

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №4, Том 12 / 2020, No 4, Vol 12 <https://esj.today/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/32SAVN420.pdf>

DOI: 10.15862/32SAVN420 (<http://dx.doi.org/10.15862/32SAVN420>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Носенко М.О. Анализ причин неэффективной работы очистных сооружений малой канализации в условиях Крайнего Севера // Вестник Евразийской науки, 2020 №4, <https://esj.today/PDF/32SAVN420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/32SAVN420

**For citation:**

Nosenko M.O. (2020). Analysing the reasons of the inadequate performance for small sewage treatment plants in the Far North. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(12). Available at: <https://esj.today/PDF/32SAVN420.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/32SAVN420

УДК 628.356

ГРНТИ 70.25.17

**Носенко Мария Олеговна**

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия  
Старший преподаватель кафедры «Инженерные системы и техносферная безопасность»  
E-mail: 005654@pnu.edu.ru

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=178653](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=178653)

## **Анализ причин неэффективной работы очистных сооружений малой канализации в условиях Крайнего Севера**

**Аннотация.** Освоение природных ископаемых на территории Крайнего Севера сдерживается водным фактором, т. к. интенсивное использование водных ресурсов предприятиями добывающей отрасли, связано с расходом, потерями, загрязнением воды, оказывающее существенное влияние на состояние гидросферы и как следствие, на все другие компоненты окружающей среды.

Сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод вахтовых поселков в поверхностные водоемы постоянно ухудшают их состояние, сточные воды загрязнены фосфором, азотом, всевозможными бактериями, также могут содержать вирусы и яйца гельминтов, в больших количествах содержат СПАВы, которые образуются после купания, мытья и стирки на территории вахтовых поселков предприятий добывающей промышленности. Расход сточных вод составляет 1400 м<sup>3</sup>/сут. на вахтовых поселках. Однако степень токсичности стоков не меньше, чем у крупных городов. Характерными особенностями сточных вод вахтовых поселков и систем канализации являются: удаленность от источников централизованного энергоснабжения, водоснабжения и водоотведения (изолированность расположения); наличие перерывов в подаче сточных вод на сооружения и небольшая плотность населения (до 70 чел./га); повышенные концентрации загрязнений, ввиду относительно низких норм водоотведения (зависящих от степени благоустройства зданий). Таким образом, очистные сооружения малой канализации представляют собой сложные, трудноуправляемые биологические системы, работающие в неблагоприятном режиме постоянно изменяющегося состава сточных вод. Следует отметить, что опубликованная информация по теме очистки бытовых сточных вод канализации имеет ограниченную область применения, в силу специфичности качественных и количественных характеристик сточных вод, природно-климатических условий и др. факторов.

В работе рассмотрены очистные сооружения Чукотского автономного округа Дальневосточного региона России (района Крайнего Севера), изучен микробиологический состав сточных вод, формирующийся в особо неблагоприятных условиях (район Крайнего Севера), условия формирования биоценоза и причины негативно на него влияющие.

**Ключевые слова:** сточные воды; очистные сооружения; биологическая очистка; малая канализация; расход сточных вод; загрязнения; активный ил

### Введение

На данном этапе развития общества промышленное развитие, технический прогресс и прибыль преобладают над экологическими проблемами. Это приводит к увеличению числа вредных загрязнений от промышленных объектов попадающих в окружающую среду путем сброса неочищенных сточных вод в водные объекты. Таким образом, предотвращение попадания загрязняющих веществ в окружающую среду становится основной проблемой и решающим фактором для устойчивого развития современных промышленных процессов.

Предприятия горнодобывающей отрасли негативно влияют на окружающую среду, загрязняя все ее компоненты, в т.ч. и гидросферу в связи с использованием воды непосредственно в производственном процессе, а также для бытовых нужд. На сегодняшний день в Дальневосточном регионе интенсивно развивается добывающая отрасль. Разработка месторождений сопровождается строительством вспомогательной инфраструктуры (вахтовые поселки, столовые, прачечные, лаборатории). Основные объекты добывающей отрасли расположены в условиях Крайнего Севера или районах, приравненных к нему. Данные территории тяжело переносят вмешательство хозяйственной деятельности человека, и медленнее поддаются восстановлению, поэтому так важно предусматривать природоохранные мероприятия, направленные на сокращение сбросов неочищенных сточных вод в водные объекты.

Следует отметить, что на территории добывающих предприятий образуются сточные воды, которым характерен малый расход (до 1400 м<sup>3</sup>/сут.).

Согласно <sup>1,2,3</sup> объекты с небольшой производительностью рекомендуется оснащать очистными сооружениями биологической, биолого-химической или физико-химической очистки заводской сборки при условии гарантии поставщиком необходимого эффекта очистки.

Согласно природоохранному законодательству, на сегодняшний день предъявляются жесткие требования к очищенным сточным водам, в связи с необходимостью бережного и экономичного использования энергетических ресурсов, охраны водоемов от загрязнения<sup>4</sup>. Очистные сооружения должны обеспечивать: высокий уровень очистки по всем показателям загрязняющих веществ; низкие капитальные вложения, эксплуатационные затраты; удобство

---

<sup>1</sup> Канализация. Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2012: утв. М-вом регионального развития Рос. Федерации 29.12.2011: введ. в действие с 01.01.2013. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 92 с.

<sup>2</sup> Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001: утв. приказом Госстроя РФ от 30 декабря 1999 г. № 168 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: справ.-поиск. сист. «Консультант плюс».

<sup>3</sup> Справочник наилучших эффективных технологий. Водоотведение. Очистка сточных вод / Ассоциация ЖКХ развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gkhrazvitie.ru/media/105294/spravochnik-nailuchshih-effektivnyh-tehnologii-ochistka-stokov.pdf> (дата обращения: 15.05.2016).

<sup>4</sup> ФЗ «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 10.01.2001 г. – с изм. От 31.07.2020 г. – Режим доступа: справ.-поиск. сист. «Консультант плюс».

эксплуатации; устойчивую работу при неравномерном поступлении сточных вод. Изменение нормативов в области расчета сооружений очистки сточных вод рекомендует выполнять их проектирование при помощи методов математического моделирования, в обязательном порядке – от азота и фосфора.

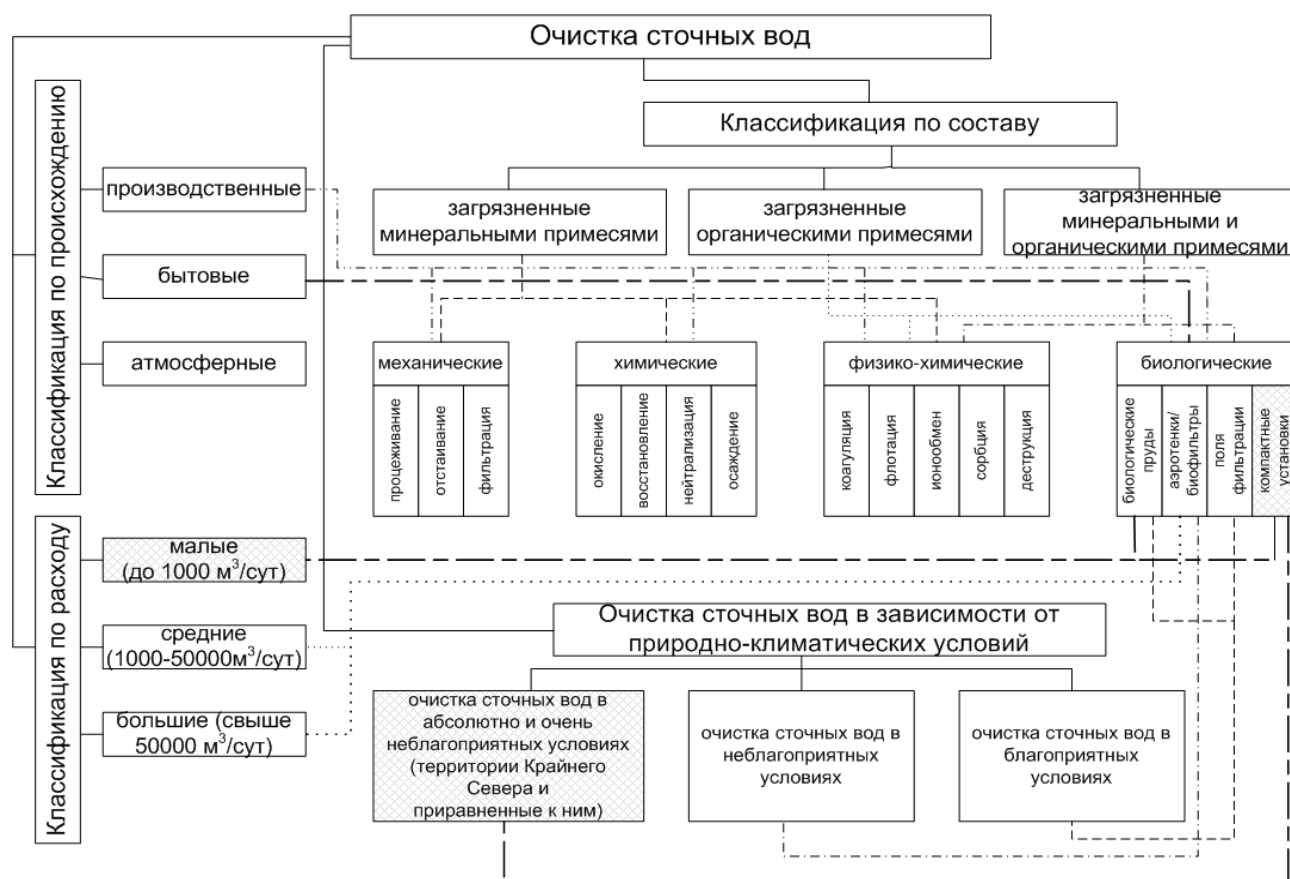
### Основная часть

**Целью работы являлось** исследование биологической очистки бытовых сточных вод вахтового поселка в условиях Крайнего Севера и предложение комплексных мероприятий, направленных на повышение эффективности их работы.

Золотодобывающие предприятия представляют собой производства, на которых численность персонала не превышает 800–1000 человек. Хозяйственно-бытовые сточные воды формируются душевыми стоками, сточными водами от прачечной и столовой. Суточный расход сточных вод составляет не более 200 м<sup>3</sup>/сут., который характеризуется неравномерным поступлением стоков и максимальным притоком от душевых в утренние и вечерние часы. Прачечная работает в две смены по 11 часов. Столовая работает круглосуточно в виду непрерывности производства.

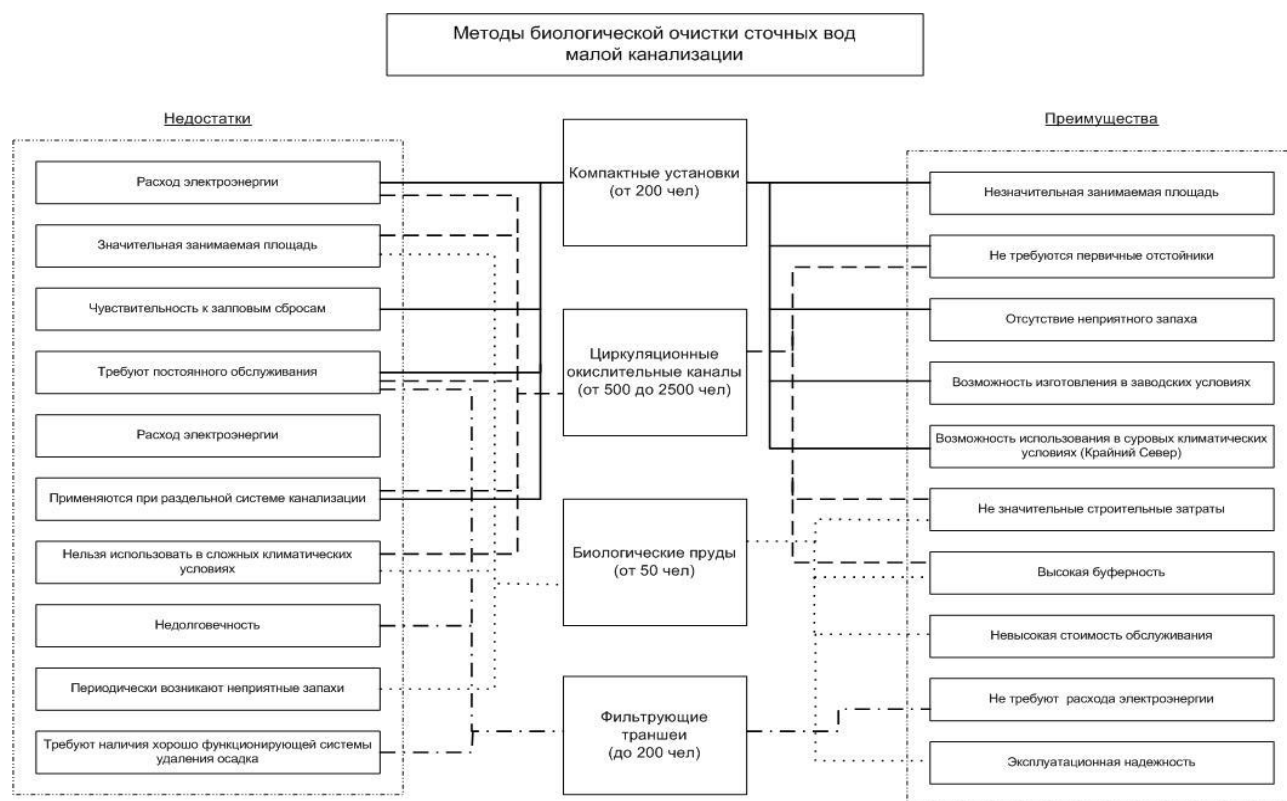
Согласно рекомендациям<sup>1</sup> в тяжелых климатических условиях транспортировка сточных вод производится по надземным коммуникациям, для предотвращения промерзания предусматривается прокладка теплоспутника.

Очистные сооружения сточных вод малой пропускной способности рассматриваются в контексте существующих методов очистки. На рисунке 1 предложена классификация существующих схем очистки.



**Рисунок 1.** Классификация методов очистки (составлено автором)

В результате проведенного анализа существующих конструктивных решений очистных сооружений малой канализации, а также на основании рекомендаций нормативных документов<sup>1,2,5,6</sup> в области наилучших доступных технологий выявлены достоинства и недостатки методов очистки, которые представлены в виде схемы на рисунке 2 [1–10].



**Рисунок 2.** Преимущества и недостатки некоторых методов биологической очистки сточных вод объектов малой канализации (составлено автором)

Анализ проводился на основании работы очистных сооружений ЗКМ «Майское», которое расположено в Чукотском автономном округе.

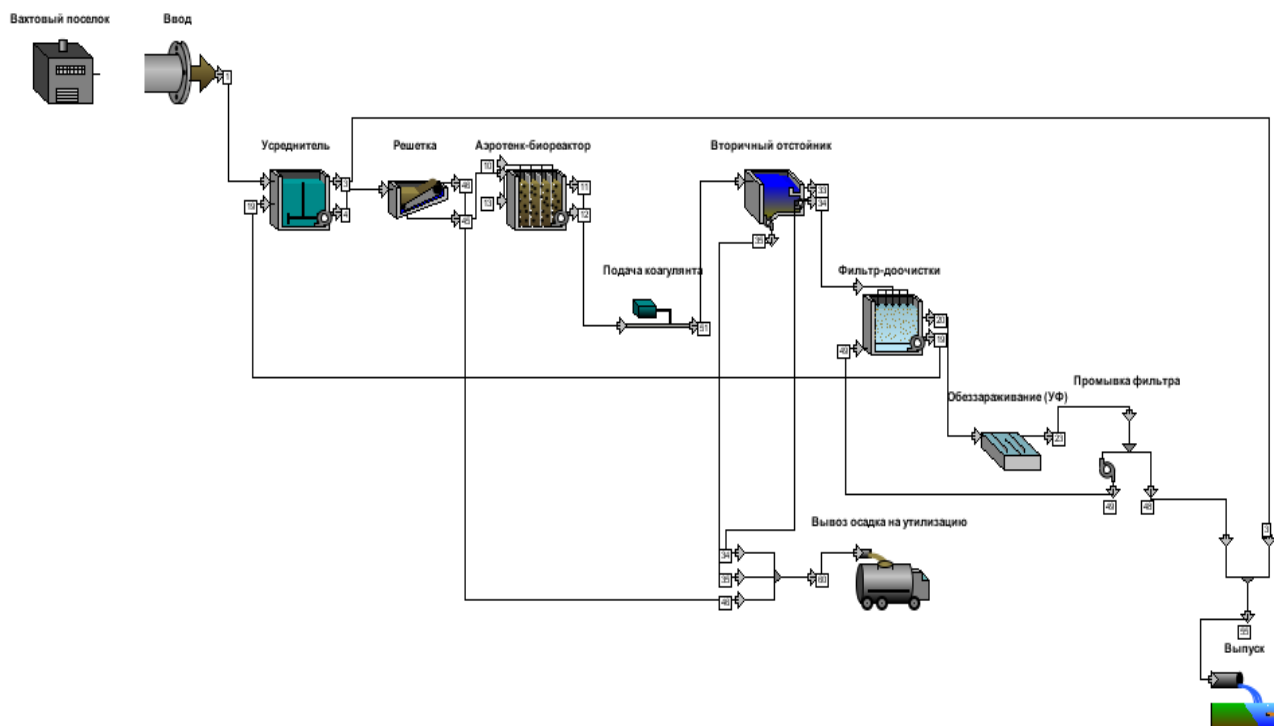
На рисунке 3 представлена технологическая схема очистки сточных вод вахтового поселка.

Сточные воды от вахтового поселка поступают в узел распределения, который подает стоки далее на сооружения очистки.

Сооружения очистки хозяйственно-бытовых сточных вод представляют собой две идентичных очереди, каждая из которых состоит из резервуара-усреднителя, комплекта сооружений КС комплект – I-100СФ-М производительностью 100 м<sup>3</sup>/сут.

<sup>5</sup> Справочник наилучших эффективных технологий. Водоотведение. Очистка сточных вод / Ассоциация ЖКХ развитие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gkhrazvitie.ru/media/105294/spravochnik-nailuchshih-effektivnyh-tehnologii-ochistka-stokov.pdf> (дата обращения: 15.05.2016).

<sup>6</sup> Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов: ИТС 10-2015: утв. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 15.12.2015 г. – Введ. в действие с 01.07.2016 г. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 395 с.



**Рисунок 3.** Схема очистки сточных вод вахтового поселка (составлено автором)

Резервуар-усреднитель заблокирован с канализационной насосной станцией, оборудованной погружными насосами и контейнерами для задержания крупных отбросов, размерами более 10 мм.

Комплект сооружений КС комплект – I-100СФ-М производительностью 100 м<sup>3</sup>/сут. разработан ООО «Водпроектстрой» (г. Москва) и представляет собой однотипное здание каркасно-сендвичного типа состоящее из<sup>7,8</sup>:

- узла учета и измерения расхода сточных вод, поступающих на очистку;
- механизированной мелкопрозрачной решетки, способной задерживать загрязнения крупностью более 2 мм и выполняющей функцию первичного отстойника;
- аэротенка-биореактора с синтетической загрузкой;
- вторичного вертикального отстойника, оснащенного тонкослойными модулями;
- промежуточной емкости предварительно очищенной воды;
- насоса подачи воды на доочистку;
- фильтра доочистки, загруженного угольным сорбентом;
- установки ультрафиолетового обеззараживания;

<sup>7</sup> Паспорт КС-комплект I 100СФ-М.0241-08-2008 ПС. Станция биологической очистки бытовых сточных вод. – Канаково. – 2008. – 11 с.

<sup>8</sup> Разработка рекомендаций по наладке технологической схемы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод (заключительный): научный отчет. – Номер: ЗКМ 2(09-1-0150)/14. – Хабаровск. – 2015. – 77 с.



- емкости очищенной и обеззараженной воды, периодически используемой для промывки фильтра доочистки;
- насоса подачи воды на промывку фильтра;
- резервуара избыточного ила и осадка, оборудованного погружным насосом для подачи осадка на установку обезвоживания осадка;
- установки обезвоживания осадка трехмешковой;
- реагентного хозяйства для приготовления и подачи раствора коагулянта, в качестве которого используется порошкообразный оксихлорид алюминия ( $Al_2O_3$ ).

Сброс очищенной и обеззараженной воды производится в пруд-накопитель объемом 2000 м<sup>3</sup>, а при его наполнении в ручей Виктория.

Требования, предъявляемые к очищенным сточным водам: БПК<sub>полн</sub> – 3 мг/л; взвешенные вещества – 3 мг/л; азот аммонийный – 0,39 мг/л; фосфаты – 0,02 мг/л. Высокие требования к сбрасываемым сточным водам обусловлены категорией источника водопользования (руч. Виктория относится к водоемам рыбохозяйственного значения, 1-категории)<sup>7,8</sup>.

Проектные данные, на которые произведен расчет существующих очистных сооружений, приведены в таблицах 1 и 2<sup>7</sup>.

Таблица 1

**Расчетные расходы сточных вод вахтового поселка**

| Наименование показателей            | Единица измерения    | Значение |
|-------------------------------------|----------------------|----------|
| Суточный объем сточных вод          | м <sup>3</sup> /сут. | 200      |
| Коэффициент часовой неравномерности |                      | 2,5      |

Таблица 2



**Показатели исходного качества сточных вод и после очистки**

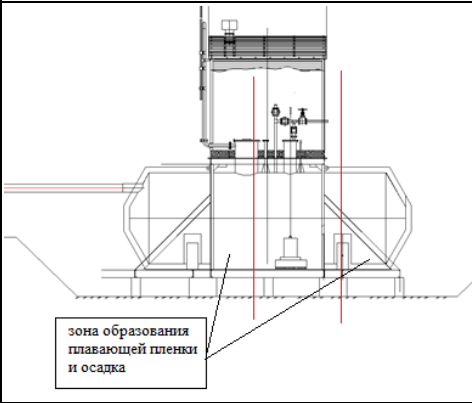




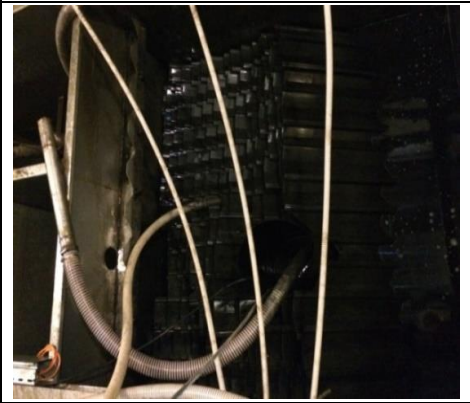
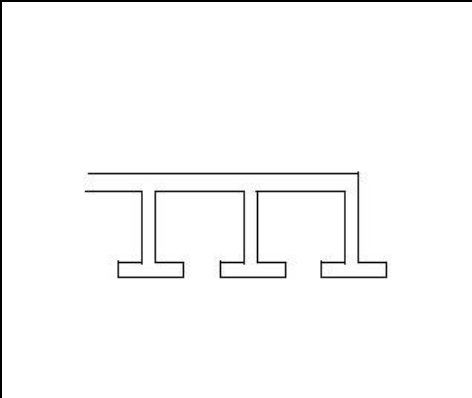

| Наименование показателей              | Концентрация в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, мг/л | Концентрация в сточных водах после очистки по данным фирмы изготовителя очистных сооружений, мг/л |
|---------------------------------------|--|---|
| Взвешенные вещества                   | 220,9  | 10,0  |
| ХПК                                   | 388,2  | 30,0  |
| Азот аммонийных солей N               | 27,2   | 0,39  |
| Фосфаты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 11,2   | 0,2   |

Выявленные нарушения в работе очистных сооружений представлены в таблице 3 [11].

Таблица 3

**Результаты анализа работы сооружений биологической очистки**

| Пример  | Описание проблемы  | Пример   | Описание проблемы  |
|---|--|--|--|
|  | резкое колебание расхода сточных вод, подаваемого на очистные сооружения |  | применение биодобавок не соответствующих рассматриваемому процессу очистки сточных вод |



| Пример  | Описание проблемы  | Пример   | Описание проблемы   |
|---|--|--|---|
|  <p>зона образования плавающей пленки и осадка</p> | <p>образование плавающей пленки и осадка в резервуаре-усреднителе</p>  |    | <p>повышенное образование пены в аэротенке</p>                              |
|   | <p>образование осадка в лотке перед подачей сточных вод в аэротенк</p> |   | <p>вынос активного ила пеной из аэротенка</p>                               |
|    | <p>в аэротенке всплыла загрузка</p>                                    |  | <p>во вторичном отстойнике установлены не по уровню тонкослойные модули</p> |
|    | <p>отсутствие контроля работы системы аэрации в аэротенке</p>          |  | <p>вынос активного ила во вторичном отстойнике</p>                          |

Составлено автором

Результаты анализа причин неправильной работы очистных сооружений представлены в таблице 4 [11].

Таблица 4

Анализ причин неправильной работы очистных сооружений

| Процессы                | Сооружения          | Пример  | Причины  |
|-------------------------|---------------------|---|--|
| Образование пены        | Биореактор          |   | Повышенное образование пены вызвано особенностью формирования качественного состава сточных вод за счет сброса отходов от прачечной и столовой предприятия.  |
| Вспухание активного ила | Вторичный отстойник |  | Всплытие активного ила происходит при:<br>- резком изменении расхода и концентраций загрязнений в поступающих сточных водах,<br>- содержание токсичных веществ в стоках,<br>- при неравномерной аэрации,<br>- небольшой концентрации биогенных элементов в сточных водах [12]. |

Составлено автором

В ходе оценки работы очистных сооружений был проведен гидробиологический анализ активного ила. При опорожнении центральной секции биореактора первой очереди была обследована загрузка. На поверхности загрузки обнаруживался слой биологической пленки менее 1 мм.

Для гидробиологического исследования были отобраны пробы из третьей секции биореактора с глубины 0,4 м (технически невозможно отбирать глубже, т. к. установлена загрузка). Методом световой микроскопии было выявлено, что проба (активный ил + сточная жидкость) представлена нитчатymi и бедна по видовому составу.

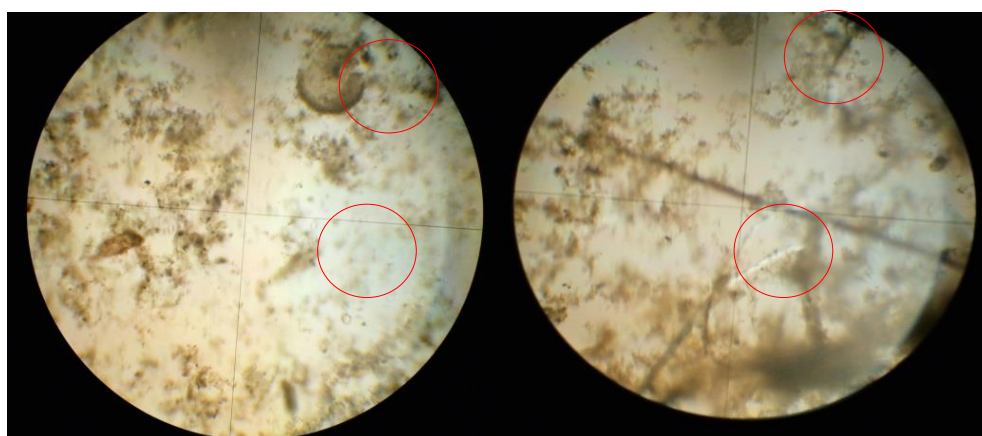


Рисунок 4. Иловая смесь из вторичного отстойника (составлено автором)



Пробы изучались с помощью бинокля P-312 POLAM 35x-1140x. Фото фиксация производилась при помощи камеры «Samsung», ее результаты приведены на рисунке 4.

При изучении состава сточных вод наблюдались физиологические изменения биоценоза при работе аэротенка-биореактора. Результаты представлены в таблице 5 [13].

Таблица 5

**Примеры изменений микроорганизмов активного ила**

| Признаки изменения  | Фото фиксация  | Причины  |
|---|--|--|
| Сморщивание   |   | Наличие токсичных веществ, низкое содержание питательных веществ (биоогенных элементов) [12] |
| Небольшое количество зооидов  |  |  |
| Отобранная смесь активного ила и сточной жидкости бедна по видовому составу, преимущественно составляю организмы, имеющие нитчатую структуру строения |  |  |

Составлено автором

Таблица 6

**Основные недостатки и нарушения эксплуатации очистных сооружений**

| Виды недостатков и нарушений эксплуатации очистных сооружений | Описание недостатков и нарушений эксплуатации очистных сооружений  |
|---|--|
| Проблемы организационного характера                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• наличие перерывов в подаче сточных вод на сооружения;</li> <li>• отсутствие специализированного обслуживающего персонала на очистных сооружениях;</li> <li>• отсутствие систематического контроля качественного состава сточных вод.</li> </ul>   |
| Проблемы технологического характера                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• резкое колебание расхода сточных вод, подаваемого на очистные сооружения;</li> <li>• образование пленки и осадка в усреднителе;</li> <li>• образование осадка в лотке перед подачей сточных вод в аэротенк;</li> <li>• в аэротенке всплыла загрузка;</li> <li>• отсутствие контроля работы системы аэрации в аэротенке;</li> <li>• наблюдаются резкие колебания температуры воды в пределах 16–25 °С;</li> <li>• применение биологических добавок не соответствующих рассматриваемому процессу биологической очистки сточных вод;</li> <li>• повышенное образование пены в аэротенке;</li> <li>• вынос активного ила пеной из аэротенка;</li> <li>• во вторичном отстойнике установлены не по уровню тонкослойные модули;</li> <li>• вынос активного ила во вторичном отстойнике;</li> <li>• не соблюдаются временные затраты на запуск аэротенка.</li> </ul> |

Составлено автором

### Выводы

Рекомендации по устранению нарушений:

1. Проводить контроль качества сточной жидкости на установках.
2. Контролировать концентрацию растворенного кислорода в биореакторах. Данный показатель должен быть не ниже 2 мг/л.
3. Для сокращения пускового периода и в период возможных нарушений работы очистных сооружений рекомендуется в аэрационную зону возвращать активный ил с действующих очистных сооружений или использовать специальные биопрепараты для наращивания биомассы.
4. Целесообразно ввести в технологическую схему очистки фильтры первой ступени, установленные перед фильтрами доочистки. Рекомендуется осуществлять доочистку на песчаных, а затем на сорбционных фильтрах, установленных после сооружений биологической очистки.
5. В секции биореактора закрепить всплывшую загрузку.
6. Проверить работу системы аэрации: проверить наличие мембранных пластин на диффузорах воздухопроводов, установленных в биореакторах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов В.И. Современный этап очистки сточных вод в России / В.И. Баженов // Водоочистка. – 2013. – № 11. – С. 49–56.
2. Бурдова М.Г. Анализ эффективности работы компактных очистных сооружений для очистки сточных вод / М.Г. Бурдова, Н.В. Рыков // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2013. – Выпуск № 3. С. 18–24.
3. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод / А.Г. Гудков – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
4. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации / И. Грулер; под ред. В.А. Шпицберга. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
5. Мельдер Х.А. Малогабаритные канализационные установки / Х.А. Мельдер, Л.Л. Пааль – М.: Стройиздат, 1987. – 136 с.
6. Сидорова Н.В. Очистные сооружения малой канализации / Н.В. Сидорова, М.А. Отаров // Вестник Казахстанского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/59/1953/1953.pdf> (дата обращения: 10.03.2016).
7. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях / под ред. Академика ЖКХ РФ В.К. Гордеева-Гаврикова. – Ростов-на-Дону: «Изд-во «Юг», 2005. – 212 с.
8. Шувалов М.В. особенности канализования территорий малоэтажного жилищного строительства / М.В. Шувалов [и др.] Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 50–55.
9. Guoren Xu Enhanced physicochemical-biological sewage treatment process in cold regions / Guoren Xu, Chao Jia, Zhao Zhang and Yunlong Jiang // Water Science & Technology. – 2014. – Vol 70. – Pp. 1456–1464.
10. Wang W. Enhanced removal of contaminant using the biological film, anoxic-anaerobic-aerobic and electro-coagulation process applied to high-load sewage treatment / W. Wang, S. Chen, K/ Bao, J. Gao, R. Zhang, S. Zhang, N. Sugiura // Environmental Technology. – 2014. – № 35. – Pp. 33–40.
11. Носенко М.О. Проблемы эксплуатации очистных сооружений малой канализации / М.О. Носенко, С.Ф. Калинина-Шувалова // Экология и безопасность жизнедеятельности: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности» (13 ноября 2015 г.). – Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2015. – 163 с.
12. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М. Акварос, 2003. – 512 с.
13. Носенко М.О. Микробиологические особенности сточных вод вахтовых поселков / М.О. Носенко, С.Ф. Калинина-Шувалова // Дальневосточная весна – 2016: материалы 14-й Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 28 апреля 2016 г. / редкол.: И.П. Степанова (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре. – 349 с. – С. 317–319.

**Nosenko Maria Olegovna**

Pacific national university, Khabarovsk, Russia

E-mail: 005654@pnu.edu.ru

РИИЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=178653](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=178653)

## **Analysing the reasons of the inadequate performance for small sewage treatment plants in the Far North**

**Abstract.** The development of natural resources in the Far North is constrained by the water factor, because intensive use of water resources by the extractive industry enterprises is associated with expenditure, losses, water pollution. As a result, it has a significant impact on the state of the hydrosphere and all other components of the environment.

Discharge of untreated and insufficiently treated wastewater into surface water bodies by camp settings constantly worsen their condition. Wastewater is contaminated with phosphorus, nitrogen, all kinds of bacteria, it can also contain viruses and helminth eggs, and it contains large quantities of synthetic surfactants, which are formed after bathing, washing and laundry on the camp settings of the extractive industry enterprises. Wastewater flow rate is 1400 m<sup>3</sup>/day in the camp settings. However, the degree of toxicity of water-discharge is no less than that of large cities. The characteristic features of wastewater from camp settings and sewerage systems are: remoteness from sources of centralized power supply, water supply and sewerage (isolated location); the interruptions in the supply of wastewater to structures and a low population density (up to 70 people/ha); increased concentrations of contaminants because of the relatively low standards of wastewater disposal (depending on the degree of buildings improvement). Thus, small sewerage treatment facilities are complex, difficult-to-control biological systems operating in an unfavorable mode of a constantly changing composition of wastewater. It should be noted that the published information on the topic of domestic sewage wastewater treatment has a limited scope, due to the specificity of the qualitative and quantitative characteristics of wastewater, natural and climatic conditions, and other factors.

The work considers the treatment facilities of the Chukotka Autonomous District of the Far Eastern region of Russia (the Far North region), the microbiological composition of wastewater was studied, which is formed in especially unfavorable conditions (the Far North region), the conditions for the biocenosis formation and the reasons negatively affecting the biocenosis.

**Keywords:** wastewater; treatment facilities; biological treatment; small sewerage; wastewater consumption; pollution; activated sludge