

Выполнено компьютерное моделирование марковского случайного процесса для средних численностей состояний автомобильного парка пожарной части путем решения дифференциальных уравнений динамики средних с использованием принципа квазирегулярности. Для решения системы дифференциальных уравнений использована рекуррентная нейронная сеть с обратными связями, реализованная в виде программы для ЭВМ. Результаты расчетов показывают, что пожарная часть, имеющая 10 пожарных машин и 5 ремонтирующих пожарные машины механиков, в стационарном (установившемся) режиме работы в зависимости от продолжительности ремонта неисправной пожарной машины, составляющей от 5 дней до 1 месяца, будет иметь от 7 до 3 пожарных машин в рабочем состоянии и от 3 до 7 пожарных машин в состоянии ремонта.

Литература

1. Таха А., Хемли В. Введение в исследование операций. М.: Вильямс, 2015.
2. Астафьева Л.К. Исследование операций. Казань: КГУ, 2012.
3. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций. М.: МГТУ, 2008.
4. Лабинский А.Ю. Решение систем дифференциальных уравнений с использованием нейронных сетей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1. С. 105–112.

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОЕННЫХ ГОРОДКОВ

В.И. Мусатов;

Г.В. Макаrchук, кандидат педагогических наук, доцент.

**Военный институт (инженерно-технический) Военной академии
материально-технического обеспечения им. генерала армии**

А.В. Хрулева;

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный
работник высшей школы Российской Федерации.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Произведен обзор норм отечественного и международного законодательства, регламентирующих выбросы сточных вод в водоемы на примере военного городка, расположенного на берегу Финского залива. Проведенное исследование позволяет утверждать о необходимости модернизации очистных сооружений военных городков в самые сжатые сроки.

Ключевые слова: сточные воды, загрязнения, гидросфера, канализация, очистные сооружения

REVISITING OF THE MILITARY CAMPS SEWAGE DISPERSAL PLANTS MODERNISATION

V.I. Musatov, G.V. Makarchuk.

Military engineering-technical institute of Military academy of logistics named after General of Army A.V. Khrulev;

L.V. Medvedeva.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is concerned with norms of the law which specify discharge of sewage water (refers to military camp). Results of investigation give evidence of requirement of military camps sewage dispersal plants modernization.

Keywords: sewage, pollution, hydrosphere, sewage, sewage dispersal plants

Вода является одним из наиболее распространенных в природе веществ. Мировые водные запасы оценивают на уровне 1,4 млрд км³. Пресная вода составляет приблизительно 2,5 % (35 млн км³), из них 24 млн км³ недоступны, так как входят в состав ледников и ледяного покрова [1].

Возобновляемая часть запасов пресной воды представлена в основном поверхностными водами (реки, озера, водные потоки), которые распределены крайне неравномерно. Именно по этой причине только 30 % мирового стока пресной воды доступны для человеческой деятельности. Аналогично ископаемым видам топлива эти водные ресурсы планеты накапливаются медленно.

Вода нужна для различных природных процессов, для жизнедеятельности растительных и животных организмов и человека, в самых разных областях народного хозяйства. Вода – необходимый источник жизни, важнейший экологический ресурс и главная составляющая живых организмов.

Вода обладает рядом уникальных термодинамических свойств, которые способствуют уменьшению температурных колебаний и существованию жизни в экстремальных условиях. К этим свойствам относятся: высокая удельная теплоемкость; большая скрытая теплота плавления; значительная скрытая теплота парообразования (при испарении 1 г воды поглощается 586 ккал) [2].

Биологическое значение воды заключается в трех аспектах: компонент, растворитель, носитель.

Положение с возобновляемыми ресурсами пресной воды в целом ряде стран нельзя рассматривать иначе, нежели критическое. По существующим оценкам при объеме возобновляемых ресурсов пресной воды на душу населения на уровне 1 700 м³/год в стране возникает периодический или региональный дефицит воды. В странах, где этот показатель не превышает 1 000 км³/год, дефицит воды становится препятствием для экономического развития и вызывает деградацию природной среды. Вот какие прогнозы приводятся на 2025 г. для стран, находящихся в наиболее бедственном положении (в м³/год чел): ОАЭ – 58, Саудовская Аравия – 59, Иордания – 81, Йемен – 85, Ливия – 100, Оман – 185, Бурунди – 291, Тунис – 316, Израиль – 330, Алжир – 335, Руанда – 489, Кения – 683, Марокко – 714, Египет – 723, Сомали – 741, Буркина Фасо – 773, Зимбабве – 775, Малави – 952, Эфиопия – 970, Пакистан – 1 016, Ливан – 1 048, Дания – 1 107, Гаити – 1 141, ЮАР – 1 142, Уганда – 1 228, Нигер – 1 263, Иран – 1 293, Корея – 1 378, Нигерия – 1 380, Индия – 1 411, Афганистан – 1 438, Того – 1 460, Танзания – 1 474, Бельгия – 1 568, Сирия – 1 631, Чехия – 1 645, Польша – 1 691, Гана – 1 720, КНР – 1 912 [3].

Из представленных данных видно, что в наиболее бедственном положении находятся страны Ближнего и Среднего Востока и Северной Африки, в которых проживает 6,3 % населения планеты, но сосредоточено только 1,6 % возобновляемых ресурсов пресной воды.

Большая часть воды (83 %), потребляемой людьми, отбирается из поверхностных водоемов суши, 13 % – из подземных источников воды, не более 4 % – из морских водоемов [4].

Природная вода – сложная, постоянно изменяющаяся система, содержащая минеральные и органические вещества, находящиеся во взвешенном (глинистые, песчаные, гипсовые и известковые частицы), коллоидном (органические вещества, кремниевая кислота, гидроксид железа и другие), истинно растворенном, а также в газообразном состоянии (углекислота, сероводород, метан, кислород, азот), гидробионты (планктон, бентос, нейстон, пагон), бактерии, вирусы.

Концентрация отдельных примесей в воде определяет ее свойства, совокупность которых называют качеством воды. Показатели качества воды подразделяют на физические

(температура, взвешенные вещества, цветность, запах, вкус и др.), химические (жесткость, щелочность, активная реакция, окисляемость, сухой остаток и др.), биологические (гидробионты) и бактериологические (общее количество бактерий, коли-индекс и др.) [1].

К главным источникам загрязнения гидросферы можно отнести:

- сточные воды энергетических, химических, медицинских, оборонных, жилищно-коммунальных и других объектов;

- захоронение радиоактивных отходов в контейнерах и емкостях, которые через определенный период времени теряют герметичность;

- водный транспорт – эксплуатация несовершенных технических средств, экологически опасных технологических процессов и веществ, а также аварии и катастрофы – причины того, что в водные пространства попадают более 20...30 млн т нефти и продуктов ее переработки;

- сточные воды с земли, полученные при таянии снега и льда, а также выпадении дождей;

- атмосферный воздух, загрязненный токсичными, радиоактивными и другого рода поллютантами – веществами антропогенного происхождения, загрязняющими среду обитания живых существ [5].

Для хозяйственно-бытовых нужд человек употребляет, главным образом, воду поверхностных источников.

При попадании сточных вод, содержащих токсичные, химические и радиоактивные вещества, в водный объект меняется состав гидросферы. Вода становится опасной средой обитания и опасной для использования в хозяйственно-бытовых целях. По трофической цепи вредные вещества могут попадать в организм человека.

Качественный и количественный состав вредных веществ в сточных водах определяется временем года, суточным режимом работы, видом предприятия.

По причине аварийных ситуаций, из-за морально и физически устаревшего оборудования и очистных систем часты случаи попадания сточных сбросов вместе с продуктами жизнедеятельности людей и животных в питьевую воду, что приводит к увеличению в ней численности и разнообразия видов патогенных микроорганизмов.

Во многих городах Российской Федерации образуется большое количество сточных вод, которые сбрасывают без очистки или недостаточно очищенными от содержащихся в них вредных веществ и микробов. В результате ухудшаются свойства, качество и химический состав воды, и загрязненная вода становится непригодной для питьевых целей, выращивания культур продовольственного назначения, использования для хозяйственно-бытовых целей.

Финский залив – участок Балтийского моря, омывающий берега не только России, но и Финляндии, Эстонии, в последнее время в центре внимания экологов: специалисты утверждают, что воды Финского залива небезопасны сразу по нескольким параметрам.

Акватория Санкт-Петербурга подвержена сбросам сточных промышленных и бытовых вод от многочисленных заводов, портов и объектов селитьбы (земельная площадь в городах и других населенных пунктах, занятая застройками, садами, городскими проездами), вследствие чего в воды Финского залива постоянно вносятся загрязняющие вещества не только с прилегающих к акватории промышленных объектов, но также из притоков Невы, непосредственно самой Невы и с донных отложений в ее акватории.

На берегах Финского залива находится не один военный городок. Наиболее часто выброс сточных вод осуществляется непосредственно в акваторию залива. Авторами исследовалась работа одной из станций очистки бытовых сточных вод военного городка (с населением около 3 000 человек), расположенного на берегу Финского залива.

Состав очистных сооружений данного военного городка:

- приемный резервуар;

- механическая решетка;

- главная насосная станция;

- компрессорная;

- хлораторная;

- контактные резервуары;
- установки КУ-200;
- иловые площадки закрытого типа.

В настоящее время все сооружения станции очистки сточных вод находятся в аварийном состоянии: насосы выведены из строя, средства автоматики и коммутации неисправны, участки трубопровода частично разрушены, резервуары установок КУ-200 требуют замены трубопроводов.

Очищенные сточные воды в настоящее время выбрасываются в акваторию Финского залива через выпускную трубу диаметром 250 мм. Выход трубы находится от берега на расстоянии 300 м и требует профилактического осмотра, так как он расположен на дне залива и возможно ее частичное заиливание.

Для определения негативного воздействия на воды залива, первоначально определяем расходы сточных вод, поступающих от городка. Удельное водопотребление по табл. 1 [6] принимаем для жилой зоны 280 л/чел*сут, для казарменной – 250 л/чел*сут.

Таблица 1. Численность населения батальона обеспечения учебного процесса

Название зоны	Численность населения, чел.	
	в летний период	в зимний период
Жилая зона	1 500	1 200
Казарменная зона	1 500	300
Всего по населенному пункту	3 000	1 500

Удельное водопотребление по табл. 1 [6] принимаем для жилой зоны 280 л/чел*сут, для казарменной – 250 л/чел*сутки.

Расчетное удельное среднесуточное водоотведение сточных вод:

$$Q_{\text{ж. жилой зоны}} = \frac{280 * 1500}{1000} = 420 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$Q_{\text{ж. казарменной зоны}} = \frac{250 * 1500}{1000} = 375 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$Q_{\text{ж. всего}} = 420 + 375 = 795 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления:

$$K_{\text{сут. max}} = 1,3; K_{\text{сут. min}} = 0,9;$$

В сутки наибольшего и наименьшего водопотребления:

$$Q_{\text{сут. max жилой зоны}} = 1,3 * 420 = 546 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$Q_{\text{сут. min жилой зоны}} = 0,9 * 420 = 378 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$Q_{\text{сут. max казарм. зоны}} = 1,3 * 375 = 487,5 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

$$Q_{\text{сут. min казарм.зоны}} = 0,9 * 375 = 337,5 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}};$$

Средние часовые расходы:

$$Q_{\text{ч. ср. жилой зоны}} = \frac{420}{24} = 17,5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

$$Q_{\text{ч. ср. казарменной зоны}} = \frac{375}{24} = 15,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

Коэффициент α , учитывающий степень благоустройства зданий:

$$\alpha_{\text{max}} = 1,4; \alpha_{\text{min}} = 0,6;$$

Коэффициент β , учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по табл. 2 [6] (для 1 500 человек):

$$\beta_{\text{max}} = 1,8; \beta_{\text{min}} = 0,1;$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_{\text{ч}}$ определяется из выражений:

$$K_{\text{ч. max}} = \alpha_{\text{max}} * \beta_{\text{max}} = 1,4 * 1,8 = 2,52;$$

$$K_{\text{ч. min}} = \alpha_{\text{min}} * \beta_{\text{min}} = 0,6 * 0,1 = 0,06$$

Таблица 2. Расчетные расходы в летний период

Зона	Время работы, ч	Численность населения, чел.	Норма водоотведения, л*чел/сут	Расход сточных вод		
				$Q_{\text{сут. max}}$ м ³ /сут	$Q_{\text{ч. max}}$ м ³ /ч	$Q_{\text{сек. ср.}}$ л/сек
Жилая	24	1 500	280	546	57,4	15,9
Казарменная	24	1 500	250	488	51,2	14,2
Всего:				1 034	108,6	30,1

Расчетные часовые расходы воды $q_{\text{ч}}$, (м³/ч) определяются по формулам:

$$q_{\text{ч. max}} = \frac{K_{\text{ч. max}} * Q_{\text{сут. max}}}{24};$$

$$q_{\text{ч. min}} = \frac{K_{\text{ч. min}} * Q_{\text{сут. min}}}{24};$$

$$q_{\text{ч. max жилой зоны}} = \frac{2,52 * 546}{24} = 57,33 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

$$q_{\text{ч. min жилой зоны}} = \frac{0,06 * 378}{24} = 0,945 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

$$Q_{\text{ч. max казарменной зоны}} = \frac{2,52 * 487,5}{24} = 51,18 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

$$Q_{\text{ч. min казарменной зоны}} = \frac{0,06 * 337,5}{24} = 0,84 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

Средние секундные расходы:

$$Q_{\text{сек. ср. жилой зоны}} = \frac{17,5 * 1000}{3600} = 4,9 \frac{\text{л}}{\text{сек}};$$

$$Q_{\text{сек. ср. казарменной зоны}} = \frac{15,6 * 1000}{3600} = 4,3 \frac{\text{л}}{\text{сек}};$$

Так как в зимний период количество людей, находящихся в военном городке, меньше, чем в летний период, то расходы сточных вод в зимний период допустимо не определять. Определяем количество загрязняющих веществ:

Согласно п. 9.1.5. СП [7], в технологических расчетах реконструкции существующих очистных сооружений, при отсутствии данных по притоку и загрязненности сточных вод расчетные данные допускается принимать:

- расходы в соответствии с указаниями разделов 5–6 СП [7];
- нагрузки по загрязняющим веществам по результатам расчета массового баланса по каждому загрязняющему веществу от населения.

Нагрузку от жителей следует принимать как произведение количества фактически проживающих жителей на удельное количество загрязняющих веществ от отдельного жителя (табл. 3).

Таблица 3. **Нормы выделения загрязняющих веществ**

Загрязняющее вещество	Удельное количество на жителя
Взвешенные вещества	65 г/сутки*чел
БПК ₅ неосветленной жидкости	60 г/сутки*чел
Азот общий	13 г/сутки*чел
Азот аммонийных солей	10,5 г/сутки*чел
Фосфор общий	2,5 г/сутки*чел
Фосфор фосфатов P-PO ₄	1,5 г/сутки*чел

Коэффициент пересчета БПК₅ в БПК_{полн}: для неосветленной жидкости – 1,2.

Нагрузка от жителей в летний период:
по взвешенным веществам:

$$C_{\text{взв.в-ва}} = 3000 * 65 = 195 \frac{\text{кг}}{\text{сут}};$$

по БПК₅ неосветленной жидкости:

$$C_{\text{БПК5}} = 3000 * 60 = 180 \frac{\text{кг}}{\text{сут}};$$

по азоту общему:

$$C_{\text{аз.общ}} = 3000 * 13 = 39 \frac{\text{кг}}{\text{сут}};$$

по азоту аммонийных солей:

$$C_{\text{аз.аммон.}} = 3000 * 10,5 = 31,5 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

по фосфору общему:

$$C_{\text{фос.общ.}} = 3000 * 2,5 = 7,5 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

по фосфору фосфатов P-PO₄:

$$C_{\text{фосф.Р-РО}_4} = 3000 * 1,5 = 4,5 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

по БПК_{полн}:

$$C_{\text{БПК}_5} = 3000 * 60 * 1,2 = 216 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

Концентрации загрязняющих веществ в летний (пиковый) период:

по взвешенным веществам:

$$C_{\text{взв.в-ва}} = \frac{195 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 0,188 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 188 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

по БПК_{полн} неосветленной жидкости:

$$C_{\text{БПК}_{\text{полн}}} = \frac{216 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 0,209 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 209 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

по азоту общему:

$$C_{\text{аз.общ.}} = \frac{39 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 37,7 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

по азоту аммонийных солей:

$$C_{\text{аз.аммон.}} = \frac{31,5 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 30,4 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

по фосфору общему:

$$C_{\text{фос.общ.}} = \frac{7,5 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 7,25 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

по фосфору фосфатов P-PO₄:

$$C_{\text{фосф.Р-РО}_4} = \frac{4,5 \text{ кг} * \text{сут}}{1034 \text{ м}^3 * \text{сут}} = 4 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} ;$$

Необходимая степень очистки определяется в соответствии с санитарными требованиями и условиями сброса их в водоем.

Очистку сточных вод, как правило, следует ограничивать до степени, обеспечиваемой сооружениями полной биологической очистки (БПК_{полн} очищенной воды – 10–15 мг/л), даже если по расчету требуется только механическая или неполная биологическая очистка. Расчеты по определению требуемой степени очистки сточных вод выполняются с целью выявления необходимости доочистки сточных вод, то есть снижения БПК₂₀ ниже 10–15 мг/л. [8–10].

Расчет требуемой степени очистки сточных вод производится из условия, что после сброса сточных вод концентрация загрязнений в расчетном створе реки не будет превышать их предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов второй категории (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика водоема

Параметры	Значения параметров
Средняя скорость течения, м/сек	0,13
БПК _{полн} поступающего стока, мг/л	2,0
Взвешенные вещества, мг/л	19
Азот аммонийный, мг/л	0,78
Азот нитритов, мг/л	0,09
Азот нитратов, мг/л	0,24
Фосфаты, мг/л	0,015
Нефтепродукты, мг/л	0,24
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	отс.
Концентрация растворенного кислорода, мг/м ³	5,9
Средняя температура в летнее время, °С	20

Определение необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоем, производится по содержанию: взвешенных веществ, допустимой величине БПК в смеси речной и сточной вод, потреблению сточными водами растворенного кислорода, по СПАВ и других вредных веществ.

Длина линии контрольного створа:

$$l = 200 \text{ м};$$

Отметка глубины контрольного створа:

$$H_{\text{ср}} = 12 \text{ м};$$

Площадь живого сечения контрольного створа:

$$S_{\text{жс}} = 200 \times 12 = 2400 \text{ м}^2;$$

Скорость течения в водоеме:

$$v_{\text{в}} = 13 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,13 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Расстояние до контрольного створа по фарватеру:

$$L_{\text{ф}} = 500 \text{ м};$$

Расстояние до контрольного створа по прямой:

$$L = 500 \text{ м};$$

Расход воды в водоеме:

$$Q_{\text{в}} = S_{\text{кк}} \times v_{\text{в}} = 2400 \times 0,13 = 312 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1123200 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}};$$

Коэффициент турбулентной диффузии:

$$D = \frac{v_{\text{в}} \times H_{\text{ср}}}{200} = \frac{0,13 \times 12}{200} = 0,0078;$$

Так как расстояние до контрольного створа по фарватеру равно расстоянию до контрольного створа по прямой, коэффициент извилистости будет равен:

$$\varphi = \frac{L_{\text{ф}}}{L} = 1;$$

Значение α определяется по формуле:

$$\alpha = \varphi \times \xi \times \sqrt{\frac{D}{q}} = 1 \times 1,5 \times \sqrt{\frac{0,0078}{0,03}} = 0,769 \text{ , где}$$

$\xi = 1,5$ – коэффициент, зависящий от вида выпуска (при фарватерном выпуске);
 $q = 0,0301 \text{ м}^3/\text{сек}$ – секундный расход сточных вод; $D = 0,0078$ – коэффициент турбулентной диффузии; $\varphi = 1$ – коэффициент извилистости реки.

Коэффициент смешения a :

$$a = \frac{(1 - e^{-0,769 \times \sqrt[3]{500}})}{(1 + \frac{1123200}{108,6} \times e^{-0,769 \times \sqrt[3]{500}})} = \frac{0,9977}{24,06} = 0,041;$$

Определение кратности разбавления n :

$$n = \frac{(a \times Q + q)}{q} = \frac{(0,041 \times 1123200 + 108,6)}{108,6} = 425,04;$$

Определение необходимой степени очистки сточных вод
– по содержанию взвешенных веществ:

$$a \times Q \times b + q \times m = (a \times Q + q) \times (b + p)$$

$$m = p \times \left(\frac{a \times Q}{q} + 1 \right) + b ,$$

где $b = 91 \text{ мг/л}$ – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, г/м^3 ; $p = 0,25$ – допустимое по санитарным правилам увеличение содержания, г/м^3 ;
 Q, q – расходы речных и сточных вод, г/м^3 ; m – допустимое содержание взвешенных веществ.

$$m = 0,25 \times \left(\frac{0,041 \times 1123200}{108,6} + 1 \right) + 20 = 126,011 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

Необходимая степень очистки по взвешенным веществам в процентах:

$$D_{\text{в}} = 100 \times \left(\frac{91 - 126}{91} \right) = -38 \%$$

– по БПК_{полн}:

$$L_{\text{ст}} = \frac{\alpha \times Q}{q \times 10^{-K_{\text{ст}} \times t}} \times (L_{\text{пред}} - L_{\text{р}} \times 10^{-K_{\text{р}} \times t}) + \frac{L_{\text{пред}}}{10^{-K_{\text{ст}} \times t}},$$

где $L_{\text{р}}$ – БПК₂₀ воды водоема в створе выпуска, г/м³; $L_{\text{ст}}$ – допустимая БПК₂₀ сбрасываемых сточных вод, г/м³; t – время движения воды от выпуска до контрольного створа, сут; $L_{\text{пред}}$ – предельно допустимая величина БПК₂₀ воды в водоеме после сброса сточных вод, г/м³; $K_{\text{р}}$ – константа скорости потребления кислорода в воде водоема; $K_{\text{ст}}$ – константа скорости потребления кислорода сточной водой.

$$\begin{aligned} L_{\text{ст}} &= \frac{0,041 \times 1123200}{108,6 \times 10^{-0,2 \times 0,0009}} \times (3,0 - 209 \times 10^{-0,1 \times 0,0009}) + \frac{3,0}{10^{-0,2 \times 0,0009}} \\ &= \frac{46051,2}{108,6 \times 0,999} \times (3,0 - 209 \times 0,99) + \frac{3,0}{0,999} = 428,32 \times (-206) + 0,3 \\ &= -88233,62 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}; \end{aligned}$$

Исходя из указанных выше расчетов, можно сделать вывод о том, что определение предельно допустимого сброса в водоем и необходимой степени очистки сточных вод через уравнение материального баланса не позволяет получить релевантные значения, так как расходы сточной воды и воды в контрольном створе водоема несопоставимы по расходу. Однако в настоящее время существует Рекомендация 28Е/5 Хельсинской конвенции от 15 ноября 2007 г., регламентирующая степень очистки сточных вод.

Согласно вышеуказанной рекомендации, хозяйственно-бытовые сточные воды или сточные воды подобного типа, которые собираются в централизованную систему канализации и очищаются на станциях очистки сточных вод, с нагрузкой стоков, эквивалентной объему стоков от 2 000 до 10 000 жителей, должны очищаться до достижения следующих показателей на сбросе:

- снижение БПК₅ минимум на 80 % или максимальная концентрация 15 мг/л;
- снижение $P_{\text{общ}}$ минимум на 80 % или максимальная концентрация 1 мг/л;
- снижение $N_{\text{общ}}$ минимум на 30 % или максимальная концентрация 35 мг/л;

Общий азот означает сумму общего азота (органический NH_4^+), нитратный (NO_3^-) азот и нитритный (NO_2^-) азот.

Договаривающиеся стороны должны обеспечить, чтобы сточные воды, поступающие в системы канализации, на сбросе соответствовали вышеуказанным требованиям не позднее 31 декабря 2018 г. для населенных пунктов от 2 000 до 10 000 жителей [11].

В связи с этим показатели очистки сточных вод выглядят следующим образом (табл. 5):

Таблица 5. **Необходимая степень очистки сточных вод**

	Содержание в водоеме	Содержание в сточной воде	Допустимое содержание на выходе	Необходимая степень очистки
Взвешенные вещества	91 мг/л	188 мг/л	12 мг/л	90 %
БПК _{полн}	2 мг/л	209 мг/л	15 мг/л	95 %
N _{общ}	1,11 мг/л	37,7 мг/л	35 мг/л	10 %
P _{общ}	0,015 мг/л	7,25 мг/л	1 мг/л	90 %

Полученные значения необходимой степени очистки сточных вод говорят о необходимости срочной реконструкции станции очистки сточных вод данного военного городка с целью уменьшения негативного влияния на воды Финского залива. Выявленная на примере одного военного городка проблема является общей для населенных пунктов и военных объектов с населением от 2 000 до 10 000 человек.

Литература

1. Сугак В.П., Макачук Г.В. Химия воды в аспекте обеспечения безопасности водоснабжения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. С. 63–73.
2. Вронский В.А. Экология и окружающая среда: учеб. курс. М.: ИКЦ «Март». 2009. С. 432
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах. учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2006. 384 с.
4. Кудряшова А.А. Человечество, живой мир и среда обитания: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Колос, 2004. С. 198
5. Денисова В.В. Промышленная экология: учеб. пособие. М.: ИКЦ «Март», 2007. 720 с.
6. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094155> (дата обращения: 21.05.2018).
7. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820> (дата обращения: 21.05.2018).
8. Булат Р.Е., Анисимов Ю.П., Вакуненко В.А. Модернизации объектов коммунального назначения Министерства обороны Российской Федерации // сборник «Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития. Сборник докладов круглого стола. 2018. С. 19–27.
9. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. 2018. № 4 (10). С. 32–39.
10. Игнатчик В.С., Саркисов С.В., Обвинцев В.А. Исследование коэффициентов часовой неравномерности водопотребления // Вода и экология: проблемы и решения, 2017. № 2 (20). С. 27–39.
11. Рекомендация 28Е/5 Хельсинской конвенции от 15 нояб. 2007 г. ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200068332> (дата обращения: 21.05.2018).