Курсовой проект

УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ЗАО ЭКОФЕРМА ЕЛИЗОВСКОГО РАЙОНА

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ …… 3

ВВЕДЕНИЕ…… 4

1. СТОЧНЫЕ ВОДЫ ЗАО «ЭКОФЕРМА»……. 5

1.1 Состав и объем сточных вод…….. 6

1.2 Классификация осадков…….. 14

1.3 Рекомендации по утилизации осадков сточных вод……. 16

1.4 Обеззараживание осадков. Компостирование…….. 21

2. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД …… 27

2.1 Сбраживание осадков в аэробных минерализаторах…… 28

2.2 Физико-химическое кондиционирование осадков сточных вод…… 32

2.3 Расчет основных компонентов технологической схемы….. 35

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА… 40

3.1 Сметные работы…… 40

3.2 Определение эксплуатационных расходов и себестоимости продукции…… 41

4. ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЬЕКТОВ……. 55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ……. 58

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…….. 59

РЕФЕРАТ

Курсовой проект содержит 55 с., 3 рис., 14 табл., 30 источников использованной литературы.

Ключевые слова: ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД, УТИЛИЗАЦИЯ, СБРАЖИВАНИЕ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ, КОНДИНЦИОНИРОВАНИЕ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Цель работы – исследование процессов утилизации осадков сточных вод ЗАО «Экоферма» Елизовского района.

Объект исследований – осадки сточных вод животноводческого комплекса.

Предмет исследований –процессы утилизации осадков сточных вод.

Для выполнения курсовой работы были поставлены следующие *задачи*:

- исследование сточных вод ЗАО «Экоферма» ;

- изучение состава сточных вод, классификации осадков, способы их утилизации, обеззараживания и компостирования;

- проанализировать методы обеззараживания и утилизации осадков сточных вод, в частности сбраживание осадков в аэробных минерализаторах и физико-химическое кондиционирование;

- произвести расчет основных компонентов технологической схемы;

- дать технико-экономическое обоснование проекта, включая проведение сметных работ, определение эксплуатационных расходов и себестоимости продукции.

ВВЕДЕНИЕ

Животноводческие фермы и комплексы представляют собой серьезные источники загрязнения почвы, водных объектов,атмосферного воздуха, являются источниками вредных газов, запахов и микроорганизмов, вызывают эвтрофирование вод и загрязнение окружающей среды в целом.

Свежий свиной навоз относится к третьему классу опасности. Спецификасвинокомплексовзаключается в выбросах стоков фермы в пруды-отстойники, очистные сооружения, навозохранилища, дающие до 99,5% от общей массы выделений. Особую опасность создают жидкие навозные стоки.

Сточные воды свиноводческих комплексов являются высококонцентрированными, с неприятным сильным запахом, большим количеством механических примесей, болезнетворных микроорганизмов и т.д. Большое количество растворенных органических веществ не позволяет достаточно эффективно очистить данные сточные воды даже при длительном отстаивании. Кроме того значительное содержание влаги в осадках требует применения специальных механизированных способов их отделения, транспортировки и обезвоживания. Сточные воды создают реальную угрозу жизни и здоровью населения и существенного ухудшения состояния окружающей среды вследствие высокой вероятности попадания вредных химических веществ в источники питьевого водоснабжения.

В исходном виде осадки сточных вод представляют собой источник загрязнения окружающей среды. При очистке сточных вод постоянно накапливаются выделяемые из воды осадки.

Таким образом, осадки сточных вод необходимо обеззараживать, обезвреживать и решать вопросы их удаления с территории очистных сооружений и последующей утилизации. Такую обработку осадков сточных вод следует проводить с целью получения продукта, свойства которого обеспечивают возможность уменьшения его объема и утилизации, а также сведения к минимуму ущерба, наносимого окружающей природной среде.

1. СТОЧНЫЕ ВОДЫ ЗАО «ЭКОФЕРМА»

Свинокомплекс компании «Агротек» ОАО «Экоферма» на 12 тысяч голов введен в эксплуатацию в конце 2012 г. (рис. 1.1). Его строительство осуществлено на базе бывшего совхоза «Начикинский» в поселке Сокоч, Начикинского сельского поселения, Елизовского района Камчатского края [13].

Современная система навозоудаления на свинокомплексе «Экоферма» оборудована разделением стоков на твердую и жидкую фракции, которые после естественного компостирования используются в качестве высококачественных органических удобрений. Площадка очистных сооружений вынесена за пределы второго пояса водоохраны (удаление от водоохранной зоны – более 1 км). Очистка поверхностных стоков производится посредством очистных сооружений дождевых сточных вод «Свирь».



Рисунок 1.1 – Свинокомплекс компании «Агротек» ОАО «Экоферма»

Проектирование, строительство и эксплуатация ЗАО «Экоферма» должны соответствовать нормам технологического проектирования; ветеринарно-санитарным правилам для специализированных свиноводческих предприятий; СанПиН; Постановлению Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 г. № 74 г.; Федеральному закону об экологической экспертизе; Федеральному закону о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения; Федеральному закону об охране окружающей среды; Водному кодексу Российской Федерации; Конституции РФ [1 – 4].

В процессе очистки сточных вод образуются твердые отходы – осадки сточных вод (ОСВ), которые представляют собой избыточный активный ил и осадки первичных отстойников, утилизация которых является сложной технической и экологической проблемой. На обработку осадков и подготовку их к утилизации приходится 40-50 % общей всех затрат на строительство и эксплуатацию современных очистных сооружений промышленных предприятий. Поэтому очень важно принять правильное решение для повышения эффективности работы оборудования для обработки и утилизации осадков сточных вод [5, 16].

1.1 Состав и объем сточных вод

Технологии производства продукции крупных свиноводческих комплексах предусматривают преимущественно бесподстилочное содержание животных при использовании гидросмыва для удаления экскрементов. При такой технологии накапливается очень большое количество навозных стоков, которые, в зависимости от мощности животноводческих комплексов, составляют от 100 до 7000 куб. м в сутки.

Жидкий навоз является полидисперсной системой, включающей твердую фракцию, воду, газообразные соединения. Количество получаемого навоза зависит от многих факторов: возраста животных, способов их содержания,

состава кормов, величины поголовья и т.д. (табл. 1.1). В среднем на свинокомплексе на одну голову в сутки образуется 4,5 кг навоза,влажность которого составляет 88,1%.

Таблица 1.1 – Выход навоза на свиноводческом комплексе

Группа животных	Выход навоза	
	кг/сутки	влажность, %
Хряки-производители	11,1	89,4
Свиноматки подсосные	13,3	93,1
Свиноматки супоросные	10,0	90,0
Свиноматки холостые	8,8	90,8
Свиньи – откорм свыше 80 кг	6,6	87,5
Свиньи – откорм 41-80 кг	5,1	87,0
Свиньи – откорм до 40 кг	3,5	86,6
Поросята – отъем до 30 кг	2,4	86,0

Объем сточных вод свиноводческих комплексов существенно зависит от применяемой системы удаления навоза. На крупных свинокомплексах для транспортировки навозной массы используют систему гидросмыва, при которой на один объем навоза расходуется до 6-10 объемов технической воды. Вследствие этого образуется очень большое количество навозных стоков влажностью более 98%.

В таблице 1.2 представлена зависимость объема сточных вод на свиноводческих комплексах от способа их удаления и уборки.

Таблица 1.2 – Объем сточных вод свиноводческих комплексов в зависимости от способов их удаления

Количество содержащихся голов	Выход экскрементов, тыс. куб. м/год	Выход стоков, тыс. куб. м/год	
		при гидросмыве	при самосплаве
12000	36,0	–	52,4
24000	70,5	195,5	96,8
37000	114,0	332,5	181,0
73000	239,0	940,0	321,0

Исходя из данных таблицы определено, что при использовании большого количества воды для удаления навоза из животноводческих помещений

пропорционально увеличивается количество навозных стоков.

Особенности состава стоков свиноводческих комплексов заключаются в высокой концентрации удобрительных элементов и сухого вещества, из которых 70 % –органические вещества с наличием большого числа микроорганизмов.

Свиноводческие стоки содержат большое количество макро- и микроэлементов, высокое содержанием биогенных и органических веществ, присутствие патогенов и солей токсичных тяжелых металлов которые при очистке концентрируются в осадках сточных вод (табл.1.3 и 1.4).

По данным свинокомплекса, массовая доля органического вещества в сточных водах составляет 5,52 %, они имеют слабощелочную реакцию с pH в пределах 7–8 (табл.1.3).

Таблица 1.3 – Состав сточных вод свинокомплекса

Показатели	Концентрация
pHKCl, pH ед.	8,1
Массовая доля влаги, %	96,38
Массовая доля сухого остатка, %	3,62
Массовая доля золы, %	1,05
Массовая доля органического вещества, %	2,57
Массовая доля общего азота (N), %	0,52
Массовая доля нитратного азота (NO_3), %	0,0076
Массовая доля общего фосфора (P_2O_5), %	0,08
Массовая доля общего калия (K_2O), %	0,33
Массовая доля общего кальция (Ca), %	0,16
Массовая доля магния (Mg), %	0,056
Подвижный бор (B), %	0,00005
Массовая доля серы (S), %	0,09
Массовая доля натрия (Na), %	0,05

Таблица 1.4 – Содержание тяжелых металлов в сточных водах свинокомплекса, мг/кг

Металл	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Cu	Mn	Zn	Cd	Co	Pb
	8,48	1,5	15,72	0,0065	0,043	0,031
ПДК	1,0	0,1	1,0	0,01	1,0	0,03

Данные, представленные в таблице 1.2 свидетельствуют, что концентрация тяжелых металлов в сточных водах превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по меди – в 8,5 раз, по марганцу – в 15 раз, по цинку – в 15,7 раз. Концентрация кобальта и свинца находится в пределах ПДК.

Содержание сухого вещества в осадках сточных вод выражается в граммах на 1 л или в процентах и определяется сушкой при температуре 105°С до постоянной массы. В жидких осадках содержание сухого вещества близко к концентрации взвешенных веществ, которые определяют фильтрованием или центрифугированием.

Содержание беззольного вещества выражено в процентах по массе от содержания сухого вещества и определяется сжиганием при температуре 550-600°С. В гидрофильных органических осадках этот показатель обычно близок к концентрации органических веществ и характеризует содержание азотистых веществ.

Для органических осадков особенно важен *элементарный состав*, особенно по таким показателям как содержание: водорода и углерода для определения степени стабилизации или общей кислотности; фосфора и азота для оценки удобрительной ценности осадка; тяжелых металлов и т.д.

Для неорганических осадков определяют содержание Fe, Al, Cr, Mg, солейCa (сульфатов и карбонатов) и Si.

Токсичность. Металлы, содержащиеся в осадках сточных вод (цинк, медь, кадмий, хром, никель, марганец), токсичны и обладают способностью вызывать в организме человека различные виды биологических эффектов – мутагенный, эмбриотоксический, общетоксичный. Степень опасности и токсичности различных тяжелых металлов неодинакова и может быть оценена по показателям средне летальных доз ($ЛД_{50}$) для лабораторных животных. Наиболее токсичными для животных являются кадмий, никель и хром, менее опасные – медь и цинк [16].

Органическая часть активного ила осадков сточных вод состоит в основном

из вещества белкового происхождения (до 50 %) при содержании жиров и углеводов соответственно до 30 и 10 %. Всыром осадке из первичных отстойников белков почти в 2 раза меньше, а углеводов, наоборот, – в 2,5-3 раза больше, чем в активном иле.

Основными компонентами минеральной части осадков сточных вод являются оксид кремния, оксид алюминия, оксид железа и фосфор, который может находиться в виде малорастворимых фосфатов тяжелых металлов и кальция.

Высокое содержание азота, фосфора, углерода, кальция, микроэлементов позволяет рассматривать осадки сточных вод в качестве органоминеральных удобрений. Однако высокая бактериальная загрязненность и содержание в них ионов тяжелых металлов требует дополнительной обработки и обеззараживания осадков сточных вод перед их использованием в качестве удобрений [28].

БПК представляет собой показатель биохимического потребления кислорода, то есть количество кислорода, израсходованное за определенное время (например, за 5 суток составляет $БПК_5$) в аэробных условиях на окисление органических веществ, которые содержатся в одинице объема воды. Обычно при нормальних условиях в течение 5 суток происходит окисление до 70% легко окисляющихся органических веществ.

БПК измеряется в двухпоказателях: $БПК_{полное}$ ($БПК_{20}$) и $БПК_5$. Полное окисление органических веществ $БПК_{20}$ достигается в течение 20 суток.

В показателях БПК определяют затраты кислорода, расходуемые для окисления простых органических соединений вследствие действия аэробных бактерий. Чем выше показатели этих затрат (поглощений кислорода, потреблений кислорода), тем выше загрязненность воды. То есть, чем больше загрязненность, тем больше потребуется кислорода для ее ликвидации. Измерения происходят исходя из данных, полученных путем определения растворенного кислорода в определенном объеме воды в течение определенного времени и при определенной температуре.

Концентрация взвешенных веществ в сточных водах свиноводческих комплексов в основном зависит от нормы водоотведения в сутки на 1 животное. Чем больше расходуется воды, поступающей в канализацию от одного животного в сутки, тем меньше ее концентрация по загрязнению вообще и, в том числе, по взвешенным веществам, и наоборот, чем меньше норма водоотведения, тем более концентрированы по загрязнению сточные воды.

Расход сточных вод – это наиболее возможный расход, поступающий на очистные сооружения, который зависит от удельного водоотведения, коэффициента неравномерности, плотности заполнения свинокомплекса и его площади.

Удельное водоотведение сточных вод представляет собой среднесуточный расход сточных вод в л/сут, отводимый от одного животного. Удельное водоотведение зависит от степени благоустройства здания, от степени его оборудования соответствующими санитарно-техническими устройствами.

Первоочередной задачей при строительстве канализации на свиноводческих комплексах является правильное определение расчетных расходов сточных вод.

Расчетный расход – это максимальный расход сточных вод, пропуск которого должны обеспечить канализационные сооружения на расчетный период. При расчете сооружений определяют средние и максимальные суточные, часовые и секундные расходы.

Расчетный суточный расход сточных вод Q ($м^3$) определяют по формуле:

$$Q_{ср.сут} = \frac{nN_р}{1000}; \quad (1.1)$$

$$Q_{макс.сут} = \frac{nN_р}{1000} K_{сут}; \quad (1.2)$$

где *n* – норма среднего водоотведения на одно животное, л; $N_р$ – расчетное количество животных, $K_{сут}$ – коэффициент суточной неравномерности водоотведения, определяют по формуле:

$$K_{сут} = \frac{Q_{\max}}{Q_{mid}}, \qquad (1.3)$$

где $Q_{\max}$, Q_{mid} – максимальный и средний суточный расход за год, м^3/сут.

В процесах эксплуатации свиноферм образуются сточные воды, с различными характеристиками, требующие специальной очистки перед сбросом в канализационные системы.

ПДК химических веществ в сточных водах определяют согласно санитарным нормам и правилам СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. ПДК сброс асточных вод рассчитаны из условия безопарного сброса стоков (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Допустимые значения показателей и концентраций загрязняющих веществ в составе очищенных сточных вод

Массаорганических веществ в составесточных вод, поступающих на очистку	Концентрациязагрязняющихвеществ, мг/дм^3									
	ХПК		$БПК_5$		Взвешенныевещества		$N_{общ}$		$P_{общ}$	
	$С_{ср}$	$С_{мах}$	$С_{ср}$	$С_{мах}$	$С_{ср}$	$С_{мах}$	$С_{ср}$	$С_{мах}$	$С_{ср}$	$С_{мах}$
До 500	150	200	40	60	50	65	-	-	-	-
501-2000	125	170	30	40	35	50	-	-	-	-
2001-10000	120	160	25	35	30	40	-	-	-	-
10001-100000	90	120	20	30	25	35	15	20	3	4,5
Более 100000	75	100	15	20	20	30	10	15	1,5	2,0

В сточных водах перед сбросом в канализацию должно контролироваться содержание множества веществ. Особое внимание долино уделяться содержанию тяжелых металлов в чистом виде, их солей, поскольку именно эти вещества оказывают наиболее губительное воздействие.

Сточные воды от животноводческих комплексов объектов должны собираться самостоятельной канализационной сетью и перед выпуском их в общую сеть подвергаться обеззараживанию. Для обеззараживания сточных вод от животноводческих объектов следует предусматривать контактные отстойники. Обеззараживание осуществляют в соответствии с «Ветеринарно-

санитарными правилами подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы» с учетом наличия дезинфектантов и технических средств, вида и устойчивости возбудителя болезни.

Поверхностный сток с территории свинокомплексов промышленного типа может являться интенсивным источником загрязнения близлежащих водных объектов и местности.

Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты не очищенные до установленных нормативов поверхностные воды, организованно отводимые с территории свинокомплексов промышленного типа.

Поверхностный сток с территории свинокомплексов промышленного типа должен направляться по открытой системе водостоков в локальные хранилища (пруды-отстойники или др.) и после соответствующей обработки использоваться для орошения сельскохозяйственных угодий.

Условия спуска сточных вод в водоемы регламентированы «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», «Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей» Министерства здравоохранения СССР и «Санитарными правилами для речных и озерных судов СССР», имеющими целью предупреждение и устранение существующего загрязнения сточными водами водоемов — рек, озер, искусственных каналов, водохранилищ и морей.

Согласно конвенции по предотвращению загрязнения морей вредными отходами полностью запрещается сбрасывать в моря и океаны отходы производства, содержащие радиоактивные вещества, особо вредные компоненты, ртуть, кадмий. Можно сбрасывать в море при условии тщательного контроля отходы, включающие вещества, содержащие цинк, медь, свинец и др. К третьей категории конвенция относит отходы, которые в целом разрешается сбрасывать в моря, но при соблюдении соответствующих условий относительно концентрации вредных веществ, мест сбрасывания и т. д.

«Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» установлены два вида нормативов качества воды в водоемах:

- для водоемов питьевого и культурного-бытового водопользования;
- для водоемов, используемых в рыбохозяйственных целях.

Основными мерами охраны воды от загрязнения считаются такие, которые частично устраняют образование сточных вод и исключают необходимость сброса их в водоемы. В соответствии с правилами запрещается спуск в водоемы тех сточных вод, которые могут быть устранены иными путями: применением рациональной технологии производства, повторным использованием отработавшей воды в системах оборотного водоснабжения и использованием сточных вод в целях сельскохозяйственного орошения.

1.2 Классификация осадков

Существует несколько видов классификации осадков сточных вод, что зависит от типа сооружений, которые применяются для очистки сточных вод, от вида обработки сточных вод и вместимости в них гидрофильных коллоидов, которые имеют важное значение в поведении осадков в процессе их обезвоживания.

В зависимости от типа очистных сооружений, применяемых для очистки сточных вод, осадки классифицируют следующим образом:

-грубые, задерживаемые решетками;

-тяжелые, оседающие в песколовках (песок);

- всплывающие (механические примеси и жиры), задерживаемые в жироловках и отстойниках;

- сырой осадок, преимущественно взвешенные вещества, которые оседают в первичных отстойниках;

- активный ил, представляющий собой комплекс микроорганизмов коллоидного типа с адсорбированными и частично окисленными

загрязняющими веществами, которые выпадают в осадок из первичных отстойников вследствие биологической очистки сточных вод [16].

В зависимости от вида обработки сточных вод осадки делятся на:

-анаэробно-сброженные осадки в осветлителях-перегнивателях, метантенках или двухъярусных отстойниках (анаэробному сбраживанию подвергается осадок из первичного отстойника или смесь осадка с избыточным активным илом);

- анаэробно-стабилизированные осадки, представляющие собой активный ил или его смесь с осадком из первичного отстойника;

- сгущенный активный ил из сепаратора;

- уплотненный активный ил, осадок или их смесь из уплотнителей;

- промытый сброженныйуплотненный осадок;

- обезвоженный осадок после аппарата механического обезвоживания;

-сфлотированный активный ил или осадок;

- термически высушенный осадок и т.д.

В зависимости от содержания в осадках сточных вод гидрофильных коллоидов, имеющих важное значение при поведении осадков в процессе обработки, их подразделяют на:

- гидрофильные органические, образующиеся в процессе биологической очистки сточных вод и содержащие в своем составе до 90% беззольного вещества от общего количества сухого вещества. В таких осадках могут содержаться гидрофильные гидроксиды алюминия и железа, образующиеся из неорганических коагулянтов, которые применяют для обработки воды;

- гидрофильные неорганические с присутствием гидроксидов металлов, которые образуются вследствие физико-химического процесса обработки воды и осаждения ионов металлов, содержащихся в сырой воде (Fe, Zn, Al, Cr), или в результате использования неорганических коагулянтов (солей железа или алюминия);

- маслосодержащие осадки, которые характеризуются присутствием минеральных (либо животного происхождения) жиров или масел. Такие масла

находятся в виде эмульсии, либо адсорбированы на гидрофобных или гидрофильных частицах осадка;

- гидрофобные неорганические с преобладанием содержания веществ с незначительным количеством или отсутствием связанной воды (грязь, песок, шлак, кристаллизованные соли и т. д.);

- волокнистые с содержанием волокон, которые легко подвергаются обезвоживанию, исключая случаи, когда интенсивная очистка от волокна делает их гидрофильными вследствие появления в них гидроксида металла или активного ила, или того и другого.

Таким образом, осадки сточных вод классифицируют в зависимости от их свойств и путей создания оптимальных условий для их обезвоживания, утилизации и складирования. Свойства осадков целесообразно разделять на характеризующие их структуру и природу, и обуславливающие их поведение в процессе обезвоживания [16].

1.3 Рекомендации по утилизации осадков сточных вод

Осадки сточных вод обладают существенной теплотворной способностью, поэтому в процессе утилизации возможно их использование для получения энергетического потенциала отхода при соответствующих термических методах переработки [9, 26, 27].

В ходе работы проведен анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по утилизации осадков сточных вод, который показал, что для таких целей используют целый ряд методов, основные их них приведены ниже:

-обеззараживание и детоксикация осадков с дальнейшим получением из них органоминеральных удобрений и компостов [18 – 20, 25, 27];

-анаэробная деструкция и обеззараживание осадков сточных вод с получением биогаза [9, 27];

-термические методы: сжигание в печах специальной конструкции; пиролиз при низких температурах с получением жидкого топлива [9].

В связи с множеством существующих методов утилизации осадков сточных вод разработаны принципы и критерии выбора оптимального варианта и стратегии переработки осадков для целенаправленного использования образующихся продуктов. Выбор наиболее рационального метода переработки осадков сточных вод проводят, учитывая следующие факторы [8]:

- объем образующихся отходов;

- условия формирования и состав сточных вод;

- экономическую целесообразность (рентабельность) использования метода переработки избыточного активного ила;

- возможность вторичного использования продуктов утилизации;

- возможность утилизации полученного тепла.

Согласно выбранным критериям наиболее перспективны два метода утилизации, первым из которых является использование осадков сточных вод для органоминерального удобрения, а второй – пиролиз осадков сточных вод с получением жидкого топлива.

Высушенный осадок путем термической обработки можно использовать в качестве органоминерального удобрения, как вспомогательный материал для заполнения мест выработки вгорнодобывающей промышленности, в дорожном строительстве, для строительства полигонов захоронения отходов, для сооружения откосов насыпей и озеленения магистралей, для рекультивации почв,как добавочное топливо на мусоросжигательных заводах и электростанциях, в производстве асфальта, керамики и цемента, для получения горючего газа при пиролизе [3].

До недавнего времени за рубежом осадок сточных вод вывозили на свалки, хранили в большого размера илонакопителях, сушили на солнце и в сухом виде вывозили на полигоны. В последние годы разработано много методов полезного использования обезвоженных осадков сточных вод и золы от их сжигания. Самые передовые из таких методов заключаются в повторном

использовании сброженного или компостированного осадка в сельском хозяйстве в качестве дополнительного удобрения, а также для благоустройства территорий, поскольку такие удобрения содержат соединения фосфора и (или) азота [30].

В Европе и в странах региона Балтийского моря используют различные стратегии утилизации осадка. В странах Бельгия, Швейцария и Нидерланды, сельскохозяйственное использование осадка сточных вод ограничено или запрещено, поэтому осадок сточных вод сжигают. В других странах, таких как Финляндия, Эстония и Норвегия, компостированный осадок применяют для благоустройства зеленых зон. В странах Исландии, Греции и Мальте весь осадок вывозится на полигоны твердых бытовых отходов. В России широко распространен сбор осадка сточных вод в илонакопителях.

На рисунке 1.2 приведены методы утилизации осадка сточных вод по типу его обработки в разных странах мира [30].

Таким образом, рекомендации по утилизации осадков сточных вод заключаются в следующем:

Осадки сточных вод свиноводческих комплексов целесообразно использовать преимущественно в сельском хозяйстве в качестве азотно-фосфорных удобрений, поскольку они содержат необходимые для развития растений органические соединения и микроэлементы. Попадая в почву, осадок повергается минерализации, при которой биогенные и прочие элементы переходят в соединения, доступные для растений.

Эффективность утилизации посредством использования осадков сточных вод в качестве удобрений определяется комплексным содержанием в них биогенных элементов.

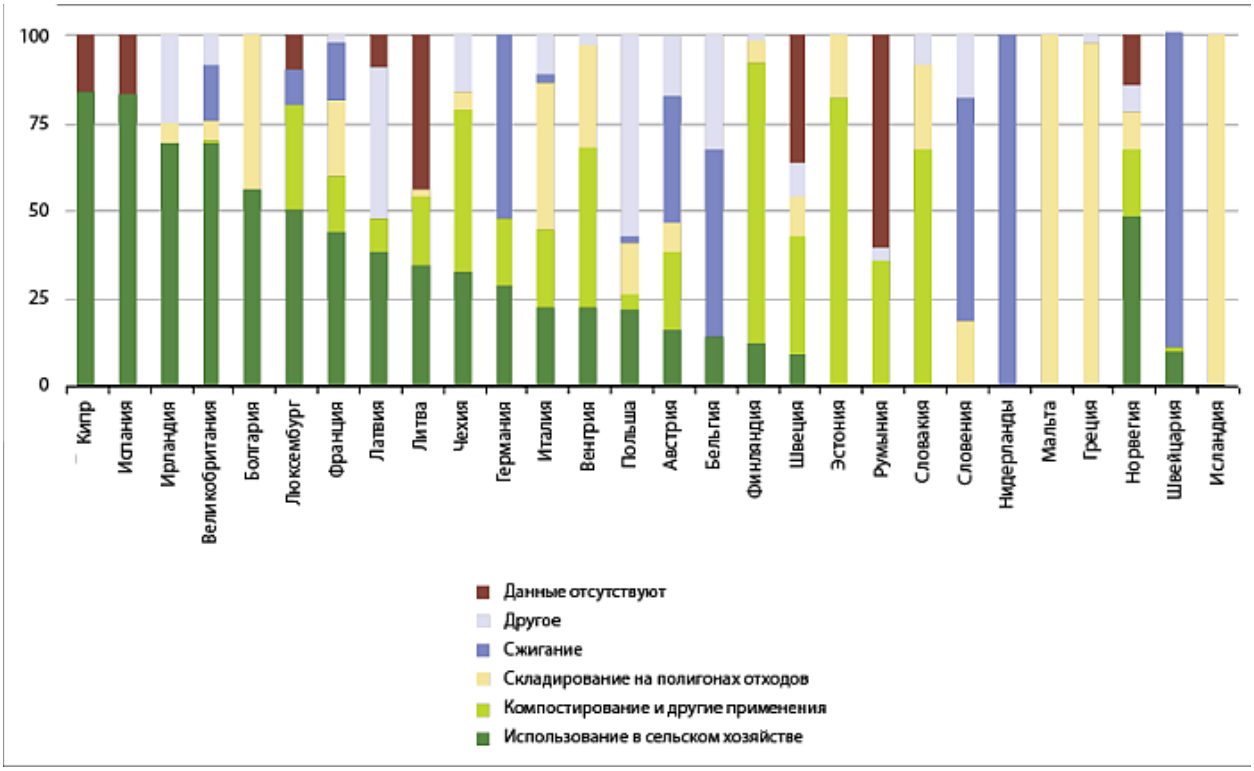


Рисунок 1.2 – Методы утилизации осадка сточных вод по типу его обработки в разных странах мира, 2009 г.* (% от общей массы) (по данным Eurostat):

Германия, Бельгия, Люксембург, Австрия, Нидерланды – 2008 г.; Чешская Республика, Латвия, Словакия, Ирландия – 2007 г.; Швейцария и Греция – 2006 г.; Великобритания, Италия, Кипр – 2005 г.; Венгрия, Франция – 2004 г.; Исландия – 2003 г.; Швеция – 2002 г.; Финляндия– 2000 г.; Португалия, Дания – данные отсутствуют

Активный ил представляет самую большую ценность как органическое удобрение, в связи с высоким содержанием в нем азота и усваиваемых фосфатов. Содержание в осадках этих веществ зависит от состава сточных вод и технологии их очистки. Отношение общего органического углерода к азоту составляет в среднем 15:1. Калия в осадках сточных вод незначительные количества.Минеральная часть осадков в основном состоит из соединений кальция, железа, алюминия, кремния.

Внесение осадков в почвы значительно влияет на уменьшение их кислотности и увеличение содержание гумуса, фосфора и азота. Осадок,

обработанный известью, особенно благоприятно воздействует на кислые почвы.

Содержание большого количества органических веществ в осадках (до 40-70% от массы сухого вещества) позволяет их использовать в качестве рекультиванта почв с обедненным верхним плодородным слоем и возвращения земель природопользование.

Тем не менее, исключением не является присутствие в осадках ряда микроэлементов, таких как марганец, бор и тяжелых металлов – кобальт, цинк, свинец, медь, молибден. Поэтому наличие в осадках солей тяжелых металлов является основным фактором, сдерживающим использование осадков сточных вод в качестве минеральных удобрений в сельском хозяйстве [29].

Еще один перспективный вариант утилизации осадков сточных вод – их использование для получения кормовых препаратов и добавок для питания сельскохозяйственных птиц, рыб, животных и зверей ценных пород.

Также перспективным направлением утилизации осадков является их переработка с целью получения продуктов для использования в промышленном производстве и теплоэнергетике. Для этого направления переработки осадков отсутствуют жесткие ограничения по санитарным, гигиеническим показателям и присутствию токсичных соединений.

Захоронение осадков сточных вод целесообразно применять только в случаях невозможности применения утилизации по экономическим или техническим причинам, учитывая необходимость предотвращения возможного отрицательного воздействия на окружающую природную среду [29].

Применяемые на очистных сооружениях канализации физические, химические и механические методы переработки осадков сточных вод обычно связаны со значительными затратами, они энергоемки, требуют больших затрат материальных средств и труда. На сегодняшний день основным методом утилизации образовавшихся осадков сточных вод является складирование, которое представляет собой их накопление вблизи очистных сооружений, вывоз в овраги, низины, карьеры, шлако накопители. Этот способ

складирования отходов очистных сооружений вызывает экологические проблемы, он разлагается с выделением зловонных газов, газообразных продуктов, создает неблагоприятные условия на больших территориях, прилегающих к местам их складирования [29].

Термические методы переработки осадков сточных вод, связаны с выделением газообразных и твердых веществ, из которых наиболее вредными из которых считают летучую золу и отходящие газы (диоксид углерода, окислы серы, окислы углерода, окислы азота, фтористый водород, хлористый водород, диоксины). Тяжелые металлы, содержащиеся в дымовых газах, находятся в водорастворимой форме и представляют потенциальную экологическую опасность, поскольку смываются дождем в почву и подземные и поверхностные водоемы.

Перспективным способом переработки и утилизации осадка сточных вод является использование биологических объектов, таких как черви *Eiseniafoetida*[20]. Черви способны накапливать в своем теле тяжёлые металлы и переводить их в связанные формы, которые недоступны для растений, что позволяет расширить спектр применения конечного продукта переработки и утилизаци. В процессе вермикомпостирования из органических отходов образуется вермикомпост или биогумус. Этот процесс не предусматривает применения реагентов, что делает биологическую утилизацию экологически безопасной и не приводит к загрязнению грунтовых подземных вод, поверхностных водоемов, почв [29].

1.4 Обеззараживание осадков. Компостирование

*Обеззараживание осадков сточных вод*представляет собой уничтожение присутствующих в осадках возбудителей болезней животных и людей. Санитарно-гигиенические показатели осадков оценивают по наличию патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов. Для обеззараживания осадков применяются следующие методы: термический, состоящий из прогревания,

сушки, сжигания;химический – обработка химическими веществами; биотермический – компостирование; биологический – уничтожение микроорганизмов грибами, растениями почвы, простейшими; различные физические воздействия – токамивысокой частоты, радиацией, ультразвуковыми колебаниями, ультрафиолетовым излучением [15].

На сегодняшний день самыми часто применяемыми на практикеявляются термический, химический и биотермический методы обеззараживания осадков сточных вод. При коагуляции осадков и последующего за нимпроцессов обезвоживания и прогревания до 60°С, происходит уменьшение количества микроорганизмов и почти 100% гибель яиц гельминтов. При обработке более высокими температурами (термосушка, пастеризация) в осадках уничтожаются не только патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов, а и вирусы. Гибель и деформация яиц гельминтов также происходят при добавлении к осадкам негашеной извести, также обеспечивающей повышение температуры осадков впроцессе гашения.

Необходимую дозу негашеной извести рассчитывают исходя из необходимости поднятия температуры осадка сточных вод до 60°С и выше. Способ обеззараживания осадков негашеной известью применяют на очистных сооружениях в Германии, США, Швеции, Финляндии и других странах. Перемешивание осадка с известью обеспечивается шнековыми насосами, лопастными смесителями и другим соответствующим оборудованием. При обеззараживании небольших количеств осадков применяют хлорную известь, хлороформ, эфир, спирт, фенол и прочие вещества, растворяющие липоидную оболочку яиц гельминтов, но такие реагенты требуют высоких затрат [15].

Для обеззараживания осадков сточных вод применяют химические вещества, которые используюттакже для удобрения почвы, для уничтожения сорняков или вредных почвенных микроорганизмов. К таким относятся: формальдегид, тиозон, карбатион, аммиак (аммиачная вода) и др. Более эффективным является применение безводного аммиака, поскольку для обеззараживания осадков требуется гораздо меньший его расход в связи с

течением экзотермической реакцией при их взаимодействии [12]. Вследствие применения безводного аммиака удается получить обеззараженный осадок с меньшей влажностью. Обеззараживание осадков сточных вод при использовании безводного аммиака происходит при использовании его дозы 3% (по аммиаку) от массы осадка и экспозиции в течение 10 суток. Для смешения аммиака с осадком применяютлопастные или шнековые смесители непрерывного действия.

Тиазонприменяют в дозе 0,2–2% от общей массы осадка и времени экспозиции 3–10 суток. Такие концентрация и время оказывают губительное действие на яйца гельминтов, патогенные бактерии, включая туберкулез, личинки и яйца мух. Воздействие тиазономобеспечивает получение эпидемиологически безопасного и пригодного для удобрения осадка, применение которого в качестве удобрения позволяет осуществлять основнуюиз функцийтиазона – уничтожать возбудителей плесени, инфекций, фитонематодыв почве и сорняки. Овоцидные свойстватиазона основаны на процессах гидролиза тиазона, вследствие чего при блокировании ферментов зародышей яиц гельминтов образуются продукты распада. Доза тиазона, которая обеспечивает дегельминтизацию осадков сточных вод станций аэрации, составляет 0,25–0,3% от массы осадка путем перемешивания в двухроторном смесителе с *z*-образными лопастями или в ленточныхрастворосмесителяхв течение 60 минут с дальнейшей выдержкой под пленкой 7–10 суток в буртах на площадках с твердым покрытием [15].

Применение аммиачной воды, извести, тиазона, мочевины, формальдегида позволяет использовать двойное действие реагентов – на осадки сточных вод и почву. Таким образом, это приводит к снижению эксплуатационных расходов на обеззараживание осадков и их подготовку к утилизации в качестве удобрения.

Остаточное содержание в осадках названных реагентов предотвращает процессы реактивации микроорганизмов и обеспечивает стабильность осадков. Одновременно тиазон, формальдегид и аммиак представляютсобой

токсичныевещества, требующие осторожного обращения, а вещество аммиак – взрывоопасно. Для избежания загрязнения грунтовых вод и почвы азотом следует устанавливать точную дозу внесения обеззараженного осадка сточных вод в почву. Также как и дозу внесения осадков, обработанных инымипрепаратами, требуется устанавливать с учетом их действия. Для уменьшения дозы реагентов можно применять термомеханические или термохимические методы обеззараживания осадков сточных вод [10].

Для обеззараживания осадков сточных вод в России и за рубежом широко применяются методы биотермической обработки – компостирование. Биотермическую обработку осуществляют смешением осадков сточных вод с наполнителями (опилками, торфом, бытовыми отходами, молотой корой, остатками растений, навозоми т.д.) и выдержкой в штабелях, буртах, траншеях, барабанах,ферментаторахи прочее. При этом вследствие жизнедеятельности микроорганизмов происходит увеличение температуры компостируемых осадков до 55–72°С, что приводит к их обеззараживанию и снижению массы [15].

*Компостирование осадков*представляет собой биотермический процесс разложения органических веществ осадков сточных вод под действием аэробных микроорганизмов для обеззараживания, стабилизации, снижения влажности, подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения для сельскохозяйственного применения. Аэробный процесс разложения сопровождается выделением теплоты при саморазогревании компостируемой массы и испарением влаги. Самым простым методом является полевое компостирование, которое давно используется в сельском хозяйствепри получении компоста из торфо-фекальных смесей.

Компостирование используют также с целью улучшения санитарно-гигиенических показателей осадков сточных вод вследствие гибели яиц гельминтов и личинок мух, болезнетворных микроорганизмов. По сравнению с термосушкой, при использовании этого метода существенно сокращаются топливно-энергетические расходы на обеззараживание осадков. В процессе

жизнедеятельности аэробныхмикроорганизмов осуществляется потребление и органических веществ, поэтому биотермический процесс является наиболее эффективным при компостировании несброженных сырых осадков. Этот методтакжеприменяется в мезофильных условиях в комбинации с анаэробным сбраживаниемосадков. Этот процесс эффективен только приопределенной влажности осадков, поэтому компостированию целесообразно подвергатьосадки, которые предварительно механически обезвожены илиподсушены на иловых площадках [11].

Для создания требуемых влажности, пористой структуры, соотношения углерода к азоту, метод компостирования осадков сточных вод применяется с использованием наполнителей, в качестве которыхиспользуют торф, опилки, твердые бытовые отходы,листву, ботву растений, солому, молотую кору и часть готового компоста. Для осуществления процесса создаются оптимальные условия при влажности 60–65% смесиосадка сточных вод с наполнителем и соотношении углерода к азоту 20–30:1.

Качество получаемого компоста и интенсивность процесса зависят от физико-химического состава смеси с наполнителем, созданных условий для жизнедеятельности микроорганизмов,условий аэрации, теплообмена, гомогенизации. При распаде 1 кг органического вещества в среднем выделяется 21 МДж теплоты. Сучетом нагревания материала и теплопотерь на испарение 1 кг влаги расходуется в среднем 4 МДж. Таким образом, разложение 1 кг органического вещества осадков сточных вод позволяетудалить из осадков 5 кг влаги. При этом температура компостируемой массы повышается до 50–80°С.Длительность процесса зависит от используемой технологии, объема оборудования, состава осадка,климатических факторов, размера штабелей, периодичности перелопачивания, количества подаваемого воздухаи т.д.

При компостированииподсушенных на иловых площадках или механически обезвоженных осадков сточных вод используют различные оборудование и технологии: на площадках в штабелях с использованием экскаваторов, бульдозеров, смесителей двухвальныхплужкового типа

периодического действия или другихмеханизмов и оборудования; в траншеях с применением оборудования для гомогенизации, перемешивания и насыщения воздухом; в ферментаторахи биобарабанах. Применение указанных технологий для процесса компостирования осадков с наполнителями продолжаетсяот 2–12 суток для механизированных методов до 3–6 месяцев для компостирования в штабелях. Готовый компост представляет собой сыпучий материал с влажностью 40–50% и содержащий микро- и макроэлементы, используемыерастениями для роста и развития, улучшающий полезную микрофлору и повышающий плодородие почв. Компост является эффективным органоминеральным удобрением для сельского, городского, лесного, зеленого и цветочного хозяйств, а также может быть использован при рекультивации земель [11].

2. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Технологические процессы обработки осадков сточных вод делятся на такие основные стадии: уплотнение (сгущение), стабилизацию органического вещества, кондиционирование, обезвоживание, термическую обработку, утилизацию ценных продуктов или ликвидацию осадков. При уплотнении удаляется в среднем до 60%, при механическом обезвоживании – до 25%, при сжигании и термической сушке – до 15% от общего количества иловой воды, которая содержится в исходном осадке. Масса обрабатываемого осадка при уплотнении в среднем сокращается в 2,5 раза, при сушке – на 60%, при обезвоживании – в 12,5, а при сжигании – в 150 раз.

Стабилизация осадков применяется для разрушения биологически разлагаемого органического вещества осадков сточных вод, что способствует предотвращению загнивания осадков в течение длительного хранения на открытом воздухе (при сушке илов на открытых площадках, при использовании в качестве сельскохозяйственных удобрений и т.д.).

Стабилизацию(минерализацию) органического вещества осадка сточных можно осуществлять в анаэробных условиях (метановое брожение) или в аэробных условиях. Для стабилизации осадков сточных вод производства животноводческих комплексов в основном применяют аэробную стабилизацию, то есть, длительное аэрирование осадков в аэротенках, вследствие которых происходит расщепление основной части биологически разлагаемых веществ, которые могут подвергаться гниению. Период аэробной стабилизации составляет 8-11 суток при температуре 20^{o}C, для стабилизации 1 кг органического вещества ила расход кислорода составляет 0,7 кг. Сбраживание осадка в анаэробных условиях в метантенках осуществляется в термофильном (при t=53^{o}C) или мезофильном (при t=33^{o}C) режимах, которые определяются способом дальнейшей обработки осадка [14].

2.1 Сбраживание осадков в аэробных минерализаторах

Метод аэробной стабилизации осадков сточных вод заключается в их продолжительномаэрировании, вследствие чего происходит распад беззольного органического вещества осадка, а оставшееся органическое вещество является стабильным, то есть неспособным к загниванию [14].

На аэробную стабилизацию обычно направляется неуплотненный или уплотненный в течение 5 часов активный ил, илиего смесь с сырым осадком.

Для аэробной стабилизации предусматривают сооружения типа коридорных аэротенков.

Длительность аэрации при температуре 20^{o}С применяется:

- для неуплотненного ила – в течение 2-5 суток;
- для смеси неуплотненного ила и осадка первичных отстойников– в течение 6-7 суток;
- для смеси уплотненного активного ила и осадка – в течение 8-12 суток.

При более высоких температурах осадка продолжительность аэробной стабилизации следует уменьшать, а при низких – увеличивать. Изменение температуры на 10^{o}С требует соответственного изменения продолжительности стабилизации в 2-2,2 раза.

Аэробную стабилизацию осадка можно осуществлять в диапазоне температур от 8 до 35^{o}С.

Для осадков производственных сточных вод требуется экспериментально определять продолжительность процесса.

На аэробную стабилизацию следует принимать расход воздуха около 1-2 м^3/ч на 1 м^3 вместимости стабилизатора от концентрации осадка сточных вод 99,5-97,5%. Интенсивность аэрации при этом должна быть не меньше 6 м^3/(м^{2}·ч).

Уплотнение стабилизированного осадка в аэробных условиях требуется предусматривать в отдельно стоящих илоуплотнителях, либовнутри

стабилизатора в специально выделенной зоне в течение не больше 5 часов. Влажность уплотненного осадка должна составлять 96,5-98,5%.

Из уплотнителей иловая вода должна направляться в аэротенки. Степень ее загрязнения требуется принимать: по $БПК_{полн}$ – 200 мг/л; по взвешенным веществам – до 100 мг/л.

Для аэробно стабилизированных осадков сточных вод требуется предусматривать дальнейшую обработку такую же, как и для осадков, сброженных в мезофильных условиях. Их водоотдача намного лучше исходных и анаэробно сброженных осадков. Они быстро сохнут на иловых площадках с нагрузкой в 1,5 раза больше, нежели для термофильносброженных осадков, при этомих подготовка к механическому обезвоживанию намного проще, чем для осадков, сбраживаемыхв анаэробных условиях [14].

Наведем пример расчета аэробных стабилизаторов. Необходимо рассчитать следующие варианты:

1) аэробная стабилизация неуплотненного активного ила;

2)аэробная стабилизация смеси сырого осадка и неуплотненного активного ила.

В сутки на станции образуются следующие количества осадков и ила:

по сухому веществу

$$M_{сух} = Q_{сух} + И_{сух} = 11,62 + 13,8 = 25,42 \text{ т/сут.;} \qquad (2.1)$$

по беззольному веществу

$$M_{без} = Q_{без} + И_{без} = 8,1 + 9,8 = 17,9 \text{ т/сут.;} \qquad (2.2)$$

по объему фактической влажности

$V_{ос} = 162,0$ м^3/сут.;

$$V_{ил.н} = \frac{13,8 \cdot 100}{(100 - 99,5) \cdot 1} = 2760 \text{ м}^3\text{/сут.;}$$

$$V_{см} = 162,0 + 2760,0 = 2922,0 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Температуру сточных вод в аэротенке и активного ила в стабилизаторе принимаем равными соответственно T_a=18°С и T_c=15°С.

Для условий данного примера принято, что время обработки воды в аэротенках составляет t_a=5,4 ч. при дозе ила a_a=2 г/л.

Содержание взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей в аэротенки, $B_{вз}$=127,25 мг/л. Возраст ила в этом случае может быть подсчитан по формуле

$$\tau = \frac{t_a \cdot a_a \cdot 1000}{B_{вз} \cdot 24} = \frac{5{,}4 \cdot 2 \cdot 1000}{127{,}25 \cdot 24} = 3{,}5 \text{ сут.} \qquad (2.3)$$

Время стабилизации неуплотненного активного ила в стабилизаторе:

$$t_{ил} = \frac{[(8 \div 10) + 0{,}02 \cdot (20 - T_a) \cdot (\tau + 5)]}{1{,}08^{20-15}} = \frac{[8 + 0{,}02 \cdot (20 - 18) \cdot (4{,}5 + 5)]}{1{,}08^{20-15}} = 12{,}32 \text{ сут.} \qquad (2.4)$$

Удельный расход кислорода равен

$$q_{ил} = \frac{0{,}96 + 0{,}016 \cdot \tau}{1 + 0{,}108 \cdot \tau} = \frac{0{,}96 + 0{,}016 \cdot 4{,}5}{1 + 0{,}108 \cdot 4{,}5} = 0{,}69 \text{ кг } O_2\text{/ кг ОВ.} \qquad (2.5)$$

Требуемый объем аэробного стабилизатора равен

$$V = V_{ил.н} \cdot t_{ил} = 2760 \cdot 12{,}32 = 34003{,}2 \text{ м}^3. \qquad (2.6)$$

В качестве стабилизаторов принимаем типовыеаэротенки-смесители трехкоридорные, 6 секций. Размеры одного коридора L=60 м, B=6 м, h=5 м.

Определяем требуемое количество воздуха по формуле:

$$Д = \frac{q_{ил} \cdot S_o \cdot 1000}{K_1 \cdot K_2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ иловой смеси,} \qquad (2.7)$$

где S_o - концентрация беззольного вещества в поступающем на стабилизацию неуплотненном иле, кг/м^3:

$$S_o = \frac{И_{без} \cdot 1000}{V_{ил.н.}} = \frac{9{,}8 \cdot 1000}{2760} = 3{,}55 \text{ кг/м}^3; \qquad (2.8)$$

С – концентрация кислорода в стабилизаторе, мг/л; С=1-2 мг/л;

C_p – растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л; зависит от температуры, атмосферного давления и глубины погружения аэратора;

$$C_p - C = 9{,}4 \text{ мг/л;} \qquad (2.9)$$

K_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора, в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и стабилизатора $K_1 = 1{,}47$;

K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов, $K_2 = 2{,}68$;

n_1 – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод:

$$n_1 = 1 + 0{,}02 \cdot (25 - 20) = 1{,}1;$$

n_2 – коэффициент качества сточных вод; для городских сточных вод $n_2 = 0{,}85$.

$$Д = \frac{0{,}69 \cdot 3{,}55 \cdot 1000}{1{,}47 \cdot 2{,}92 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}85 \cdot 9{,}4} = 64{,}93 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

При расчете продолжительности аэробной стабилизации смеси сырого осадка и неуплотненного активного ила необходимо определить отношение беззольного вещества осадка к беззольной смеси:

$$B = \frac{Q_{без}}{M_{без}} = \frac{8{,}1}{17{,}9} = 0{,}45, \qquad (2.10)$$

тогда период стабилизации активного ила и сырого осадка

$$t_c = t_{ил} + 2 \cdot B = 12{,}32 + 2 \cdot 0{,}45 = 13{,}22 \text{ ч.} \qquad (2.11)$$

Удельное количество кислорода для смеси осадка и ила равно

$$q_c = q_{ил} \cdot (1 + 0{,}4 \cdot B \cdot \sqrt{\tau}) = 0{,}69 \cdot (1 + 0{,}4 \cdot 0{,}45 \cdot \sqrt{4{,}5}) = 0{,}95 \text{ кг } O_2\text{/кг БЗ.} \qquad (2.12)$$

Требуемый объем стабилизатора

$$V_c = V_{см} \cdot t_c = 2922{,}0 \cdot 13{,}22 = 38628{,}84 \text{ м}^3. \qquad (2.13)$$

В качестве стабилизаторов принимаем типовыеаэротенки-смесители трехкоридорные, 5 секций. Размеры L=83 м, B=6 м, h=5 м.

Концентрация беззольного вещества смеси сырого осадка и избыточного уплотненного активного ила

$$S_o = \frac{M_{без}}{V_{см}} = \frac{17,9 \cdot 1000}{2922,0} = 6,12 \text{ кг/м}^3. \quad (2.14)$$

Тогда необходимое удельное количество воздуха

$$Д = \frac{0,97 \cdot 6,12 \cdot 1000}{1,47 \cdot 2,92 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 9,4} = 157,36 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Значения коэффициентов приняты в соответствии с типом аэрации, используемом в аэробном стабилизаторе.

Уплотненный активный ил или его смесь с осадком первичных отстойников не следует подвергать аэробной стабилизации, поскольку это нерационально и приводит к значительному увеличению удельного сопротивления осадка.

Уплотнение или отстаивание аэробно стабилизированных осадков следует производить в течение 1,5-2 часов в специально выделенных отстойных зонах внутри аэрационного сооружения или в специальных уплотнителях (отстойниках). После уплотнения влажность осадка составляет 95-96%. Иловая вода снова направляется в аэрационные сооружения, или в начало очистных сооружений. Дальнейшую обработку стабилизированных осадков проводят аналогично осадкам, сброженным в мезофильных условиях в метантенке.

Водоотдача аэробно стабилизированных осадков выше, чем анаэробно сброженных.

При аэробной стабилизации происходит гибель 95% бактерий, но при этом яйца гельминтов не погибают, поэтому после аэробной стабилизации осадки необходимо обеззараживать.

2.2 Физико-химическое кондиционирование осадков сточных вод

Кондиционирование осадков используют для разрушения коллоидной структуры осадка сточных вод органического происхождения и для

увеличения их водоотдачипри обезвоживании. В основном применяют реагентный метод кондиционирования [14].

Для улучшения влагоотдачи осадков сточных вод требуется изменить структуру их твердой фазы при использовании коагуляции химическими реагентами, или применении присадочных материалов, замораживании с последующим оттаиванием, тепловой обработки.

Проведение таких операций получило название кондиционирования осадков, которое вызывает укрупнение частиц осадков и дисперсионной среды, и ослабляет силу сцепления твердых частиц с водой. Вследствие изменения структуры осадков образуется количественное перераспределение форм связи влаги с увеличением содержания свободной воды при уменьшении общего количества связанной влаги [23]. Все это приводит к более глубокому и быстрому их обезвоживанию. На сегодняшний день применяетсявысокоэффективное и простое в эксплуатации химическое кондиционирование осадков полиэлектролитами (флокуляция) и несколько реже – неорганическими электролитами (коагуляция).

Поскольку осадки содержат отрицательно заряженные коллоиды, для их коагуляции применяют катионные носители заряда: соли железа и алюминия, органические катионные полимеры.

При растворении в воде соли железа и алюминия образуют продукты гидролиза, что является следствием снижения pH осадка до 4-5. Поэтому в осадок требуется ввести известь для повышения до pH 10 и выше с целью увеличения эффективности коагуляции. Введение извести в осадок также предотвращает распространение их запаха. Синтетические флокулянты более широко применяемые, чем природные, вследствие лучших флокуляционных свойств и более экономичного их производства.В качестве флокулянтовв основном применяются катионные синтетические органические полиэлектролиты.

Применяемые в качестве реагентов известь, сернокислое и хлорное железо вводятся в осадок в виде 10%-х растворов, афлокулянты - в виде 0,1-

0,15%-х растворов. Дозу реагентов определяют опытным путем. Кондиционирование осадков проводятобычно перед обезвоживанием, поскольку после кондиционирования осадок хорошо отдает воду [14].

При использовании органических флокулянтовтребуется использование оборудования, учитывающего не простую специфику таких препаратов и требующих строгого обращения в процессах хранения, растворения и насосной транспортировки. Основным условием кондиционирования является получение созревшего однородного раствора и его подача в место потребления специальными насосами, которые в силу своей конструкции не допускают механического разрушения длинноцепных молекул среды.

От полноты растворения флокулянта в значительной степени зависят его экономия и эффективность центрифугирования осадков. Для приготовления рабочего раствора флокулянта применяют две следующие технологические схемы:

-одностадийная схема – приготовление раствора 0,1-0,15%-й концентрации;

-двухстадийнаясхема - приготовление раствора 0,5-1,0%-й концентрации с последующим ее доведением (разбавлением) до рабочей концентрации 0,1-0,15%.

Эффективность процесса флокуляции зависит от правильности выбора места ввода рабочего раствора флокулянта, продолжительности его контакта с осадком для достижения полноценной флокуляции коллоидных частиц.

К безреагентным методам кондиционирования осадка относят тепловую обработку и замораживание с последующим оттаиванием. Тепловая обработка представляет собой нагревание осадка сточных вод до температуры 170-220°С и выдерживании его при такой температуре в закрытых емкостях –реакторах, автоклавах в течение 30-120 минут.

После тепловой обработки осадок быстро уплотняется до влажности 92-94%, то есть его объем уменьшается в 2-4 раза, при этом осадки обезвоживаются без обработки их химическими реагентами.

После замораживания и оттаивания осадок обезвоживается механическим путем также без применения дополнительных реагентов.

2.3 Расчет основных компонентов технологической схемы

Осадки сточных вод подразделяются на виды в зависимости от типа сооружений, применяемых для их очистки:

- грубодисперсные примеси (отбросы) - задерживаются решетками;
- тяжелые примеси (песок) - задерживаются песколовками;
- сырые осадки (взвешенные вещества) - задерживаются первичными отстойниками;
- плавающие примеси (жировые вещества) - всплывают в отстойниках;
- избыточная биопленка, образовавшаяся после биологической очистки в биофильтрах;
- активный ил, который задерживается во вторичных отстойниках, -представляет собой комплекс микроорганизмов коллоидного типа с окисленными загрязнениями, извлеченными в процессе биологической очистки из сточных вод;
- смеси илов и осадков [14].

Определение количества осадков, образующихся на очистных канализационных сооружениях

Рассчитаем основные компоненты технологической схемы очистной станции сточных вод, представленной на рисунке 2.1.Исходные данные для расчета следующие:

- расход сточных вод составляет 72000 $м^3$/сутки;
- расход производственных сточных вод 11000 $м^3$/сут.;
- норма водопотребления равна 300 л/сутки;
- концентрация взвешенных веществ в производственных сточных водах до отстаивания составляет =500 мг/$дм^3$;

- БПК$_{полн}$ производственных сточных вод равняется L_{en}^{nn}=400 мг/л;

- БПК$_{полн}$ очищенной сточной жидкостиравен L_{ex}=15 мг/л;

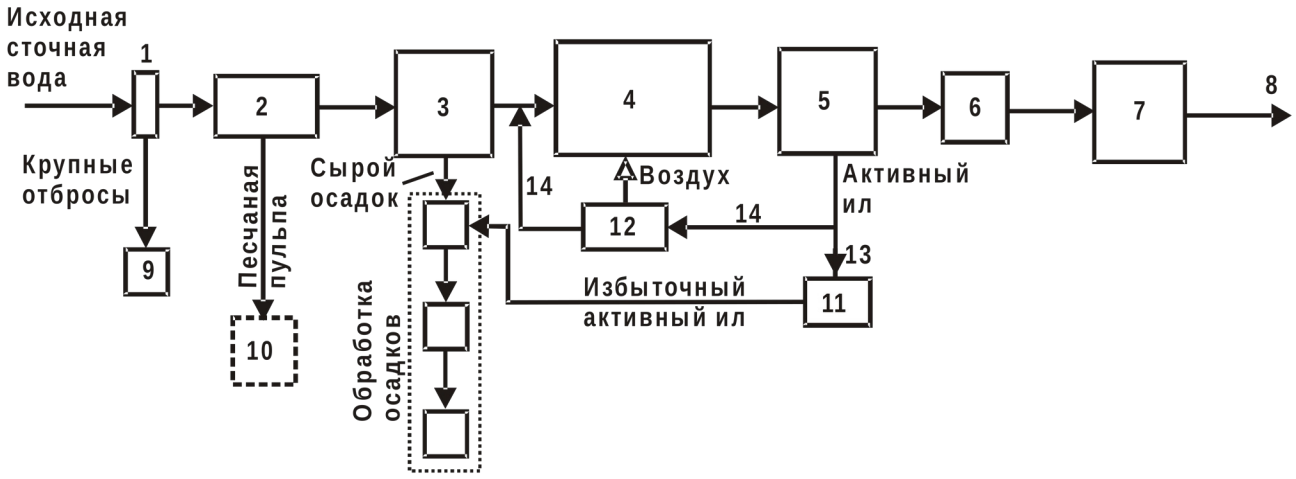


Рисунок 2.1 – Технологическая схема очистки сточных вод:

1 – решетки;2 – песколовки; 3 – первичный отстойник; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – хлораторная; 7 – контактный резервуар; 8 – выпуск очищенных сточных вод в водоем; 9 – сбор задержанных крупных загрязнений;10 –песковые площадки; 11 – илоуплотнители; 12 – насосно-компрессорная станция; 13 – избыточный активный ил; 14 – рециркуляционный активный ил

- снижение БПК$_{полн}$ сточных вод при первичном отстаивании составляет 15%;

- эффект осветления (или задержания взвешенных веществ) в первичном отстойнике равен 50%;

- вынос активного ила из вторичного отстойника составляет b=15 мг/л.

Концентрацию загрязнений в сточных водах определяют следующим образом:

$$C_i^{х/б}=\frac{C_i\cdot 1000}{q_{макс}^{сут}}, \text{ мг/дм}^3, \qquad (2.15)$$

где C_i - масса загрязняющих веществ, г/сут.; составляет для взвешенных веществ 65 г/сут., дляБПК$_{полн}$– 75 г/сут.;$q_{макс}^{сут}$ - норма водопотребления, л/сут.

Тогда определяем концентрацию взвешенных веществ в сточных водах, которая буде равняться:

$$C_{en}^{х/б}=\frac{65\cdot 1000}{300}=217 \text{ мг/дм}^3;$$

БПК$_{полн}$ бытовых сточных вод равняется: $L_{en}^{х/б}=\frac{75\cdot 1000}{300}=250$ мг/дм^3.

На очистные сооружения поступает сумма бытовых и производственных сточных вод. Рассчитываем общий расход очищаемых сточных вод, который будет равняться:

$$Q_{mid}=Q_{mid}^{х/б}+Q_{mid}^{пп}=72000+11000=83000 \text{ м}^3\text{/сут.}=3458{,}3\text{м}^3\text{/ч}=960{,}65 \text{ л/с} \quad (2.16)$$

Концентрацию загрязнений смеси сточных вод рассчитываем по формуле (2.2):

$$C_i=\frac{\left(C_i^{х/б}\cdot Q_{mid}^{х/б}+C_i^{nn}\cdot Q_{mid}^{nn}\right)}{Q_{mid}}, \text{ мг/дм}^3; \quad (2.17)$$

То есть по взвешенным веществам концентрация загрязнений смеси сточных вод равняется:

$$C_{en}=\frac{\left(C_{en}^{х/б}\cdot Q_{mid}^{х/б}+C_{en}^{nn}\cdot Q_{mid}^{nn}\right)}{Q_{mid}}=\frac{\left(217\cdot 72000+500\cdot 11000\right)}{83000}=254{,}5 \text{ мг/дм}^3 \quad (2.18)$$

а по БПК$_{полн}$она равна:

$$L_{en}=\frac{\left(L_{en}^{х/б}\cdot Q_{mid}^{х/б}+L_{en}^{nn}\cdot Q_{mid}^{nn}\right)}{Q_{mid}}=\frac{\left(250\cdot 72000+400\cdot 11000\right)}{83000}=270 \text{ мг/дм}^3. \quad (2.19)$$

Исходя из задания, в первичных отстойниках эффект осветления (Э) составлял 50%, а снижение БПК$_{полн}$ смеси сточных вод –был равен 15%. Тогда,концентрация загрязнений смеси сточных вод после первичного отстаивания будет составлять:

по взвешенным веществам

$$C_{cdp}=0{,}5\cdot C_{en}=0{,}5\cdot 254{,}5=127{,}25 \text{ мг/дм}^3; \quad (2.20)$$

по БПК$_{полн}$

$L_a = (1-0,15)\cdot L_{en} = 0,85\cdot 270 = 229,5$ мг/дм^3.

Определим расход осадков для первичных отстойников (по сухому веществу):

$$Q_{сух} = \frac{C_{en}\cdot Э\cdot K}{10^6}\cdot Q \text{, т/сут.,} \qquad (2.21)$$

где К – коэффициент увеличения объема осадка посредством крупных фракций взвеси, которые не улавливаются при отборе проб; К=1,1-1,2.

$$Q_{сух} = \frac{254,5\cdot 0,5\cdot 1,1}{10^6}\cdot 83000 = 11,62 \text{, т/сут.}$$

Расход избыточного активного ила (по сухому веществу) определяем по формуле (2.22):

$$И_{сух} = \left[\frac{0,8\cdot C_{en}\cdot(1-Э)+\alpha\cdot(L_a-b)}{10^6}\right]\cdot Q \text{, т/сут.,} \qquad (2.22)$$

где α – коэффициент прироста активного ила, он равен 0,3-0,5;

L_a – БПК$_{полн}$ сточных вод после осветления.

Тогда количество избыточного активного ила равняется:

$$И_{сух} = \left[\frac{0,8\cdot 254,5\cdot(1-0,5)+0,3\cdot(229,5-15)}{10^6}\right]\cdot 83000 = 13,8 \text{ т/сутки.}$$

Расход осадка сточных вод по беззольному веществу определяем по (2.23):

$$Q_{без} = \frac{Q_{сух}\cdot(100-P_g)\cdot(100-S_{mud})}{100\cdot 100} \text{, т/сут.;} \qquad (2.23)$$

Расход избыточного активного ила по беззольному веществу определяем по (2.6):

$$И_{без} = \frac{И_{сух}\cdot(100-P_g')\cdot(100-S_{a\,mud})}{100\cdot 100} \text{, т/сут.,} \qquad (2.24)$$

где P_g, P_g' - гигроскопическая влажность сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила; принимаемая 5-6%; S_{mud}, $S_{a\,mud}$ - зольность сухого вещества осадка сточных вод и ила; S_{mud}=27%, $S_{a\,mud}$=25%.

Тогда, расход осадка сточных вод и ила равняются:

$$Q_{без}=\frac{11,62\cdot(100-5)\cdot(100-27)}{100\cdot100}=8,1 \text{ т/сутки;}$$

$$И_{без}=\frac{13,8\cdot(100-5)\cdot(100-25)}{100\cdot100}=9,8 \text{ т/сутки.}$$

Объем сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила определяют из выражений (2.7) и (2.8):

$$V_{ос}=\frac{100\cdot Q_{без}}{(100-W_{ос})\cdot\rho_{ос}}, \text{ м}^3\text{/сут.;} \qquad (2.25)$$

$$V_{ил}=\frac{100\cdot И_{без}}{(100-W_{ил})\cdot\rho_{a\,mud}}, \text{ м}^3\text{/сут.,} \qquad (2.26)$$

где $W_{ос}$ - влажность сырого осадка, которая равна 93-95%; $W_{ил}$ - влажность уплотненного активного ила, равняющаяся 97-98%; $\rho_{ос}$, $\rho_{a\,mud}$ - плотность осадка и активного ила, т/м^3, принимаемаяравной 1 т/м^3.

Тогда, объемы сырого осадка и избыточного активного ила равняются:

$$V_{ос}=\frac{100\cdot8,1}{(100-95)\cdot1}=162,0 \text{ м}^3\text{/сутки;}$$

$$V_{ил}=\frac{100\cdot9,8}{(100-97,3)\cdot1}=363,0 \text{ м}^3\text{/сутки.}$$

Общий расход сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила на очистной станции будет равен:

по сухому веществу осадка сточных вод

$$M_{сух}=Q_{сух}+И_{сух}=11,62+13,8=25,42 \text{ т/сутки;} \qquad (2.27)$$

по сухому беззольному веществу осадка сточных вод

$$M_{без}=Q_{без}+И_{без}=8,1+9,8=17,9 \text{ т/сутки;} \qquad (2.28)$$

по расходу смеси фактической влажности осадков сточных вод

$$M=V_{ос}+V_{ил}=162,0+363,0=525,0 \text{ м}^3\text{/сутки.} \qquad (2.29)$$

Среднюю влажность смеси осадка и ила определим по выражению (2.30):

$$W_{ср}=100\cdot\left(1-\frac{M_{сух}}{M}\right)=100\cdot\left(1-\frac{25,42}{525,0}\right)=95,16\%. \qquad (2.30)$$

Тогда, среднюю зольность можем определять по формуле (2.31):

$$З_{см} = 100 \cdot \left[1 - \frac{M_{без}}{Q_{сух} \cdot \left(100 - P_g\right)/100 + И_{сух} \cdot \left(100 - P_g^{'}\right)/100} \right] \quad (2.31)$$

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

3.1 Сметные работы

Сметная стоимость работ (С) состоит в основном из прямых затрат (ПЗ), накладных расходов (НР) и сметной прибыли (СП):

$$С = ПЗ + НР + СП \qquad (3.1)$$

При расчете смет учитывают лимитированные и другие затраты, а также некоторые налоги, такие как НДС.

Прямые затраты непосредственно связаны с выполнением сметных работ. Их величина определяется прямым счетом, зависит от объема работ, необходимых ресурсов, сметных норм, цен на ресурсы.

Прямые затраты включают:стоимость материалов, деталей, конструкций (М); затраты на основную заработную плату рабочих (ЗП);стоимость эксплуатации оборудования, машин и механизмов (ЭМ), которая включает заработную плату рабочих-машинистов:

$$ПЗ = М + ЗП + ЭМ \qquad (3.2)$$

В сметную стоимость входят затраты на приобретение и расходы материалов, деталей, конструкций, связанные с их заготовкой и доставкой до приобъектных складов. Стоимость эксплуатации машин и механизмов включает затраты, которые предусмотрены сметными нормами при производстве работ и обслуживании оборудования – амортизационные отчисления, затраты на выполнение ремонтов, стоимость горюче-смазочных материалов и т.д., включая основную заработную плату рабочих, обслуживающих машины и механизмы.

В статье «Основная заработная плата рабочих» включены затраты на оплату труда рабочих, которые выполняют работы по обслуживанию оборудования и доставляющих материалы на рабочие места. В оплату труда, включенной в себестоимость продукции (услуг, работ), входит и

дополнительная заработная плата, включающая выплаты за непроработанные часы в соответствии с законодательством.

Расходы по статье дополнительной заработной платы работников учитываются накладными расходами.

Накладные расходы (НР) используются для компенсации затрат организации, связанных с обеспечением общих условий производства: на обслуживание, организацию и управление, то есть административно-хозяйственные расходы. Их величина определяется косвенным путем, начислением процентов от фонда оплаты труда работников.

Прямые затраты и накладные расходы в сумме образуют сметную себестоимость работ (СС):

$$СС = ПЗ + НР \qquad (3.3)$$

Сметная прибыль представляет собой нормативную (гарантированную) прибыль подрядной организации, которая входит в состав цены на продукцию и идет преимущественно на развитие производственной базы и социальной сферы подрядчика.

Распределение сметной стоимости, принимаемой за 100%, по группам затрат при указании их удельного веса в сметной стоимости определяет структуру сметной стоимости [7, 16].

3.2 Определение эксплуатационных расходов и себестоимости продукции

Эксплуатационные расходы (затраты) рассчитывают для определения экономической эффективности очистных сооружений. Для этого вычисляют годовые расходы, которые состоят из фонда заработной платы, производственной стоимости, амортизационных отчислений, топлива, газа, осветительной электроэнергии, транспорта, реагентов.

Определяют стоимость 1 $м^3$ отведения и очистки сточных вод (С).Стоимость отведения 1 $м^3$ сточных вод определяют по формуле:

$$C = Э:Q, \quad (3.4)$$

где *Э*– годовые эксплуатационные расходы по очистным сооружениям и насосным станциям, включающие амортизационные отчисления, руб.; *Q*– годовое количество отведенных сточных вод, м^3.

Амортизационные отчисления (*Эа*) принимают в зависимости от сроков службы и первоначальной стоимости очистных сооружений. Их принимают в соответствии с приказами ведомств и управлений, в ведомстве которых находится канализация. Для ориентировочных подсчетов амортизационные отчисления можнопринимать 3,5% строительной стоимости очистной сети и насосных станций [24].

Приведем стоимость очистки сточных вод на основании технико-экономических показателей для станции биологической очистки (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Технико-экономические показатели станции биологической очистки сточных вод

Показатель	Пропускная способность станции, тыс. м^3/сутки*				
	25	35	50	100	200
Удельные капитальные затраты на 1 м^3 суточного расхода сточных вод, руб.	56,6 56,5	44,8 45,0	36,3 36,2	26,4 31,6	20,2
Стоимость очистки 1 м^3 сточных вод, коп.	3,7 3,9	3,0 3,1	2,3 2,4	2,4 2,2	2,0

Примечание: * В числителе – показатель для очистки сточных вод с радиальными отстойниками и аэротенками, снабженными пневматической аэрацией, в знаменателе – для радиальных отстойников и аэротенков с механическими аэраторами

При сравнении экономических показателей очистных сооружений разной производительности определено, что технико-экономические показатели станции с горизонтальными отстойниками и пропускной способностью 50 тыс. м3/сут. на 4–5% ниже, нежели с радиальными отстойниками, а для станций производительностью 100 тыс. м^3/сут. при использовании радиальных и горизонтальных отстойников стоимость строительства практически одинакова.

*Эксплуатационные затраты*при использовании механического обезвоживания и термической сушки осадка сточных вод практически равняются затратам варианта с сушкой на иловых площадках и со сбраживанием в метантенках. Использование сульфата железа в качестве коагулянта на 8–10% выше, чем использование коагулянта хлорного железа.

В случае перевода станции на технологический режим с возвратом избыточного ила в начало сооружений (при непрерывном удалении из первичных отстойников смеси сырого осадка с илом), возможно уменьшение нагрузки на 15–20% на аэрационные сооружения.

При использовании горизонтальных отстойников, рациональной компоновки радиальных отстойников, блокирования зданий, узлов подготовки осадка, исключенияметантенков,требуемая площадь для размещения сооружений меньше в 1,5–2 раза.

Численность эксплуатационного персонала устанавливают в зависимости от состава очистных сооружений, методов очистки стоков и обработки осадка. Месячные оклады рабочих и обслуживающего персонала принимают по штатному расписанию.

Годовой фонд заработной платы работников по эксплуатации канализации определяют годовой общей заработной платой всего персонала канализационных сооружений с применением коэффициента 1,25–1,4, который учитывает работу в праздничные дни, ночные часы и премиальные начисления. Также учитывают оплату по социальному страхованию – 4,7% от фонда заработной платы. В таблице3.2 приведен пример расчета годового фонда заработной платы.

Стоимость текущего ремонта составляет 2,2% капиталовложений, внепроизводственные расходы – 3% прямых затрат.

Расчет расходов на электроэнергию ведут по двум статьям: плата за используемую электроэнергию и за установочную мощность.

Таблица 3.2 – Годовой фонд заработной платы персонала станций очистки сточных вод с пропускной способностью 25–50 тыс. м^3/сут.

Заработная плата	Вариант с пневматической аэрацией		Вариант с механической аэрацией	
	Количество работающих	Месячный фонд, тыс. руб.	Количество работающих	Месячный фонд, тыс. руб.
Административно-управленческого аппарата	9	0,8	9	0,8
Персонала сооружений обработки воды	28	2,4	29	2,5
Персонала сооружений обработки осадка	7	0,6	7	0,6
Персонала подсобно-вспомогательных служб, лабораторий	5	0,5	5	0,5
Электромастерской и службы КИП	7	0,6	7	0,6
Механической мастерской	10	0,9	10	0,9
Технологического транспорта и склада	4	0,4	4	0,4
Итого	70	6,2	71	6,3
Итого годовой фонд заработной платы, тыс. руб	6,2х12	=74,5	6,3х12	=75,5
Всего годовой фонд заработной платы с учетом всех начислений (коэффициент 1,4 к прямой зарплате), тыс. руб.	104	106		

Удельные нормы расхода электроэнергии для предварительных расчетов могут быть приняты: для очистных сооружений с применением биологической очистки – 220 кВт-ч; для механической очистки стоков – 60–70 кВт-ч на каждые 1000 м^3 стоков.

Критерием сравнительной экономической эффективности капиталовложений является минимум приведенных затрат. Наиболее выгодной является схема с меньшей суммой приведенных затрат.

Эксплуатационные расходы (или эксплуатационные затраты) ЭЗ определяются по формуле:

$$ПЗ = K + \sum_{t=1}^{n} \frac{ЭЗ}{(1+E)t}, \quad (3.5)$$

где ЭЗ – годовые эксплуатационные затраты;К – капитальные вложения;

Е – нормативный коэффициент капиталовложений, равный 0,16;n – срок службы оборудования, 20 лет;t – период приведения, равный разности между годом, в котором осуществляются затраты, и годом, к которому они приводятся [7].

Величину эксплуатационных затрат определяют суммированием расходов по каждому элементу затрат, вычисленную прямым расчетом по следующим основным статьям: материалы (реагенты-растворители и др.), заработная плата, электроэнергия и тепловая энергия, амортизационные отчисления, текущий ремонт, цеховые и прочие расходы [29].

Предложенная технология обработки осадков состоит из трех этапов:

- уплотнение образующихся илов;

- анаэробная стабилизация уплотненного ила;

- обезвоживание стабилизированного ила.

Экономическому сравнению подвергаются два варианта обработки осадков на стадии анаэробного сбраживания: при мезофильном режиме и при термофильном режиме.

Определение капиталовложений. В капитальные затраты на строительство участка обработки осадка входят: стоимость основного оборудования производственного назначения, подготовка территории строительства, затраты на монтаж оборудования, затраты на монтаж трубопроводов, расходы на транспортировку, страхование и таможенные расходы.

Стоимость основного оборудования производственного назначения представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3– Инвестиционные объекты по оборудованию

Наименование сооружения		Количество сооружений	Стоимость сооружения, млн. руб.	Сметная стоимость сооружений, млн. руб.
Гравитационный сгуститель		4	1,500	3,000
Барабанный сгуститель		6	2,750	16,500
Метантенк	При мезофильном сбраживании	6	1,140	6,840
	При термофильном сбраживании	4	1,140	4,560
Газгольдер		2	4,810	9,620
Дегазатор		2	1,500	3,000
Биофильтр		1	1,300	1,300
Камерный фильтр-пресс		6	5,000	30,000
Итого:		По первому варианту		70,260
		По второму варианту		67,980

Расчет сводного сметного расчета строительства систем обработки осадка приводится в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сводная смета расчета строительства систем обработки осадка

Пункт статьи	Статьи затрат	Сумма, млн. руб.	
		1 вариант	2 вариант
1	стоимость основного оборудования производственного назначения	70,260	67,980
2	подготовка территории строительства (5% от п.1)	3,513	3,399
3	затраты на монтаж оборудования	14,052	13,596
4	затраты на монтаж трубопроводов (30% от п. 1)	21,078	20,394
5	расходы на транспортировку, страхование и таможенные расходы (10% от п. 1).	7,026	6,798
Итого:		115,9	112,167

Годовые эксплуатационные затраты.*Расчет затрат на реагенты.* В обеих вариантах обработки осадка используются следующие реагенты: хлорид железа (III), полиэлектролит и известь. При механическом обезвоживании в качестве реагента применяем полиэлектролит ВПК-402.

Годовой расход полиэлектролита составляет: 0,406 · 365 = 148,19 т/год. Стоимость 1 т полиэлектролита 55800 руб. [15].Годовая стоимость реагента составит: 148,19 · 55800 = 8269002 р/год.

Перед механическим обезвоживанием на камерныхфильтрпрессах производится кондиционирование хлоридом железа и известью.

Годовой расход $FeCl_3$: 3,66 · 365 = 1335,9 т/год, стоимость 1 т $FeCl_3$ – 33000 руб.Тогда годовая стоимость реагента составит:

1335,9 · 33000 = 44000000 руб/год.

Годовой расход CaO составит: (10,1 + 10,7) · 365 = 7592 т/сут. Годовая стоимость извести: 7592 · 23000 = 180000000 т/сут.

Общая стоимость химических реагентов:

8269002 + 44000000 + 180000000 = 232269002 руб./ год [11].

*Определение затрат на электроэнергию.*Расчет стоимости электроэнергии по проектируемым системам обработки осадка производится на основе действующих тарифов на электроэнергию.

Расход электроэнергии, потребляемой электродвигателями оборудований определяют по их мощности и часов работы в течение года:

$$A = P_н \cdot T, \quad (3.6)$$

где $P_н$ – потребленная электроэнергия, кВт-ч; Т – продолжительность работы оборудования в течение года, ч.

Потребленная электроэнергия определяется по формуле (3.7):

$$P_н = P_у \cdot K_с, \quad (3.7)$$

где $P_у$ – установленная мощность оборудования, кВт-ч;$K_с$ – коэффициент мощности оборудования, в среднем принимается 0,85. Затраты на электроэнергию определяются как произведение тарифа за 1 кВт-ч отпущенной электроэнергии (1,30 руб.) на годовой расход электроэнергии.

Расчет годового расхода электроэнергии на годовой расход по первому варианту обработки осадков приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета годовых затрат на электроэнергию по первому варианту

Наименование оборудования	Количество оборудования	Мощность единицы $P_у$, кВт-ч	Потребленная мощность, кВт-ч $P_н = P_у \cdot K_с$	Продолжительность работы	Продолжительность работы в год	Годовой расход электроэнергии А, кВт-ч/год
Гравитационный сгуститель	4	0,75	0,64	24	8760	22425,6
Барабанный сгуститель	6	2,98	2,53	24	8760	132976,8
Метантенк (мезофильное сбраживание)	6	4,7	4,0	24	8760	210240
Биофильтр	1	0,27	0,23	24	8760	2014,8
Камерный фильтр-пресс	6	3,00	2,55	12	4380	67014
Итого:						434671,2
Годовые затраты на электроэнергию:						565072,56

Расчет годового расхода электроэнергии на годовой расход по второму варианту обработки осадков приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета годовых затрат на электроэнергию по второму варианту

Наименование оборудования	Количество оборудования	Мощность единицы $P_у$, кВт-ч	Потребленная мощность, кВт-ч $P_н = P_у \cdot K_с$	Продолжительность работы	Продолжительность работы в год	Годовой расход электроэнергии А, кВт-ч/год
Гравитационный сгуститель	4	0,75	0,64	24	8760	22425,6
Барабанный сгуститель	6	2,98	2,53	24	8760	132976,8
Метантенк (термофильное сбраживание)	4	2,4	2,04	24	8760	71481,6
Биофильтр	1	0,27	0,23	24	8760	2014,8
Камерный фильтр-пресс	6	3,00	2,55	12	4380	67014
Итого:						295912,8
Годовые затраты на электроэнергию:						384686,6

Расходы на заработную плату и отчисления на социальные нужды

Расходы на заработную плату определяются путем умножения численности обслуживающего персонала, сгруппированной по трем категориям работающих (рабочие, инженеры-специалисты, младший обслуживающий персонал), на показатель среднегодовой заработной платы, рассчитанной на одного работающего соответствующей категории.

Годовой фонд заработной платы работников предприятия определяется по формуле (3.8):

$$С_{ФЗП} = С_1 \cdot n \cdot 12, \quad (3.8)$$

где $С_1$ – начисленная заработная плата на 1 работника, руб;n – количество работников;12 – число месяцев в году.

От начисленного годового фонда заработной платы принимаются отчисления на социальные нужды в размере 26% [7].

Расчет заработной платы работников предприятия по первому варианту представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты расчетов заработной платы работников по первому варианту обработки осадков

Должность	Численность	Заработная плата на 1 чел. в год, руб.	Фонд заработной платы, руб.
ИТР	33	180000	5940000
Рабочие	241	114000	27474000
МОП	12	78000	936000
Итого:			34350000
Социальные отчисления от фонда заработной платы:			8931000

Расчет заработной платы работников предприятия по второму варианту выполнен в таблице 3.8.

Затраты на текущий ремонт. Отчисления на текущий ремонт берутся в размере 0,6% стоимости сооружений и оборудования [29].

Для первого варианта отчисления на ремонт будут равны:

70,260 · 0,006 = 0,42 млн.руб.

Таблица 3.8 – Результаты расчетов заработной платы работников по второму варианту обработки осадков

Должность	Численность	Зар.плата на 1 чел. в год, руб	Фонд заработной платы, руб
ИТР	45	180000	8100000
Рабочие	286	114000	32604000
МОП	12	78000	936000
Итого:			41640000
Социальные отчисления от фонда заработной платы:			10826400

Для второго варианта отчисления на ремонт будут равны:

67,980 · 0,006 = 0,41 млн.руб.

Результаты по расчетам годовых эксплуатационных расходов обобщены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Смета эксплуатационных расходов

Статьи затрат	Годовые затраты, млн. руб.	
	Первый вариант	Второй вариант
Затраты на реагенты	232,269	232,269
Затраты на электроэнергию	384,6866	473,969
Заработная плата производственных рабочих	34,350	41,640
Социальные отчисления	8,931	10,826
Затраты на текущий ремонт	0,420	0,410
Итого:	660,656	759,114

Расчет приведенных затрат. По формуле (3.5) определяют приведенные затраты для каждого варианта обработки осадков.В таблице 3.10 сведены расчеты затрат по двум вариантам обработки осадков.

Таблица 3.10 – Сравнительная характеристика приведенных затрат двух вариантов обработки осадков представлена в таблице

	Капитальные затраты, млн. руб.	Эксплуатационные затраты, млн. руб.	Приведенные затраты, млн. руб.
Первый вариант	115,900	660,656	4007,16
Второй вариант	112,167	759,114	4583,34

Таким образом, минимальные приведенные затраты обеспечивает первый вариант обработки осадков. Годовой экономический эффект (Э) в пользу первого варианта составляет:

$$Э = П_2 – П_1, \quad (3.9)$$

$$Э = 458,34 – 4007,17 = 576,18 \text{ млн.руб.}$$

Себестоимость.Затраты на производство образуют производственную, а затраты на производство и реализацию - полную себестоимость продукции.

Целью учета себестоимости является своевременное, полное и достоверное определение фактических затрат, связанных с производством и реализацией продукции, исчисление фактической себестоимости отдельных видов и всей продукции, а также контроль за использованием материальных ресурсов и денежных средств.

Очень важно при учете производственных затрат проводить контроль за их уровнем, что является одним из основных условий управления производством, направленного на достижение его целей [24].

Путем учета затрат решаются следующие основные задачи:

- контроль за издержками производства, направленный на их снижение и рост прибыли;

- оперативная информация административно-технического персонала предприятия об отклонениях от нормального хода производственного процесса в целях их быстрейшего устранения;

- определение фактических затрат на производство, себестоимости и рентабельности продукции;

- оценка эффективности мер по развитию и совершенствованию производства и результатов деятельности структурных подразделений и предприятия в целом.

Затраты на производство включаются в себестоимость продукции того отчетного периода, к которому они относятся. Отдельные виды затрат (например, затраты на подготовку и освоение производства, возмещение износа

специальных инструментов и приспособлений и т.п.), а также затраты сезонных отраслей промышленности включаются в затраты на производство по частям, в сметно-нормативном порядке.

Учет затрат на производство осуществляется на основе оформленной в установленном соответствующими положениями порядке первичной учетной документации, составление которой должно обеспечивать учет затрат в разрезе элементов и статей затрат по видам производимой продукции, выполняемых работ и услуг.

Конечным итогом учета затрат на производство является составление калькуляций - исчисления себестоимости конкретных видов продукции (работ, услуг).

Калькулирование ведется в целях:

- определения базы цен продукции и доходности ее производства;

- поиска возможности снижения себестоимости продукции, роста рентабельности ее производства, повышения конкурентоспособности предприятий;

- организации внутрипроизводственных экономических отношений на основе соизмерения затрат, ресурсов, труда и его результатов.

Калькуляцию разрабатывают как составную часть плановых расчетов и учетной информации. Для оперативного контроля затрат и наблюдения за рентабельностью продукции плановые фактические калькуляции составляют ежемесячно, а в случае стабильных условий производства, за более продолжительные периоды.

В себестоимость продукции включаются следующие затраты по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности:

- устройство и содержание ограждений машин и их движущихся частей, люков, отверстий, сигнализации, устройств некапитального характера, обеспечивающих технику безопасности;

- расходы, связанные с набором рабочей силы, предусмотренные действующим законодательством.

В себестоимость продукции включают текущие расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией фондов природоохранного назначения: очистных сооружений, фильтров,золоуловителей и прочих природоохранных объектов, расходы по захоронению экологически опасных отходов, оплате услуг сторонних организаций за хранение и уничтожение экологически опасных отходов, очистку сточных вод, другие виды природоохранных затрат.

За счет себестоимости продукции (работ, услуг) осуществляются платежи за предельно допустимые выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду.

Составной частью затрат, образующих себестоимость, являются расходы, связанные с управлением производством.

В себестоимость продукции (работ, услуг) включают:

- дополнительные затраты для покрытия расходов по перевозке работников маршрутами городского пассажирского транспорта общего пользования сверх стоимости, определенной из расчета по действующим тарифам.

В себестоимость продукции включают:

- Единый социальный налог (ЕСН), взносы в Пенсионный фонд в части оплаты труда работников, занятых в производстве продукции (работ, услуг), в соответствии с законодательством РФ. Единый социальный налог от расходов на оплату труда сотрудников организаций, занятых в непроизводственной сфере (работников детских дошкольных учреждений, медицинских оздоровительных учреждений и др.), включаются в сметы расходов на содержание организаций, учреждений непроизводственной сферы.

Себестоимость очистки сточных вод можно сопоставить с себестоимостью забора и очистки вод поверхностных источников водоснабжения.

Основные пути снижения себестоимости очистки сточных вод следующие: полное использование мощностей сооружений, правильная организация труда, экономия электроэнергии, механизация трудоемких и

тяжелых работ, внедрение АСУ (автоматизированных систем управления), интенсификация технологических процессов, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Уменьшения себестоимости очистки сточных вод, не ухудшая качества, можно достичь путем использования ценных веществ, имеющихся в сточных водах и экономного расходования различных материалов и энергии. Эксплуатационный персонал должен проводить мероприятия по снижению расхода топлива, электроэнергии, материалов для снижения себестоимости очистки сточных вод канализационного хозяйства.

Увеличение дозы реагентов интенсифицирует процесс, но ее превышение сверх оптимальных значений приводит к значительному возрастанию себестоимости очистки сточных вод вследствие перерасхода реагентов, а также образующегося в результате обработки большего объема осадка. Использование всплывающих в жироловках или отстойниках жировых веществ также представляет определенную ценность, влияющую на снижение себестоимости очистки сточных вод и облегчение дальнейшей очистки стоков.

4. ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЬЕКТОВ

Свиноводческие комплексы в современных условиях являютсясерьезнымиисточниками загрязнения земель, воды, атмосферы и других элементов окружающей среды.Промышленное животноводство является одним из самых крупных водопотребителей. Развитие свиноводства на промышленной основе, большая концентрация поголовья скота на ограниченной площади, создание прочной кормовой базы обусловливают необходимость использования большого количества воды из рек, озер и других водных объектов, что оказывает существенное влияние на состояние самих водоемов и окружающей среды в целом.

Большое поголовье скота приводят к образованию огромных объемов жидкого навоза, что требует использования гидравлических систем уборки и удаления экскрементов животных,а также связано с эксплуатацией производственных помещений значительных количеств вредных летучих химических веществ, неприятных запахов, интенсивного шума и прочее.

В связи с этим, охрана окружающей среды от загрязнения, включая охрану водных объектов, связана с реализацией мероприятий по созданию эффективных систем сбора, хранения, обеззараживания,удаления, использования навоза и навозных стоков, эффективной работывоздухоочистных систем, правильным размещением животноводческих комплексов и сооружений по отношению к населенным пунктам, источникам хозяйственно-питьевого водного снабжения и другим объектам.

Специфика свиноводческих предприятий по выращиванию, откорму и содержанию животных определенапреобладающеим влиянием неорганизованных сбросов и выбросов (навозохранилища, пруды-отстойники, очистные сооружения) - до 99,6% от общей массы выделений.

Санитарно-гигиенические условия на фермах поддерживаются преимущественно прииспользовании воды – для очистки помещений, их дезинфекций, гидросмыва навоза,мытья посуды и аппаратуры, подготовки

кормов и т.д. С возрастанием потребления воды для нужд животноводства, чтозакономерно, увеличивается сброс навозосодержащих сточных вод в водоемы, в результате этого они загрязняются, утрачивают свои полезные свойства. Сброс даже небольших доз неочищенных навозосодержащих сточных вод от свинокомплексов вызывает массовые заморы рыбы, причиняет значительный экономический ущерб.

Под строительствосвинокомплексов выбираются площадки с учетом экологических ограничений, которые должны выявляться как еще на этапе сбора исходных данных (по фондовым материалам, информации, предоставленной органами государственной власти и иными учреждениями, уполномоченными в области охраны окружающей среды) и при проведении полевых исследований.

При выполнении проектировочных работ разрабатываются предложения по мероприятиям природоохранного характера и устанавливаются санитарно-защитные зоны объектаи зоны санитарной охраны источников водоснабжения.

Основная цель создания зоны санитарной охраны – санитарная охрана источников водоснабжения, водопроводных сооружений и территорий, на которых они расположены от возможного потенциального загрязнения от строящихся свинокомплексов.

В близлежащих населенных пунктах к строящимся объектам источником хозяйственно-питьевого водоснабжения обычно являются водозаборные скважины, расположенные в пределах населенных пунктов. Для существующих источников водоснабжения устанавливают зоны санитарной охраны.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1110-02 [22] граница первого пояса зоны санитарной охраны устанавливается на расстоянии не меньше 50 м. На этой территории не допускаются все виды строительства, которые не имеют непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции, расширению водопроводных сооружений, включая прокладку трубопроводов различного назначения.Все строящиеся объекты должны быть

расположены за пределами зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.

Водоохранные зоны водных объектов. Для поддержания благоприятного гидрохимического и гидрологического режимов рек и прочих водных объектов устанавливаются водоохранные зоны, которые представляют собой территорию, на которой установлен специальный режим для предотвращения загрязнения,засорения, истощения вод. Создание водоохранной зоны представляет собой составную и неотъемлемую часть природоохранных мероприятий.

В соответствии со статьей 65 п. 15 Водного кодекса Российской Федерации [1] в пределахводоохранных зон запрещено:

- размещение мест захоронения отходов производства и потребления, токсичных, химических, взрывчатых, ядовитых и отравляющих веществ;

- использование сточных вод для удобрений почв;

- стоянка и движение автотранспортных средств (исключение составляют специальные транспортные средства), кроме движения и стоянки в специально оборудованных местах.

В соответствии со статьей 65 п. 16 Водного кодекса РФ, в пределахводоохранных зон допускается: проектирование, строительство, размещение, реконструкция, введение в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и других объектов при условии обеспечения объектов сооружениями, гарантирующими охрану водных объектов от засорения, загрязнения, истощения вод, которые соответствуют водному законодательству и законодательству в области охраны окружающей среды.

В соответствии с Водным кодексом РФ,водоохранные зоны водных объектов, которые расположены в пределах территории изысканий, должны составлять от 100 до 200 м [1].Для рек и ручьев, протяженность которых не превышает 10 км от истока до устья,водоохранная зона должна составлять 50 м и совпадать с прибрежной защитной полосой.Ширина прибрежной защитной полосы водных объектов должна составлять не менее 50 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование утилизации осадков сточных вод ЗАО «Экоферма» Елизовского района.

Определено, что свиноводческий комплекс является потенциальным источником загрязнения вследствие образования большого количества отходов загрязненных сточных вод, требующих очистки и утилизации.

В настоящее время на Экоферме основным способом утилизации осадков сточных вод является механическое обезвоживание, складирование, накоплениеобезвоженных осадков на илонакопителях.

Объемы осадков сточных вод, не пригодных к утилизации постоянно увеличиваются, требуется всё больше территорий для их размещения, в то время, как увеличение стоимости земли приводит к постоянному росту средств на обслуживание и эксплуатацию мест складирования неутилизированных осадков.

Для утилизации осадков сточных вод используют следующие технологии: механическое обезвоживание, компостирование, аэробное сбраживание, термический метод, депонирование. Существующие традиционные технологии утилизации осадков неотвечают современным техническим и экологическим требованиям, которые непозволяют использовать энергетический и ресурсный потенциал отходов.

Таким образом, утилизация осадков сточных вод остается одной изактуальных, направленной на предотвращение и снижение экологических рисков загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, растительности и негативного воздействия на объекты окружающей средыв целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 28.11.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016). – URL.: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/
2. Федеральный закон «Об охране окружающей природной среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (посл. ред. от 29.12.2015). – URL.: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
3. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ. – URL.: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/
4. Постановление Правительства Российской Федерации № 554 от 24 июля 2000 г. «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании».
5. Воронов Ю.В., Сковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: МГСУ, Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006.
6. Гигиена животноводческих комплексов и охрана окружающей среды / Н.П. Вашкулат, Е.И. Гончарук, Я.И. Костовецкий. – Киев: Здоровье, 1985. – 87 с.
7. Горячкин П.В. Составление смет в строительстве на основе сметно-нормативной базы 2001 года (Практическое пособие). – Москва, Санкт-Петербург, 2003. – 560 с.
8. Гуляева И. С. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений // Вестник ПНИПУ. – 2012. – № 2. – С. 18–32.12.
9. Евилевич А.З. Осадки сточных вод. – Л.-М.: Стройиздат, 1965.
10. Дрозд Г.Я. Утилизация минерализованных осадков сточных вод: проблемы и решения // Справочник эколога. –2014. – № 4. – С. 84–96.
11. Компостирование осадков. – URL.: http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-144-2/30.htm

12. Лобовиков А.О., Завизион Ю.В. Эколого-экономическая эффективность использования наилучших доступных технологий утилизации осадков сточных вод // УЭкС. – 2013. – №50 (2). – С.38.
13. Миловская Л.В., Минеев И.В. Негативное воздействие свиноводческого комплекса «Сокоч» на компоненты окружающей среды / Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: матер. VI Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 марта 2015 г.) – Ч. I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2015. – С.103-110.
14. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Обработка и утилизация осадков» и выполнению дипломного проекта (для студентов 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения специальности 7.092601 – «Водоснабжение и водоотведение») / Сост.: С.Б.Козловская, Е.Б.Сорокина. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 44 с.
15. Обеззараживание осадков сточных вод. – URL.: http://engineeringsystems.ru/o/obezzorajivanie-osadkov-stochnih-vod.php
16. Определение сметной стоимости строительства и СМР. – URL.: http://e-biblio.ru/book/bib/09_ekonomika/Cen_obraz/Cen_obraz_3.html
17. 17 Осадки сточных вод. – URL.:
18. http://www.woodheat.ru/water/water_rests.html
19. Пат. 2109696 РФ. Способ утилизации осадков сточных вод городских очистных сооружений / Элькинд К.М., Торунова М.Н., Тишков К.Н. – Опубл. 25.08.1998.
20. Пат. 2163573 РФ. Установка для ликвидации и утилизации ила из отстойников городов и промышленных предприятий / Вершинина Н.П., Вершинин И.Н., Руденко И.В. [и др.]. - Опубл. 27.02.2001.
21. Покровская Е.В., Сергеева Т.Н. Утилизация осадков сточных вод // Экология и промышленность России. - 2005. - Июнь. - С. 23-25.
22. Правовая охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / Под ред. О.С. Колбасова. – М.: Наука, 1989. – 188 с.

23. СанПиН 2.1.4.1110-02. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения.
24. Сидоров С.М. Способ кондиционирования осадков сточных вод. – URL.:http://www.findpatent.ru/patent/245/2450981.html
25. Состав затрат на производство, образующих себестоимость продукции http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_67172/e711f31b92e4d79245d8319d0f085e60136d2178/
26. Суханова Л.И. Утилизация осадков природных и сточных вод: обзор инф. / ВНИИПИ. – М., 1990. – 30с.
27. Термическая утилизация избыточного активного ила муниципальных биологических очистных сооружений на примере г. Перми / М.С.Дьяков, Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, Е.В. Калинина // Экватэк-2008. Вода: Экология и технология: сб. докл. междунар. конгр. - М., 2008.
28. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 2-е изд. – М.: Стройиздат,1988.
29. Туровский И.С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание. - М.: ДеЛипринт, 2008. - 375 с.
30. Ускова В.В. Утилизация осадков сточных вод, различающихся по токсичности, с помощью червей Eiseniafoetida (Sav.) : диссертация ... канд. с.-х. наук : 03.00.16.- Йошкар-Ола, 2006.- 172 с.
31. Утилизация осадка сточных вод и золы от сжигания. – URL.: http://www.purebalticsea.eu/index.php/gpsm:good_practices:ru