

С. Ю. ТЕПЛЫХ**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСХОДА
ФИЛЬТРАЦИОННОГО СТОКА С ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ****RESEARCH TO DETERMINE FILTRATION FLOW FROM THE RAILWAY**

Представлен анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути. Показано, что одной из задач проектирования и расчета систем поверхностного водоотвода является определение параметров потока, прежде всего расхода. Наиболее распространена схематизация потока как равномерного и решается как задача в двумерной постановке по формулам Шези, соответственно получаем формулу расхода фильтрационного стока. Установлено, что поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение балластной призмы и возникает два боковых выброса. Выявлена зависимость расхода сточных вод от загрязненности железнодорожных путей. Концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах значительно влияет на расход и коэффициент поверхностного стока, а также на расход фильтрационного стока. Сделан вывод, что чем более загрязнены железнодорожные пути вязкими нефтепродуктами, тем меньшее количество жидкости просачивается через балластную призму и уменьшается фильтрационный сток с железнодорожных путей. Образуется непроницаемый слой нефтепродуктов, пыли (взвешенных веществ) влияет на скопление поверхностных сточных вод на железнодорожных путях и вдоль них. Соответственно, чем меньше загрязнены пути, тем больше боковое высачивание и поступление фильтрационного стока в грунт.

Ключевые слова: поверхностный сток, фильтрационный сток, железнодорожный путь, атмосферные осадки, просачивание, расчет расходов воды

В настоящее время особое внимание уделяется поверхностным стокам, а также их последующему движению по балластной призме и впитыванию в поверхности и грунты. Наиболее часто рассматривают качественные и количественные характеристики поверхностного тока с территорий населенных пунктов и промышленных предприятий [1–5]. Такими предприятиями являются железнодорожные станции, перегоны, пункты сортировки вагонов и пр. Данные предприятия относятся к линейным сооружениям, так как вытянуты по площади на большом расстоянии, что затрудня-

The analysis and characteristics of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track are presented. It is shown that one of the tasks of designing and calculating surface drainage systems is to determine the parameters of the flow, primarily the flow. The most common schematization of the flow as a uniform flow is solved as a problem in a two-dimensional setting using the Chezy formulas, respectively, we obtain the formula for the flow rate of the seepage flow. It has been established that surface water seeps through the upper and lower structures of the ballast prism. There are two lateral ejections. The dependence of wastewater consumption on the pollution of railways is revealed. The concentration of oil products in surface wastewater significantly affects the flow rate and coefficient of surface runoff, as well as the flow rate of seepage flow. It is concluded that the more contaminated the railway tracks with binder oil products, the less liquid seeps through the ballast prism and the filtration runoff from the railway tracks decreases. The resulting impermeable layer of oil products, dust (suspended matter) affect the accumulation of surface sewage on and along the railway tracks. Accordingly, the more uncontaminated the paths, the greater the lateral seepage and the inflow of filtration runoff into the soil.

Keywords: surface runoff, filtration runoff, railway track, atmospheric precipitation, seepage, calculation of water consumption

ет расчет поверхностных и фильтрационных сточных вод. Соответственно рационально рассматривать только участки железнодорожных станций, повышенных путей и участков пересечения железнодорожных путей с водными объектами [6].

Определение количества фильтрационного стока является одной из важнейших задач для водоотведения поверхностных сточных вод. Это обуславливается как свойствами грунтов, так и местом их расположения. В настоящем исследовании рассматривается фильтрационный сток с железнодорожного пути. На это влияет

строение верхнего и нижнего пути балластной призмы железнодорожного пути, количество выпавших осадков и их интенсивность, а также скорость движения воды через поры грунта [7].

Для фильтрационного стока были проведены исследования на участке экспериментального железнодорожного пути [8]. Подача воды на установку (рис. 1) варьировалась согласно характерной интенсивности дождя по Самарской области для определения зависимости коэффициента фильтрационного стока от интенсивности дождя (табл. 1).

Данные исследования подтверждают выводы о характере фильтрации и высачивании жидкости на границе сред [9]. Рассмотрим вопрос по определению коэффициента фильтрации водоносных пород при мгновенном и локальном насыщении водой на действующих железнодорожных путях [10, 11] при условии объема влаги и смачиваемой площади S_d или ее радиуса R_d . Для дальнейших расчетов принимаем значения по лотку № 1, так как он проложен в двух средах – щебне и песке. На основании табл. 1 построен график зависимости коэффициента поверхностного стока от времени и интенсивности дождя [8] (рис. 2, 3).

Экспоненты, описывающие расположение точек уравнениями, имеют степенные функции (см. рис. 2, 3), это означает предварительное накопление жидкости в поровом пространстве балластной призмы и последующее ее высачивание на разделе сред [9].

Согласно представленным графикам на рис. 2, 3, зависимость коэффициента поверхностного стока от интенсивности выпадения дождя выражается логарифмической функцией, соответственно при возрастании интенсивности дождя коэффициент поверхностного стока снижается. На основании исследований характера фильтрации поверхностного стока и его анализа можно сделать вывод, что изначально происходит накопление жидкости в теле балластной призмы, а затем ее выброс в боковом направлении [6].

До настоящего времени рассматривалась чистая жидкость на незагрязненном щебне (идеальный опыт). Необходимо провести опыты в реальных условиях. Была отобрана поверхностная сточная вода (три серии опытов) и проанализирован характер фильтрации (среднее значение) в зависимости от загрязняющих ингредиентов [8] (табл. 2, рис. 3).

В этом случае в слое щебня в результате просачивания формируется фильтрационный канал с тем же радиусом R_d и изменённой скоростью фильтрации $C_{\text{щеб}}$. На границе щебня и песка происходит расширение фильтрационного канала до величины $R_{\text{пес}}$ исходя из формулы

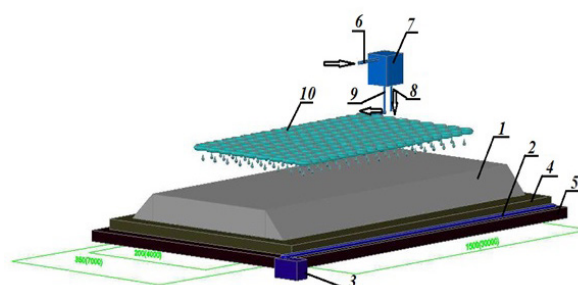


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – балластная призма; 2 – водосборный лоток; 3 – мерная емкость; 4 – слой геотекстиля; 5 – грунтовый слой; 6 – подвод воды из водопровода; 7 – емкость для подачи воды; 8 – переливной трубопровод; 9 – подвод воды к оросителю; 10 – ороситель

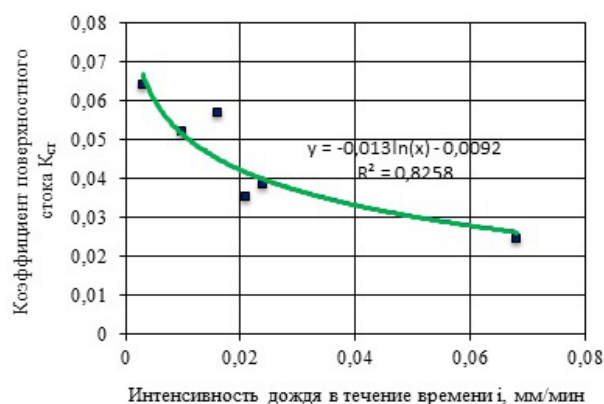


Рис. 2. Зависимость коэффициента поверхностного стока от интенсивности дождя на экспериментальном участке железнодорожного пути:

y – уравнение, описывающее построение аппроксимирующей (сглаживающей) кривой; R^2 – величина достоверности аппроксимации (сглаживания)

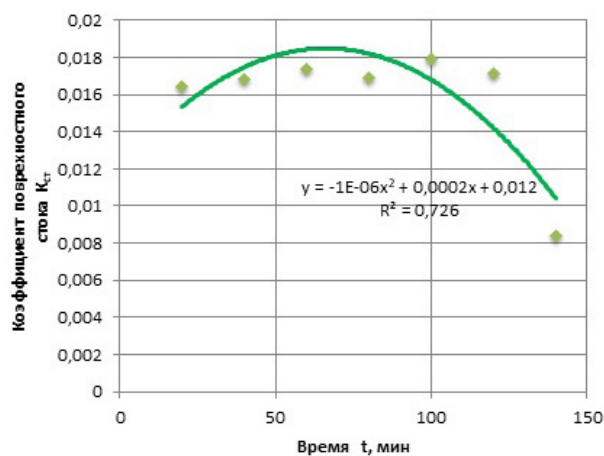


Рис. 3. Зависимость коэффициента поверхностного стока от времени на экспериментальном участке железнодорожного пути

Таблица 1

Определение коэффициента фильтрационного стока
на экспериментальном участке железнодорожного пути

№ п/п	t , мин	q , л	Q , л	$K_{ст}$	i , мм/мин
1	20	3,954	0,073	0,0184	0,012
2	40	4,362	0,078	0,0179	0,015
3	80	4,583	0,085	0,0185	0,017
4	100	5,748	0,104	0,0181	0,023
5	120	6,112	0,116	0,0190	0,026
6	140	4,095	0,081	0,0198	0,013
7	160	2,703	0,033	0,0110	0,008

Здесь t – время выпадения дождя, мин; q – объем поверхностного стока, попавшего на экспериментальный участок железнодорожного пути, л; Q – объем поверхностного стока, попавшего в водосборные емкости, л; $K_{ст}$ – коэффициент поверхностного стока; i – интенсивность дождя с течением времени, мм/мин

Таблица 2

Изменения вязкости от концентраций загрязняющих веществ

Показатель	Объем, м ³	Среднее значение времени впитывания	Корректировочный фактор $K_{сред}$	Среднее квадратичное отклонение
Вода дистиллированная	0,2	47 мин 13 с	1	0
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л)	0,2	40 мин 21 с	1,23	0,21
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 250 мг/л)	0,2	2 ч 18 мин 21 с	2,27	0,33
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 500 мг/л)	0,2	2 ч 30 мин 35 с	2,82	0,2
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 750 мг/л)	0,2	1 ч 56 мин 34 с	2,52	0,06
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 1000 мг/л)	0,2	1 ч 50 мин 28 с	2,73	0,19
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 5000 мг/л)	0,2	1 ч 44 мин 54 с	2,48	0,03
Модельный раствор (Fe = 7,4 мг/л, нефтепр. = 10000 мг/л)	0,2	1 ч 35 мин 45 с	2,12	0,04

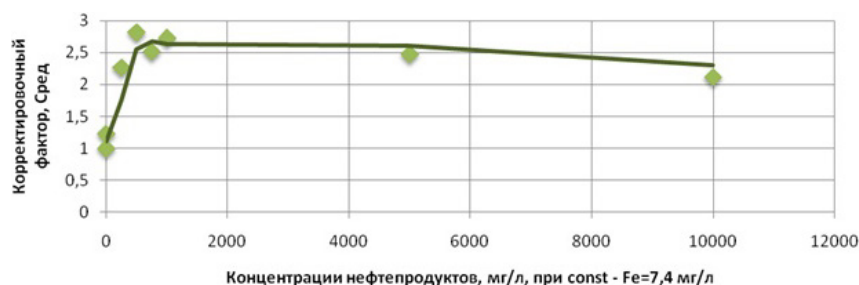


Рис. 4. Зависимость характера фильтрации
от концентрации нефтепродуктов через корректировочный фактор

$$L_{\text{низ}} = \left(\frac{C_{\text{верх}}}{C_{\text{низ}}} \right) \cdot L_{\text{верх}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{низ}}$, $L_{\text{верх}}$ – расширение фильтрационного потока жидкости (ширина потока жидкости); $C_{\text{верх}}$, $C_{\text{низ}}$ – скорости фильтрации жидкости.

$$R_{\text{пес}} = \sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{пес}}}} \cdot R_{\text{л}}. \quad (2)$$

Фильтрация в песке продолжается путем снижения скорости фильтрации $C_{\text{пес}}$. На границе песка и грунта происходит вторичное снижение скорости фильтрации (до величины $C_{\text{гр}}$) и расширение фильтрационного канала до величины $R_{\text{гр}}$:

$$R_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{гр}}}} \cdot R_{\text{л}}. \quad (3)$$

Следует отметить, что, как правило (см. табл. 1, 2), коэффициент фильтрации песка уменьшается по отношению к коэффициенту фильтрации щебня, а коэффициент фильтрации грунта – во много раз уменьшается по отношению к коэффициенту фильтрации песка.

Численные оценки показывают, что радиус фильтрационного канала в песке в $\sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{пес}}}} \approx 4,42$ раза больше радиуса скопившейся на поверхности грунта жидкости, а радиус фильтрационного канала в грунте – в $\sqrt{\frac{C_{\text{щеб}}}{C_{\text{гр}}}} \approx 67$ раз больше радиуса скопившейся на поверхности грунта жидкости. Ясно, что любое скопление жидкости на железнодорожных путях приводит к боковым выбросам как на границе слоя щебня и песка, так и на границе слоя песка и грунта.

Строгие геометрические оценки достаточно громоздки, но в предположении $C_{\text{щеб}} \gg C_{\text{пес}} \gg C_{\text{гр}}$, $R_{\text{л}} \approx \frac{L_{\text{пути}}}{2}$, ($L_{\text{пути}}$ – ширина пути) с использованием формул (1) и (2) можно определить долю жидкости, выброшенной на границе щебня и песка, как $\Delta_{\text{щеб/пес}}$:

$$\Delta_{\text{щеб/пес}} \approx 1 - \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_{\text{пес}}}{C_{\text{щеб}}}} \cdot \frac{L_{\text{пути}}}{R_{\text{л}}}, \quad (4)$$

а долю жидкости, выброшенной на границе песка и грунта, как $\Delta_{\text{пес/гр}}$:

$$\Delta_{\text{пес/гр}} \approx \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C_{\text{пес}}}{C_{\text{щеб}}}} \cdot \frac{L_{\text{пути}}}{R_{\text{л}}} \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{C_{\text{пес}}} \right). \quad (5)$$

Основная часть просачиваемой жидкости выбрасывается на границе щебня и песка, а оставшаяся небольшая часть жидкости – на границе песка и грунта. Так, в частности, при принятых выше предположениях для численных оценок и дополнительном предположении, что $R_{\text{л}} \approx \frac{L_{\text{пути}}}{2}$, имеем: $\Delta_{\text{щеб/пес}} \approx 71,3 \%$, $\Delta_{\text{пес/гр}} \approx$

28,7 %. Это означает, что примерно 2/3 просачиваемой жидкости выбрасывается на границе щебня и песка, а почти вся оставшаяся 1/3 – на границе песка и грунта даже при полном отсутствии геотекстиля.

Кроме того, необходимо определить время впитывания жидкости $t_{\text{впит}}$, а также временную задержку между временем возникновения скопления жидкости на поверхности и временем выброса на границах сред. Действительно, приняв для глубины скопившейся жидкости, для времени впитывания имеем:

$$t_{\text{впит}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (6)$$

Сравнивая время начала выброса на границе щебень-песок с моментом подхода фильтрационной «капли» жидкости к этой границе и введя высоту слоя щебня $h_{\text{щеб}}$, а также учитывая, что скорость движения жидкости в щебне равна $C_{\text{щеб}} / m_{\text{щеб}}$, для задержки начала выброса на границе щебень-песок $t_{\text{щеб/пес}}$ имеем:

$$t_{\text{щеб/пес}} = \frac{h_{\text{щеб}} \cdot m_{\text{щеб}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (7)$$

Продолжительность выброса $\Delta t_{\text{щеб/пес}}$ можно определить, приняв, что высота «капли» жидкости равна $h_{\text{макс}} / m_{\text{щеб}}$, а скорость ее перемещения – $C_{\text{щеб}} / m_{\text{щеб}}$.

В итоге имеем:

$$\Delta t_{\text{щеб/пес}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{щеб}}}. \quad (8)$$

Аналогично оценивается время задержки и продолжительность выброса на границе песок-грунт:

$$t_{\text{пес/гр}} = \frac{h_{\text{пес}} \cdot m_{\text{пес}}}{C_{\text{пес}}}, \quad (9)$$

$$\Delta t_{\text{пес/гр}} = \frac{h_{\text{макс}}}{C_{\text{пес}}}. \quad (10)$$

Например, предполагая для чистой воды, что $h_{\text{макс}} = 0,05$ м, $h_{\text{щеб}} = h_{\text{пес}} = 0,5$ м, имеем: $t_{\text{щеб/пес}} = 23$ с, $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 5$ с, $t_{\text{пес/гр}} = 147$ с, $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 98$ с, согласно формулам (7) – (10). Из этого следует, что впитывание скопившейся жидкости и боковой выброс жидкости происходят достаточно быстро, т. е. выброс на границе балластной призмы и песчаной подушки начинается уже через 23 с после выпадения проливного дождя (ливня) и заканчивается через 28 с, а выброс на границе песчаной подушки и грунта начинается через 103 с и заканчивается через 350 с.

Отметим, что определение длительности времени выброса жидкости (Δt) зависит от интенсивности дождя (или иного способа оро-

шения поверхности) по закону прямой пропорциональности, а определение их задержек (t) – не зависит от нее. Так, например, если вместо 50 мм осадков (как принято в нашем случае – чистой воды) будет всего 5 мм загрязненной воды, время выброса жидкости изменится следующим образом: $t_{\text{впит}} = 0,5$ с, $t_{\text{щеб/пес}} = 23$ с, $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 0,5$ с, $t_{\text{пес/гр}} = 147$ с, $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 9,8$ с.

На основании полученных результатов можно рассмотреть процессы фильтрации поверхностного стока, загрязнённого нефтепродуктами через пористые среды.

Следовательно, при высоте слоя воды $h_{\text{макс}} = 0,05$ м загрязненного поверхностного стока, при концентрации в нем нефтепродуктов $C_{\text{нефт}} = 250$ мг/л, высота столба жидкости в балластной призме будет $h_{\text{щеб}} = h_{\text{пес}} = 0,5$ м, тогда имеем время просачивания жидкости: $t_{\text{щеб/пес}} = 52,21$ с на границе фаз «щебень – песок», а время выброса $\Delta t_{\text{щеб/пес}} = 11,35$ с.

Соответственно время просачивания жидкости на границе фаз «песок – грунт» будет $t_{\text{пес/гр}} = 333,69$ с, время выброса $\Delta t_{\text{пес/гр}} = 222,46$ с. Расчеты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Варианты поведения жидкости при ее просачивании при $L = 2,925$ м
(1/4 поперечного разреза железнодорожного пути при двухпутном пути $L = 11,7$ м)

Ситуация для чистой балластной призмы	Результат	Ситуация для загрязненной (1/1,23) балластной призмы	Ситуация для загрязненной (1/2,27) балластной призмы
$Q < Q_{\text{гр}} = 0,059$ л/с 0 – 0,02 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути	$Q < Q_{\text{гр}} = 0,048$ л/с 0 – 0,016 %	$Q < Q_{\text{гр}} = 0,026$ л/с 0 – 0,008 %
$0,059$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 14,0 л/с 0,02 – 4,7 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает один боковой выброс воды (песок – грунт)	$0,048$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 11,38 л/с 0,016 – 3,8 %	$0,026$ л/с = $Q_{\text{гр}} < Q < Q_{\text{пес}}$ = 6,17 л/с 0,008 – 2,06 %
$14,0$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 269,0 л/с 4,7 – 89,6 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает два боковых выброса воды (щебень – песок, песок – грунт)	$11,38$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 218,7 л/с 3,8 – 72,67 %	$6,17$ л/с = $Q_{\text{пес}} < Q < Q_{\text{щеб}}$ = 118,5 л/с 2,06 – 39,5 %
$Q > Q_{\text{пес}} = 269,0$ л/с 89,6 – 100 %	Поверхностная вода просачивается через верхнее и нижнее строение пути (грунт – суглинок, песок – речной, щебень – гранитный 40×70 мм) по размерам железнодорожного пути. Возникает два боковых выброса воды (щебень – песок, песок – грунт)	$Q > Q_{\text{пес}} = 218,7$ – 260,8 л/с 72,67–86,93(100) %	$Q > Q_{\text{пес}} = 118,8$ – 143,6 л/с 39,5 – 47,9(100) %

Вывод. Концентрация нефтепродуктов в поверхностных сточных водах значительно влияет на расход и коэффициент поверхностного стока, а также на расход фильтрационного стока. Чем более загрязнены железнодорожные пути, тем меньшее количество жидкости просачивается через балластную призму и уменьшается фильтрационный сток с железнодорожных путей. Образующийся непроницаемый слой нефтепродуктов и пыли (взвешенных веществ) влияет на скопление поверхностных сточных вод на железнодорожных путях и вдоль них. Соответственно, чем меньше загрязнены пути, тем больше боковое высачивание и поступление фильтрационного стока в грунт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование загрязнения водотоков поверхностным стоком с железнодорожного полотна / Н.С. Бухман, С.Ю. Теплых, А.К. Стрелков, П.А. Горшкалева // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 12. С. 44–52.
2. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Технологические схемы сбора, отведения и очистки поверхностных сточных вод предприятий железнодорожного транспорта // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 3. С. 73–78.
3. Теплых С.Ю., Бухман Н.С. Виды водоотводящих инженерных систем железнодорожных комплексов // Градостроительство и архитектура. 2021. № 4 (11). С. 22–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.3.
4. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А. Изучение качественных характеристик поверхностного стока с железнодорожных путей // Градостроительство и архитектура. 2013. № 1. С. 61–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.10.
5. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалева П.А., Саргсян А.М. Экологические аспекты воздействия поверхностных сточных вод с железнодорожных станций // Градостроительство и архитектура. 2013. № 4. С. 83–88. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.04.23.
6. Теплых С.Ю. Количественные характеристики поверхностного стока с железнодорожных путей // Градостроительство и архитектура. 2022. № 4 (12). С. 42–51. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.06.
7. Бухман Н.С., Теплых С.Ю., Бухман Л.М. Динамика впитывания жидких загрязнений в пористый грунт // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 4 (132). С. 51–59.
8. Стрелков А.К., Теплых С.Ю. Определение расхода фильтрационного стока железнодорожного пути // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сб. статей / под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара, 2020. С. 272–280.
9. Анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути / А.К. Стрелков, С.Ю. Теплых, Н.С. Бухман, А.М. Саргсян // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 12. С. 63–72.
10. Теплых С.Ю., Саргсян А.М. Влияние поверхностного стока с путей на водные объекты // Путь и путевое хозяйство. М., 2012. № 5. С. 27–29. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки П-717-80. М.: Энергоиздат, 1981. 91 с. (действующее).

REFERENCES

1. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Strelkov A.K., Gorshkalev P.A. Mathematical modeling of pollution of watercourses by surface runoff from the railway bed. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2018, no. 12, pp. 44–52. (in Russian)
2. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Technological schemes for the collection, disposal and treatment of surface wastewater of railway transport enterprises. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 3, pp. 73–78. (in Russian)
3. Teplykh S.Yu., Bukhman N.S. Types of drainage engineering systems of railway complexes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 22–35. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.3
4. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A. Study of qualitative characteristics of surface runoff from railway tracks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2013, no. 1, pp. 61–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.10
5. Teplykh S.Yu. Quantitative characteristics of surface runoff from railway tracks. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 42–51. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.06
6. Bukhman N.S., Teplykh S.Yu., Bukhman L.M. Dynamics of absorption of liquid contaminants into porous soil. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov* [Problems of gathering, processing and transportation of oil and petroleum products], 2021, no. 4(132), pp. 51–59. (in Russian)
7. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu. Determination of the flow rate of the filtration runoff of the railway track. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sb. statej / pod red. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies: Sat. articles/ed. M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova]. Samara, 2020, pp. 272–280. (In Russian).
8. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Bukhman N.S., Sargsyan A.M. Analysis and characterization of surface runoff filtration in the ballast prism of the railway track. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2015, no. 12, pp. 63–72. (in Russian)
9. Teplykh S.Yu., Sargsyan A.M. Influence of surface runoff from tracks on water bodies. *Pu' i putevoe*

hozjajstvo [Path and Track Management], Moscow, 2012, no. 5, pp. 27–29. (in Russian)

10. *Rukovodstvo po opredeleniju koeficienta fil'tracii vodonosnyh porod metodom opytnoj otkachki P-717-80* [Guidelines for Determining the Filtration Coefficient of Aquifers by Pilot Pumping P-717-80]. Moscow, Energoizdat, 1981. 91 p.

Об авторе:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

Самарский государственный технический университет
Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kafvv@mail.ru

TEPLYH Svetlana Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor the Water Supply and Wastewater Chair

Samara State Technical University
Academy of Civil Engineering and Architecture
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю. Исследования по определению расхода фильтрационного стока с железнодорожного пути // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 57–63. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.8. For citation: Teplykh S.Yu. Research to Determine Filtration Flow from the Railway. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 57–63. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.8.