



УДК 639.2:081.11

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛКА ГОРЛОВКА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

А.В. Кикот, А.С. Левашов

**HYDRAULIC CALCULATION IMPROVED METHOD OF WATER SUPPLY SYSTEM IN RURAL SETTLEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE GORLOVKA VILLAGE IN KALININGRAD REGION)**

A.V. Kikot, A.S. Levashov

**Аннотация.** Использование современных информационных технологий для усовершенствования методов гидравлического расчета позволяет снизить стоимость разработки проектов систем водоснабжения сельских поселений. В качестве примера рассмотрено водоснабжение посёлка Горловка Гурьевского района Калининградской области, которое в настоящее время осуществляется из подземного водного горизонта (скважина глубиной 81 метр 1982 года бурения). Расчётный дефицит существующей системы водоснабжения составляет 75%, срок эксплуатации – 35 лет. Чтобы ликвидировать дефицит водоснабжения поселка, на основании выполненных гидравлических расчетов, были подобраны поперечные размеры полиэтиленовых водопроводных труб, современные погружные насосы и новая водонапорная башня. Для улучшения качественных показателей воды в систему водоснабжения был введен фильтр обезжелезиватель и ультрафиолетовый стерилизатор.

**Ключевые слова:** водоснабжение поселка; трассировка системы; гидравлический расчет; полиэтиленовые трубы; погружной насос; фильтр; ультрафиолетовый стерилизатор; водонапорная башня.

**Abstract.** The use of modern information technology to improve methods of hydraulic calculation, allows to reduce the cost of development projects of water supply systems in rural settlements. As example the water supply of the village of Gorlovka Guriev district of Kaliningrad region, which currently comes from underground water horizon (the well depth of 81 meters 1982 drilling). The estimated deficit of the existing system of water supply is 75%, life 35. To eliminate the deficit of water supply of the village, based on the hydraulic calculations were matched transverse sizes of plastic water pipes, modern submersible pumps and a new water tower. To improve the quality of water in the water supply system was introduced filter purification from iron and UV sterilizer.

**Keywords:** water supply of settlement; trace of system; hydraulic calculation; polyethylene pipes; submersible pump; filter; a ultra-violet sterilizer; a water tower.

**Введение**

Системы водоснабжения многих сельских поселений Калининградской области устарели, не справляются с нагрузкой, нуждаются в реконструкции. В отдельных сельских поселениях централизованные системы водоснабжения отсутствуют. Для включения в федеральные и региональные программы должен быть представлен проект строительства (реконструкции) систем водоснабжения и водоотведения. Что заметно увеличивает финансовую нагрузку на муниципальные образования. Использование современных информационных технологий для усовершенствования методов гидравлического расчета систем водоснабжения сельских поселений является актуальной задачей, так как позволит снизить стоимость разработки проектов.

В качестве примера рассмотрено водоснабжение посёлка Горловка Гурьевского района, которое в настоящее время осуществляется из подземного водного горизонта (скважина глубиной 81 метр 1982 года бурения) [1]. Расчётный дефицит существующей системы водоснабжения составляет 75%, срок эксплуатации – 35 лет. Физический и химико-бактериологический состав воды по ГОСТ 28-74-82 «Вода питьевая» [2] является удовлетворительным по всем показателям, кроме содержания железа, которое превышает рекомендуемый показатель практически в 19 раз.

### **Характеристика водопотребителей и вариант системы водоснабжения посёлка**

В посёлке Горловка в двенадцати домах проживает 75 человек [1]. Кроме того, водопотребителями являются животноводческая ферма, дом быта, магазин, которые занимают три строения. Выполненный в среде Mathcad [3] расчёт водопотребления составил 21 м<sup>3</sup> в сутки и совпал с данными, приведенными в [1]. Трассировка водопроводной сети показана на Yandex-карте посёлка (рис. 1). Длина трубопровода, рассчитанная по карте, равняется 1029 метрам.



Рисунок 1 – Трассировка водопроводной сети на Yandex-карте посёлка Горловка

### **Выбор труб для системы внешнего водоснабжения**

В настоящее время для прокладки наружных коммуникаций используют в основном изделия из полиэтилена. К достоинствам полиэтиленовых труб относятся их высокая стойкость против коррозии, небольшой вес, диэлектричность, гладкость стенок, малая теплопроводность и простота механической обработки. Они гораздо легче металлических, обладают хорошей эластичностью. Прогнозируемый безаварийный срок службы полиэтиленовых труб до 50 лет. Поэтому для системы наружного водоснабжения посёлка были выбраны трубы из полиэтилена по ГОСТ [4].

Гидравлические расчеты были выполнены для объединенной системы наружного водоснабжения, т.е. подающей воду питьевого качества и одновременно на пожаротушение. Для определения номинальных диаметров полиэтиленовых труб были определены два типа расходов: расчетный, исходя из водопотребления посёлка, и пожарный. Так как пожарный расход оказался много больше расчетного, то он и был использован для определения диаметров трубопровода. Все расчеты по определению диаметров труб на каждом участке трубопровода были выполнены в среде Mathcad, приведены в табл. 1. Предусмотрен проверочный гидравлический расчет с учетом отложений в водопроводных трубах [5].

Таблица 1 – Номинальные наружные и внутренние диаметры полиэтиленовых труб по участкам трубопровода

№ участка	Расчетный расход, л/с	Расчетный диаметр трубы $d_{pi}$ , мм	Расчетный диаметр трубы $d_{ni}$ , мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Номинальный наружный диаметр, мм	Действительная скорость $V$ , м/с
0-1	0,05	7,98	48,3	59	63	0,6
1-2	0,093	10,88	91,7	63	104	0,8
1-3	0,05	7,98	48,3	59	63	0,6
3-4	0,05	7,98	48,3	59	63	0,6
3-5	0,061	8,81	52,9	59	63	0,5
5-6	0,05	7,98	48,3	59	63	0,6
5-7	0,075	9,77	58,3	59	63	0,5
7-8	0,05	7,98	48,3	59	63	0,6
8-9	0,719	9,54	57,0	59	63	0,5
9-10	0,043	7,4	45,1	59	63	0,6

### Выбор водонапорной башни

Потребление водонапорной воды в течение суток отличается крайней неравномерностью. Расчетная гистограмма расхода воды в поселке приведена на рис. 2. В системе водоснабжения поселка предусмотрена водонапорная башня. Эта конструкция выполняет функцию регулирования всех операций водопроводной системы: контролирует процесс расходования, напора, подачи воды, регулирует работу насоса, осуществляет создание запаса воды [6].

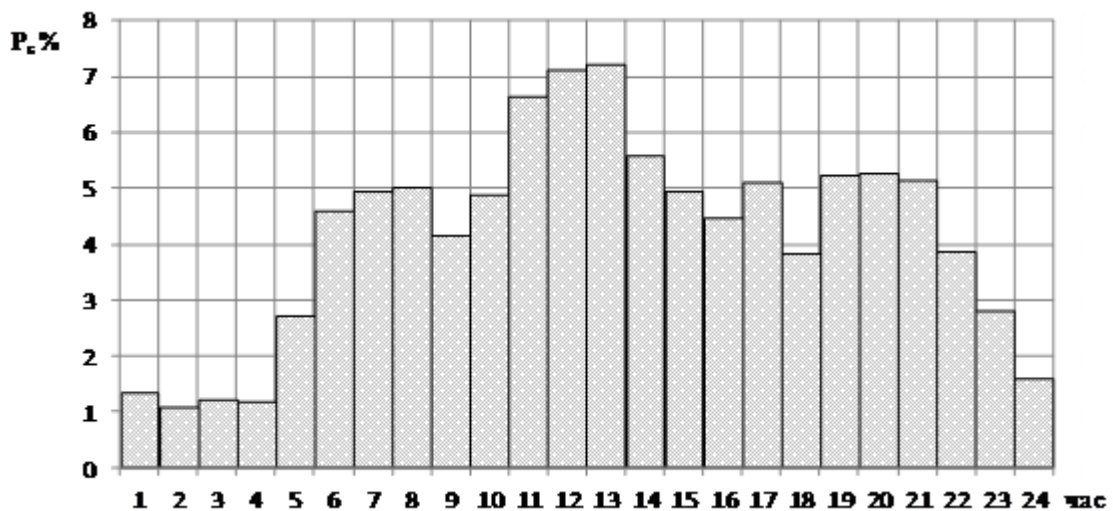


Рисунок 2 – Гистограмма расхода воды в течение суток в поселке Горловка

При отсутствии водонапорной башни из-за неравномерности расхода насос быстро выйдет из строя. Поэтому были выполнены все необходимые типовые расчеты [3] по выбору водонапорной башни и подобрана ее марка: БР-10-1 системы Рожновского с объемом бака  $w=6,15 \text{ м}^3$ , общей высотой 11,2 метров. В оборудование для водонапорных башен входят такие элементы как трубы, осуществляющие подачу и отвод воды, датчик уровня воды, который осуществляет контроль над тем, чтобы резервуар не переполнялся, и измерительная система, которая точно указывает уровень, находящейся в резервуаре воды [6].

### Оборудование для повышения качества питьевой воды

В табл. 2 приведены показатели качества воды водоносного горизонта на территории Храбровского сельского поселения [7]. Количество железа в воде превышает нормативный показатель в девятнадцать раз, остальные показатели находятся в пределах нормы.

Таблица 2 - Показатели качества воды водоносного горизонта в районе поселка Горловка Гурьевского района [7]

Показатели качества	Единица измерения	Результаты анализа исходной воды	Требования к качеству питьевой воды	Примечание
Активная реакция, рН	Балл	7,2	6...9	Удовл.
Жесткость	Мг-экв/л	5,2	7,0	Удовл.
Сухой остаток	Мг/л	409	1000	Удовл.
Окисляемость по O <sub>2</sub>	Мг/л	2,88	5,02	Удовл.
Нефтепродукты	Мг/л	0	0,1	Удовл.
Fe	Мг/л	<b>1,52</b>	0,3	<b>Не удовл.</b>
Мутность	Мг/л	1,1	1,5	Удовл.
Цветность	Град	17	20	Удовл.
Запах	Балл	1,8	2	Удовл.

Для очистки воды от железа в состав системы водоснабжения ввели специальный фильтр марки ЕІМ-17. Процесс фильтрации состоит из нескольких этапов [8]:

- 1 - вода с железом через управляющую автоматику попадает в баллон фильтра;
- 2 - при помощи специального устройства она равномерно подается в толщу фильтрующей загрузки;
- 3 - проходя через фильтрующий материал, железо задерживается на его поверхности, а очищенная вода поступает на дно баллона;
- 4 - через водоподъемную трубу очищенная вода подается в систему водоснабжения.
- 5 - система выходит на промывку, удаляя скопившееся железо из баллона.

Чаще всего в фильтрах для очистки воды от железа используется фильтрующий материал *Віrm* от компании *Clack Corporation*. *Віrm* — это фильтрующий материал промышленного производства, состоящий из легкого кремниевого ядра со специальным покрытием, содержащим диоксида марганца, который служит катализатором реакции окисления соединений железа растворенным в воде кислородом. Нерастворимые соединения железа, появляющиеся в воде в результате окисления, осаждаются в слое загрузки. *Віrm* не расходует в процессе удаления железа и является более экономичным по сравнению с другими загрузками [9].

Для обеззараживания воды (уничтожение микробов, бактерий и вирусов) в систему водоснабжения введен ультрафиолетовый стерилизатор *UV36GPM*. Ультрафиолетовые стерилизаторы представляют собой камеру из нержавеющей стали с расположенными внутри ультрафиолетовыми лампами, заключенными в кварцевые чехлы, которые исключают контакт УФ лампы с водой. Вода, проходя через камеру обеззараживания, непрерывно подвергается облучению ультрафиолетом, который убивает все находящиеся в воде микроорганизмы. Срока службы ламп ультрафиолетового стерилизатора - 9000 часов непрерывной работы.

Эксплуатационные характеристики стерилизатора *UV36GPM* [10]:

- 1 - габаритные размеры 980x230x280 мм;
- 2 - в установке используются 3 одинаковых лампы мощностью 39 Вт каждая;
- 3 - корпус стерилизатора выполнен из нержавеющей стали;
- 4 - допускается использовать для обеззараживания воды с температурой 2-40°С.

### Насосная установка

По подсчитанным гидравлическим параметрам трубопровода с помощью компьютерной методики [11] для системы водоснабжения подобран скваженный погружной насос фирмы GRUNDFOS SQ 1-80 с номинальной производительностью 1,7 м<sup>3</sup>/час и максимальным напором 118 метра.

Насосы SQ/SQE являются компактными, многоступенчатыми, центробежными насосами, которые могут устанавливаться даже в самой узкой скважине (минимальный диаметр скважины 76 мм). Встроенные электронные компоненты повышают значительно облегчают эксплуатацию насосов серии SQ/SQE. Данные насосы компактны и легки в установке, они оснащены двигателями с постоянными магнитами, обеспечивают высокую эффективность и подачу напора до 200 м. Особенности и преимущества насосов серии SQ: 1 - защита от сухого хода; 2 - износоустойчивость плавающих рабочих колёс; 3 - защита от всплытия рабочих колёс; 4 - плавный пуск снижает износ двигателя; 5 - защита от перегрузки; 6 - защита от перегрева; 7 - высокая скорость потока [12].

Полная схема водоснабжения поселка Горловка приведена на рис. 5. На схеме показаны: 1 – основная скважина и погружной насос; 2 - запасная скважина; 3 – автоматическая станция переключения, 4 – фильтр обезжелезователь; 5 – здания для оборудования; 6 – ультрафиолетовый стерилизатор; 7 – водонапорная башня; 8 – водопотребители.

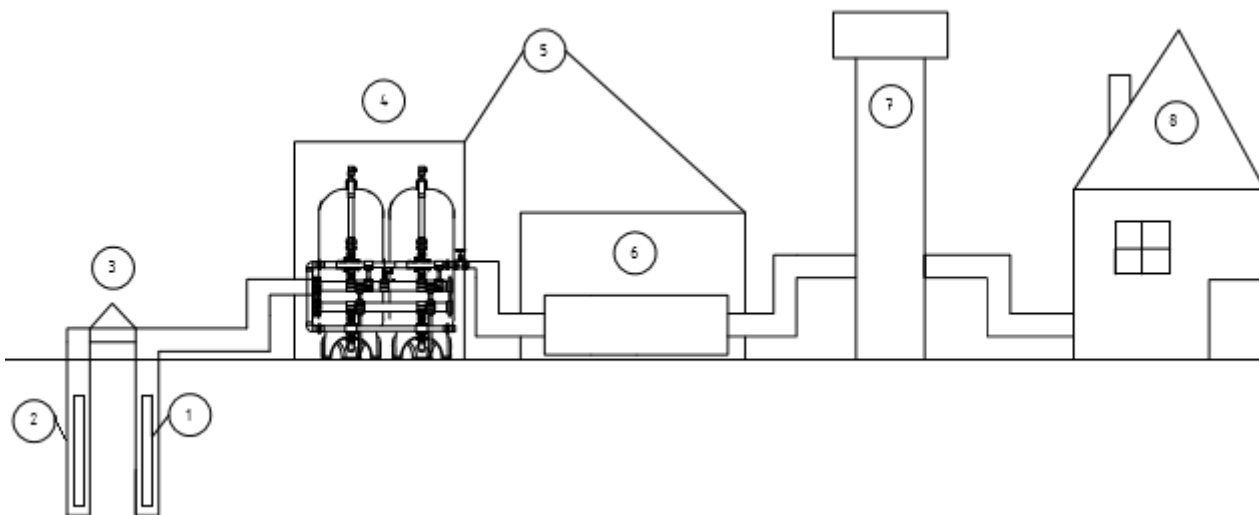


Рисунок 3 – Схема водоснабжения поселка Горловка Храбровского сельского поселения

Стоимость выбранного оборудования для системы водоснабжения в ценах на июнь 2017 года приведена в табл. 3.

Таблица 3 – Суммарные затраты на оборудование системы водоснабжения поселка

№ пп	Наименование оборудования	Цена, тыс. руб.
1	Насос SQ-1-80, кол-во – 2 шт. [12]	94
2	Стерилизатор UV36 [10]	45,9
3	Фильтр EIM-17 [8]	75
4	Водонапорная башня системы Рожновского [6]	229
	Итого	443,9

### Заключение

Использование современных информационных технологий для усовершенствования методов гидравлического расчета позволяет снизить стоимость разработки проектов систем





водоснабжения сельских поселений.

В результате выполненных гидравлических расчетов:

- 1 - подобраны полиэтиленовые трубы, срок службы которых равен 50-ти годам;
- 2 - подобраны современные погружные насосы, один из которых является основным, другой – запасным на случай непредвиденных обстоятельств;
- 3 - подобрана водонапорная башня системы Рожновского.

Для улучшения качественных показателей питьевой воды в системе предусмотрены обезжелезователь и ультрафиолетовый стерилизатор.

Выбранное оборудование позволяет ликвидировать дефицит водопотребления поселка Горловка и улучшить качество питьевой воды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт Гурьевского района. Проект схемы водоснабжения и водоотведения Гурьевского городского округа Калининградской области на 2014-2023 гг. Калининград, 2014. 350 с.
2. ГОСТ 28-74-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://snipov.net/c\\_4702\\_snip\\_100636.html](http://snipov.net/c_4702_snip_100636.html) (дата обращения 21.05.2017).
3. Наумов В.А., Проскурнин Е.Д. Системы водоснабжения и водоотведения: учебно-методическое пособие. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. 65 с.
4. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 23 марта 2002 г. № 112-ст введен в действие с 1 января 2003 г.
5. Великанов Н.Л., Корягин С.И., Наумов В.А. Уменьшение отложений в водопроводных и канализационных сетях // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2015. № 2 (32). С. 20-23.
6. Водонапорная башня [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://promplace.ru/vodonapornaya-bashnya-307.htm> (дата обращения 21.05.2017).
7. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (Российская часть в Калининградской области). Утверждена приказом Невско-Ладожского БВУ Федерального агентства водных ресурсов от 9 декабря 2014, № 171 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nord-west-water.ru/activities/ndv/page-2/> (дата обращения: 21.05.2017).
8. Технические характеристики фильтров обезжелезивателей серии EIM-17 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.water.ru/catalog/eim/eim\\_17.php](http://www.water.ru/catalog/eim/eim_17.php) (дата обращения 21.05.2017).
9. Фильтрующий материал Birn [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.recyrc.ru/catalog/materials/birn/> (дата обращения 21.05.2017).
10. Ультрафиолетовый стерилизатор UV 36 GPM [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.russfilter.ru/catalog/ultrafioletovye\\_sterilizatory/uv\\_36\\_gpm/](http://www.russfilter.ru/catalog/ultrafioletovye_sterilizatory/uv_36_gpm/) (дата обращения 21.05.2017).
11. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Методика выбора центробежных скважинных насосов типа ЭЦВ // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2017. № 1 (39). С. 18-21.
12. Насосы Grundfos для водоснабжения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.grundfos.com/products/find-product/sq.html> (дата обращения 21.05.2017).

## REFERENCES

1. *Pasport Gur'evskogo rayona. Proekt skhemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya Gur'evskogo gorodskogo okruga Kaliningradskoy oblasti na 2014-2023 gg.* [The passport of the Guryev area. The project of the plan of water supply and water removal of the Guryev city district of the Kaliningrad area for 2014-2023]. Kaliningrad, 2014. 350 p.
2. *GOST 28-74-82. Voda pit'evaya. Gigienicheskie trebovaniya i kontrol' za kachestvom* [GOST 28-74-82. Drinking water. Hygienic requirements and quality control]. [Electronic resource]. Available at: [http://snipov.net/c\\_4702\\_snip\\_100636.html](http://snipov.net/c_4702_snip_100636.html) (date accessed: 21.05.2017).
3. Naumov V.A., Proskurnin E.D. *Sistemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya: uchebno-metodicheskoe posobie* [Systems of water supply and sanitation: textbook] Kaliningrad: KGTU Publ., 2015. 65 p.
4. *GOST 18599-2001. Truby napornye iz polietilena. Tekhnicheskie usloviya.* [GOST 18599-2001. Pressure pipes made of polyethylene. Specifications]. The decision of the State Committee of the Russian Federation for standardization and Metrology dated March 23, 2002 No. 112-St introduced from 1 January 2003.
5. Velikanov N.L., Koryagin S.I., Naumov V.A. *Umen'shenie otlozheniy v vodoprovodnykh i kanalizatsionnykh setyakh* [Reduction of deposits in water and sewer networks]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*, 2015. No. 2 (32), pp. 20-23.
6. *Vodonapornaya bashnya* [The water tower]. [Electronic resource]. Available at: <http://promplace.ru/vodonapornaya-bashnya-307.htm> (date accessed: 21.05.2017).
7. *Skhema kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov basseyna reki Neman i rek basseyna Baltiyskogo morya (Rossiyskaya chast' v Kaliningradskoy oblasti). Utverzhdena prikazom Nevsko-Ladozhskogo BVU Federal'nogo agentstva vodnykh resursov ot 9 dekabrya 2014, № 171* [Scheme of complex use and protection of water bodies in the Neman river basin and rivers of Baltic sea basin (the Russian part of Kaliningrad region). Approved by order of Nevsko-Ladozhskoe BWO of the Federal water resources Agency of December 9, 2014, No. 171]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.nord-west-water.ru/activities/ndv/page-2/> (date accessed: 21.05.2017).
8. *Tekhnicheskie kharakteristiki fil'trov obezhelezivateley serii EIM-17* [Technical characteristics of the filters obezhelezivateli series EIM-17]. [Electronic resource]. Available at: [http://www.water.ru/catalog/eim/eim\\_17.php](http://www.water.ru/catalog/eim/eim_17.php) (date accessed 21.05.2017).
9. *Fil'truyushchiy material Birm* [Filter material Birm]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.recyrc.ru/catalog/materials/birm/> (date accessed 21.05.2017).
10. *Ul'trafiol'etovyy sterilizator UV 36 GPM* [Ultraviolet UV sterilizer 36]. [Electronic resource]. Available at: [http://www.russfilter.ru/catalog/ultrafiol'etovyye\\_sterilizatory/uv\\_36\\_gpm/](http://www.russfilter.ru/catalog/ultrafiol'etovyye_sterilizatory/uv_36_gpm/) (date accessed 21.05.2017).
11. Velikanov N.L., Naumov V.A., Koryagin S.I. *Metodika vybora tsentrobezhnykh skvazhinnykh nasosov tipa ECV* [Method of selection of centrifugal submersible pumps type ECV]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*, 2017. No. 1 (39), pp. 18-21.
12. *Nasosy Grundfos dlya vodosnabzheniya* [Grundfos pumps for water supply]. [Electronic resource]. Available at: <http://ru.grundfos.com/products/find-product/sq.html> (data accessed 21.05.2017).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кикот Алла Владимировна

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия, кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент Российской инженерной академии, E-mail: [Vladimirovna.1944@mail.ru](mailto:Vladimirovna.1944@mail.ru)



*Kikot Alla Vladimirovna*

Kaliningrad state technical university, Kaliningrad, Russia, Cand.Tech.Sci., the senior lecturer, corresponding member of Russian Engineering Academy,

E-mail: [Vladimirovna.1944@mail.ru](mailto:Vladimirovna.1944@mail.ru)

*Левашов Алексей Сергеевич*

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия, бакалавр направления «Природообустройство и водопользование»,

E-mail: [\\_Lexa-007\\_95@mail.ru](mailto:_Lexa-007_95@mail.ru)

*Levashov Alexey Sergeevich*

Kaliningrad state technical university, Kaliningrad, Russia, The bachelor of direction «Eenvironmental engineering and water management»,

E-mail: [Lexa-007\\_95@mail.ru](mailto:Lexa-007_95@mail.ru)

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:  
236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1, КГТУ, ГУК, каб. 322. Кикот А.В.  
8(4012)99-53-37