным стоком на селитебных и производственных территориях РФ практически не проводятся. Поэтому, при отсутствии или при наличии результатов только кратковременных наблюдений на отдельных дренажных системах, для определения расчетных характеристик дренажного стока с ЗТ могут быть использованы воднобалансовый или аналитический расчетные методы, а также метод аналогий и обобщений.

Воднобалансовый метод основан на решении уравнения водного баланса грунтов ЗТ относительно объемов дренажного стока за сутки, месяц, сезон или год [13-19]. Большие погрешности определения (свыше 20...30 %) его составляющих: испарения, впитывания и инфильтрации осадков, а также уровня подземных вод, – ограничивают возможности применения этого метода в настоящее время.

Аналитический метод предполагает использование закономерностей фильтрации воды в грунтах, многолетних данных наблюдений за уровнем подземных вод на застроенной территории, параметрами водоносного пласта и его водопроницаемостью [13,18]. При наличии этой информации он дает достаточно точные результаты расчетов дренажного стока. Однако неоднородность гидрогеологических условий ЗТ также ограничивает возможность применения аналитического метода для определения характеристик дренажного стока.

Метод аналогий и обобщений основан на использовании фактических данных наблюдений за дренажным стоком. Они показывают, что на ЗТ атмосферного типа водного питания (инфильтрационными водами атмосферных осадков) дренажный сток наблюдается в основном из дренажных систем, заложенных на «открытых» территориях с водопроницаемой поверхностью: парки, сады, скверы, газоны, спортивные площадки, кладбища и пр. Как известно, протяженность дренажа (закрытый дренаж, каналы) на этих территориях составляет в среднем 100...300 м на 1 га (м/га), а с учетом дренирующих коммуникаций, проходящих по ним, она достигает 200...350 м/га [6].

На «закрытых» площадях ЗТ инфильтрационные воды от выпадающих осадков только в небольших объемах поступают в закрытый дренаж. Поэтому он является наиболее эффективным для защиты от подтопления жилых и производственных зданий и сооружений, располагающихся преимущественно в грунтах, переувлажняемых грунтовыми и грунтово-напорными водами, поступающими как с прилегающей территории, так и снизу из напорного водоносного слоя.

Кроме инфильтрационных, грунтовых и грунтово-напорных вод в дренаж, как известно, поступает дополнительный приток, обусловленный неизбежными потерями воды из водонесущих коммуникаций, проложенных на ЗТ.

Выбор конструкции системы водоотведения и определение её параметров в каждом конкретном случае зависит от принятой величины *расчетной интенсивности притока (приточности) воды* к укладываемым в грунт дренам. Под ней в фильтрационных расчетах дренажа [3, 6, 13, 14] понимается средняя за период осушения интенсивность питания грунтовых вод или верховодки при понижении их уровня до нормы осушения.

В соответствии с воднобалансовым методом [13, 14] интенсивность притока воды к дренажу на ЗТ (м/сут) в общем виде можно представить в виде суммы интенсивностей инфильтрационного (ω_{ϕ}), бокового (ω_{δ}), восходящего (ω_{ϵ}) и дополнительного (ω_{δ}) притоков воды, т.е.:

$$\omega = \omega_{\phi} + \omega_{\delta} + \omega_{\epsilon} + \omega_{\delta}. \quad (1)$$

Среднесуточная интенсивность *инфильтрационного притока* воды зависит от продолжительности периода осушения, интенсивности выпадения осадков (X) и испарения (E) в этот период, а также водоаккумулирующей емкости грунтов зоны аэрации [13, 14, 19]. При этом в соответствии с методом предельных состояний [20] с определенным запасом в расчетах можно принять, что перед выпадением осадков УГВ находился на отметке нормы осушения, а водоаккумулирующая емкость была равна нулю. Таким образом, разность интенсивности осадков и испарения за период осушения, т.е. (X-E), характеризует максимальную интенсивность инфильтрационного притока воды к дренажу. В табл. 1 приведены обобщенные для Северо-Западной зоны Российской Федерации (СЗ РФ) величины (X-E), рассчитанные по данным [21, 22]. Если допустить более близкую к реальным условиям ситуацию, когда перед выпадением интенсивных осадков расчетной обеспеченности УГВ располагался на отметке глубины заложения дренажа, то приведенные в табл. 1 величины следует уменьшить примерно на 20...30%.

Период осушения (t), в течение которого при выпадении интенсивных осадков расчетной обеспеченности на ЗТ должен быть вновь сформирован благоприятный (оптимальный) водный режим верхнего слоя грунтов с понижением УГВ до нормы осушения, изменяется в зависимости от характера использования территории от 1 до 10 сут [14].

Как известно, гидрологические характеристики (ГХ) стока воды, используемые при проектировании гидротехнических сооружений, включая системы водоотведения, определяются с *заданной расчетной обеспеченностью или ежегодной вероятностью превышения*. Согласно СП [2] под *обеспеченностью ГХ* понимают вероятность превышения рассматриваемого значения ГХ среди совокупности (статистического ряда) всех возможных или наблюдаемых значений ГХ. *Расчетная обеспеченность ГХ (р%)* принимается по отраслевым нормативам в зависимости от задачи расчетов, типа ГХ, характера использования территории, класса капитальности гидротехнических сооружений (категории дороги) или устанавливается на основании результатов технико-экономических расчетов. Она изменяется от 0,01 до 99,9%.

При расчетах ливневой канализации и очистных сооружений на ЗТ вместо расчетной обеспеченности ГХ принимается *период однократного превышения* (повторяемость) расчетной интенсивности дождя (P, год), что обусловлено многократностью выпадения осадков в теплый период года. Так, период P (год) в расчетах ливневой канализации назначается согласно СНиП [1] в пределах от 0,33 до 5 лет (для СЗ РФ). При определении расчетного расхода дождевого стока, подлежащего очистке, период однократного превышения предельного (расчетного) дождя принимается в пределах P = 0,05...0,1 года, что обеспечивает отведение на очистку не менее 70% объема сточных вод [23].

На «закрытых» площадях ЗТ с существенно ограниченной инфильтрацией осадков можно приближенно принять $\omega_{ф(З)} = \beta \cdot \omega_{ф(О)}$, где β – доля «водопроницаемой» (открытой) поверхности, всегда имеющейся на «закрытой» площади ЗТ; принимается по исполнительной документации, планам застройки и др. Для «старых» городских районов и производственных площадок ориентировочно $\beta = 0,1...0,2$, для жилых районов (новостроек) – 0,4...0,6.

Интенсивность *бокового притока* грунтовых вод с прилегающей к ЗТ площади приближенно вычисляется по формуле [13,14]:

$$\omega_{\sigma} = K * I, \quad (2)$$

где K – коэффициент фильтрации грунтов водоносного пласта на прилегающей территории, м/сут; I – средний уклон грунтовых вод в водоносном пласте на территории, прилегающей к ЗТ.

Таблица 1. Максимальная интенсивность инфильтрационного притока воды к дренажу (X-E) на ЗТ в Северо-Западной зоне России (*10³, м/сут)

Расчетная обеспеченность (повторяемость)	Характер использования ЗТ	
	Стадионы, производственные, спортивные и детские площадки, сады, древесные и кустарниковые насаждения, неустойчивые к избыточному увлажнению (t = 3...5 сут)	Парки, лесопарки, скверы и газоны (травяной покров, t= 10 сут)
10% (1 раз в 10 лет)	10...14	4...6
20% (1 раз в 5 лет)	7...10	2,5...4
63% (1 раз в 2 года)	4...7	2...3
86% (1 раз в год)	3...4	1...2

Примечание. Большие значения принимаются для районов с повышенной нормой годовых осадков (возвышенности), меньшие – для прибрежных районов у крупных водоемов.

Канцибер Ю.А., Штыков В.И. Оценка характеристик дренажного стока с селитебных и производственных территорий Северо-Запада России

Боковой приток грунтовых вод в основном перехватывается на границе ЗТ нагорными (отсечными) каналами, ловчими дренами и 1...3 ближайшими к границе дренами, располагающимися на ЗТ. Таким образом, его необходимо учитывать в основном для периферийной части осушаемой площади ЗТ. Для остальной площади им можно пренебречь, т.е. принять $\omega_6 = 0$.

Интенсивность *восходящего притока* грунтово-напорных вод в дренаж, который наблюдается в определенных гидрогеологических условиях, можно приближенно определить согласно [13].

Интенсивность *дополнительного притока воды в дренаж*, обусловленного неизбежными потерями воды из водонесущих коммуникаций, проложенных на «открытых» или «закрытых» площадях ЗТ, зависит от протяженности или плотности водонесущих коммуникаций и утечек воды из них [6]. Отметим, что данные Пособия [6] основаны на обобщении многолетнего фактического материала наблюдений за стоком воды и УГВ.

В подавляющем большинстве случаев на ЗТ применяется горизонтальный дренаж (систематический, линейный, кольцевой), который считается наиболее удобным и экономичным при эксплуатации. Аналитический метод его расчета предполагает использование различных формул установившегося режима грунтовых вод, который будет наблюдаться в эксплуатационный период после «стабилизации УГВ» (Абрамов С.К., Шестаков В.М., Олейник А.Я., Аверьянов С.Ф. и др.). Достаточно простой и точной формулой расчета параметров дренажа является, например, формула С.Ф. Аверьянова [13, 14], по которой можно вычислить *расчетную интенсивность притока воды* к горизонтальному несовершенному дренажу на «закрытой» (ω_3) или «открытой» (ω_0) площадях.

Максимальную интенсивность притока воды в дренаж (ω_m), которая наблюдается сразу после его строительства, т.е. в начале периода «стабилизации УГВ», можно также определить, например, по формуле С.Ф. Аверьянова для максимальной отметки УГВ, определенной до строительства дренажа во влажные периоды года.

Расчетный расход дренажных вод с ЗТ (Q_{dc}), используемый в гидравлических расчетах параметров дренажной сети и очистных сооружений, рекомендуется определять в зависимости от величины расчетной интенсивности притока воды к дренажу.

Так, для дренажа, заложенного на «открытой» территории:

$$Q_{dc} = 10^4 * \omega_0 * F_0, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3)$$

где ω_0 – расчетная интенсивность притока воды к дренажу на «открытой» территории ЗТ площадью F_0 (га), м/сут.

Расчетный модуль дренажного стока с этой территории равен:

$$q_{dc} = 10^7 * \omega_0 / 86400 = 116 * \omega_0, \text{ л}/(\text{с} * \text{га}). \quad (4)$$

Для «закрытой» территории расчетный расход дренажных вод равен:

$$Q_{dc} = 10^4 * \omega_3 * F_3, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5)$$

где ω_3 – расчетная интенсивность притока воды к дренажу на «закрытой» территории площадью F_3 (га), м/сут.

Расчетный модуль дренажного стока:

$$q_{dc} = 116 * \omega_3, \text{ л}/(\text{с} * \text{га}). \quad (6)$$

Расчетный среднечасовой $Q_{dc(час)}$ и секундный $Q_{dc(с)}$ расходы дренажных вод будут соответственно равны:

$$Q_{dc(час)} = Q_{dc} / 24, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (7)$$

$$Q_{dc(с)} = Q_{dc} / 86400, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (8)$$

Удельный суточный и секундный приток воды на 1 погонный метр (п.м.) дренажа составит:

$$Q_{ydc} = Q_{dc} / (L * F_3), \text{ м}^3/\text{сут на 1 п.м.}, \quad (9)$$

$$Q_{ydc(c)} = 10^3 * Q_{ydc} / 86400, \text{ л/с на 1 п.м.}, \quad (10)$$

где L – удельная протяженность дренажа, м/га.

Расчетный приток дренажных вод к канализационной (бытовой или производственной) сети протяженностью $L_{кан}$ (м/га):

$$Q_{kd} = Q_{ydc} * L_{кан}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (11)$$

$$Q_{kd(c)} = Q_{ydc(c)} * L_{кан}, \text{ л/с}. \quad (12)$$

Расчетный объем дренажного стока с ЗТ за сезон и год в соответствии с методом аналогий и обобщений можно определить в виде суммы объемов стока с «открытой» и «закрытой» площадями, а также дополнительного водного питания дренажа,

Средний за год слой дренажного стока с суглинистых и супесчаных грунтов, осушаемых дренажем протяженностью 500-700 м/га, в Северо-Западной зоне РФ составляет 70...100 мм. Для более разреженной сети на ЗТ (300...400 м/га) он уменьшается до 60...80 мм. На территориях с атмосферно-грунтовым типом водного питания дренажный сток примерно в 1,5 раза больше. Приблизненные значения годового и сезонного дренажного стока с ЗТ, полученные на основании обобщения материалов наблюдений за дренажным стоком в различных регионах СЗ РФ [24] (с учетом коррекции на протяженность дренажа и его глубину), приведены в табл. 2. Из неё следует, что наибольший дренажный сток наблюдается весной и осенью (до 40...50%), наименьший – зимой (5...10%).

Таблица 2. Средний слой дренажного стока с ЗТ в Северо-Западной зоне РФ [24]

Тип водного питания	Сезон				Год
	зима	весна	лето	осень	
Атмосферный	<u>5...10</u>	<u>30...40</u>	<u>10...15</u>	<u>20...30</u>	<u>70...100</u>
	5...10	40...50	10...15	25...35	100
Атмосферно-намывной, грунтовой	<u>10...20</u>	<u>50...60</u>	<u>20...30</u>	<u>50...60</u>	<u>130...170</u>
	5...10	35...40...	10...20	35...40	100

Примечание. 1. Большие значения стока принимаются для южных и юго-западных районов зоны.

2. В числителе – в мм, в знаменателе – в %.

Выводы

1. Разработан способ оценки расчетных характеристик дренажного стока с селитебных и производственных территорий Северо-Запада РФ, предназначенный для обоснования конструкций и параметров систем водоотведения, учета объемов сбросных вод и определения предельно допустимых сбросов воды в водоприемник. Он учитывает влияние различных факторов гидрологического режима грунтов (климата, типа водного питания, конструкций и параметров дренажной сети).

2. Приведены обобщенные данные по расчетному инфильтрационному притоку и дренажному стоку. Установлено, что средний за год слой дренажного стока с суглинистых и супесчаных грунтов, осушаемых дренажем протяженностью 500-700 м/га, в Северо-Западной зоне РФ составляет 70...100 мм. Для более разреженной сети на ЗТ (300...400 м/га) он уменьшается до 60...80 мм. На территориях с атмосферно-грунтовым типом водного питания дренажный сток примерно в 1,5 раза больше. Наибольший дренажный сток наблюдается весной и осенью (до 40...50 %), наименьший – зимой (5...10%).

Литература

1. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 72 с.
2. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 88 с.
3. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 80 с.
4. СНиП 2.06.15-85*. Инженерная защита территорий от затопления и подтопления. М.: ГУП ЦПП Госстроя России, 2000. 27 с.
5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / ФГУП «НИИ ВОДГЕО». М., 2006. 56 с.
6. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / ВНИИ «ВОДГЕО» (спр. Пособие к СНиП). М.: Стройиздат, 1991. 272 с.
7. Miglio E., Quarteroni A., Salori F. Coupling of free surface and groundwater flows / Univ. degli studi di Milano. Dip. di matematiche. Milano, 2001. 13 p.
8. Groundwater recharge in the arid and semiarid south-western United States. Professional Paper 1703. California, 2007. 414 p.
9. Merser M., Morgan C. Storage and Retrieval of Ground-Water Data at the U. S. Geological Survey // Ground Water. 1982. Volume 20, Issue 5. Pp. 543–551.
10. Bernd H. Digitale Datenerfassung zur Flächenverwaltung von Mooren mit Georadar und Photogrammetrie // Telma : Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde. 2007. Vol. 37. Pp. 77-83.
11. Canasyk D. S., Mapfumo E., Chaikowsky C. Estimating actual evapotranspiration using water budget and soil water reduction methods // Can. J. Soil Sei. 2006. Vol. 86. No. 4. Pp. 757-766.
12. Kreye P., Gocht M., Forster Kr. Entwicklung Prozessgleichungen der Infiltration und des oberflächennahen Abflusses für die Wasserhaushaltsmodellierung // Hydrologie und Wasserbewirtschaft. 2010. Vol. 54, №5. Pp. 268-278.
13. Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1978. 288 с.
14. Канцибер Ю. А., Клишко А. И., Харченко С. И. Методы проектирования водного режима осушаемых земель в Нечерноземной зоне РСФСР. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 82 с.
15. Шебеко В. Ф. Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 311 с.
16. Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 375 с.
17. Лебедев А. В. Методы изучения баланса грунтовых вод. М.: Недра, 1976. 223 с.
18. Вольфцун И. Б. Расчеты элементов баланса грунтовых вод. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 272 с.
19. Парамонова Н. К. Расчет интенсивности инфильтрационного питания и емкостных свойств грунтов по данным изменения уровня грунтовых вод с использованием зависимости van Genuchten // Геологический журнал. 2011. №2. С. 90-96.
20. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. М.: ЦИТП Госстроя России, 2004. 27 с.
21. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 532 с.
22. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 2, ч.1, ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 527 с.
23. Дикаревский В. С., Курганов А. М., Нечаев А. П., Алексеев М. И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.
24. Канцибер Ю. А. Режим стока с осушаемых земель в Северо-Западной зоне РСФСР // Труды СевНИИГиМ (Использование и охрана вод в сельском хозяйстве). СПб.: СевНИИГиМ, 1985. С. 116-124.

** Юрий Алексеевич Канцибер, Санкт-Петербург, Россия*

Тел. раб.: +7(812)457-50-55; эл. почта: kanziber3@yandex.ru

© Канцибер Ю.А., Штыков В.И., 2012

doi: 10.5862/MCE.30.7

Evaluating drainage outflow from residential and industrial areas of North-West Russia

Yu.A. Kantsiber

Saint-Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

V.I. Shtykov

Saint-Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

+7(812)457-50-55; e-mail: kanziber3@yandex.ru

Key words

residential and industrial areas; drainage outflow; hydrological characteristics; water balance; analytical method

Abstract

Existing methods and techniques for calculation of hydrological characteristics of drainage systems are based on existing standards in which such parameters as climate, soils, structures and drainage system features, the data of hydrological and hydrogeological observations are not sufficiently taken into account.

The article presents a method of estimating the design characteristics of the drainage from residential and industrial areas of North-West Russia, intended to substantiate structures and parameters of drainage systems, to account the volume of waste water and to determine maximum allowable discharge of water into diversion chamber. The method is based on a synthesis of available materials, with use of simple and appropriate calculated dependences of the drainage outflow characteristics on determining factors. Various factors of the soils hydrological regime are taken into account (climate, type of water supply, drainage structures and parameters of the network).

The infiltration inflow and drainage flow for the north-western area of Russia are calculated.

References

1. *SNiP 2.04.03-85. Kanalizatsiya. Naruzhnyye seti i sooruzheniya* [Drain. External networks and facilities. National building standard]. Moscow: TsITP Gosstroya SSSR, 1986. 72 p. (rus)
2. *SP 33-101-2003. Opredeleniye osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Definition of the basic design hydrological characteristics. National building standard]. Moscow: Gosstroy Rossii, 2004. 88 p. (rus)
3. *SNiP 2.06.03-85 Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya* [Drainage systems and structures. National building standard]. Moscow: TsITP Gosstroya SSSR, 1986. 80 p. (rus)
4. *SNiP 2.06.15-85*. Inzhenernaya zashchita territoriy ot zatopeniya i podtopleniya* [Engineering protection areas from flooding and inundation. National building standard]. Moscow: GUP TsPP Gosstroya Rossii, 2000. 27 p. (rus)
5. *Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska yego v vodnyye obyekty* [Recommendations for the calculation of collection, disposal and cleaning of surface runoff from residential areas, sites of enterprises and the definition of the conditions of his release into water]. Moscow: 2006. 56 p. (rus)
6. *Prognozy podtopleniya i raschet drenazhnykh sistem na zastraivayemykh i zastroyennykh territoriyakh* [Forecasts of flooding and the calculation of drainage systems for built and built-up areas]. Moscow: Stroyizdat, 1991. 272 p. (rus)
7. Miglio E., Quarteroni A., Salori F. *Coupling of free surface and groundwater flows*. Univ. degli studi di Milano. Dip. di matematica. Milano, 2001. 13 p.
8. *Groundwater recharge in the arid and semiarid south-western United States*. Professional Paper 1703. California: 2007. 414 p.
9. Merser M., Morgan C. Storage and Retrieval of Ground-Water Data at the U. S. Geological Survey. *Ground Water*. 1982. Volume 20, Issue 5. Pp. 543-551.
10. Bernd H. Digitale Datenerfassung zur Flächenverwaltung von Mooren mit Georadar und Photogrammetrie. *Telma: Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde*. 2007. Vol. 37. Pp. 77-83.

Kantsiber Yu.A., Shtykov V.I. Evaluating drainage outflow from residential and industrial areas of North-West Russia

11. Canasyk D. S., Mapfumo E., Chaikowsky C. Estimating actual evapotranspiration using water budget and soil water reduction methods. *Can. J. Soil Sei.* 2006. Vol. 86. No. 4. Pp. 757-766.
12. Kreye P., Gocht M., Forster Kr. Entwicklung Prozessgleichungen der Infiltration und des oberflächennahen Abflusses für die Wasserhaushaltsmodellierung. *Hydrologie und Wasserbewirtschaft.* 2010. Vol. 54, №5. Pp. 268-278.
13. Averyanov S. F. *Borba s zasoleniyem oroshayemykh zemel* [Salinity control of irrigated lands]. Moscow: Kolos, 1978. 288 p. (rus)
14. Kantsiber Yu. A., Klimko A. I., Kharchenko S. I. *Metody proyektirovaniya vodnogo rezhima osushayemykh zemel v Nechernozemnoy zone RSFSR* [Methods for designing the water regime of drained land in the Non-Chernozem zone of the RSFSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 82 p. (rus)
15. Shebeko V. F. *Gidrologicheskiye raschety pri proyektirovanii osushitelnykh i osushitelno-uvlazhnitelnykh system* [Hydrologic calculations for design of drainage and drainage-watering systems]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 311 p. (rus)
16. Kharchenko S. I. *Gidrologiya oroshayemykh zemel* [Hydrology of irrigated lands]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 375 p. (rus)
17. Lebedev A. V. *Metody izucheniya balansa gruntovykh vod* [Methods for studying the balance of groundwater]. Moscow: Nedra, 1976. 223 p. (rus)
18. Volftsun I. B. *Raschety elementov balansa gruntovykh vod* [Calculations of the groundwater elements balance]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 272 p. (rus)
19. Paramonova N. K. *Geologichniy zhurnal* [Geological journal]. 2011. No. 2. Pp. 90-96. (rus)
20. *SNiP 33-01-2003. Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya* [Hydraulic structures. National standard]. Moscow: TsITP Gosstroya Rossii, 2004. 27 p. (rus)
21. Konstantinov A. R. *Ispareniye v prirode* [Evaporation in nature]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968. 532 p. (rus)
22. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR* [Surface water resources of the USSR]. Vol 2, p.1, p. 2. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 527 p. (rus)
23. Dikarevskiy V. S., Kurganov A. M., Nechayev A. P., Alekseyev M. I. *Otvedeniye i ochistka poverkhnostnykh stochnykh vod* [Discharge and treatment of surface wastewater]. Leningrad: Stroyizdat, 1990. 224 p. (rus)
24. Kantsiber Yu. A. *Trudy SevNIIGiM (Ispolzovaniye i okhrana vod v selskom khozyaystve)* [Proceedings of the SevNIIGiM (use and water protection in agriculture)]. Saint-Petersburg: SevNIIGiM, 1985. Pp. 116-124. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 46-51.