

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

А.М. Благоразумова

Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод

Рекомендовано Государственным образовательным учреждением
высшего профессионального образования по выбору базового учрежде-
ния в качестве учебного пособия для студентов специальностей 270112
Водоснабжение и водоотведение и
270105 Городское строительство и хозяйство

Новокузнецк
2010

Б 752

Рецензенты:

Кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Сибирский Водоканалпроект» Л.А. Попов

Заведующая кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» Сибирского государственного индустриального университета, кандидат технических наук, доцент, И.В. Зоря

Б 752 Благоразумова А.М..

Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: учеб. пособие, часть 1 / Сиб гос индустр. ун-т. – Новокузнецк: Сиб-ГИУ, 2010. – 139 с.

В учебном пособии рассмотрены современные методы обработки и обезвоживания осадков городских сточных вод, а также конструкции установок и аппаратов для уплотнения, сгущения, стабилизации, кондиционирования, обезвоживания, биотермической обработки, термической сушки, сжигания осадков и их утилизации. Приведен расчет наиболее перспективных методов обработки осадков. В пособии описаны вопросы утилизации осадков городских сточных вод как возможных вторичных сырьевых продуктов. Приведены примеры получения из осадков удобрения, кормовых продуктов, строительных материалов, в том числе переработки методом пиролиза и на базе использования газа метантенков.

В первой части изложены теоретические выкладки и основы расчетов. Во второй части приведены технологические схемы и примеры расчетов.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 270112 Водоснабжение и водоотведение и 270105 Городское строительство и хозяйство, научных и инженерно-технических работников проектных и эксплуатационных организаций.

- © Сибирский государственный индустриальный университет, 2010
- © Благоразумова А.М., 2010

Оглавление

Введение	6
Глава 1 Состав и свойства осадков сточных вод	8
1.1 Классификация осадков сточных вод	8
1.2 Свойства осадков сточных вод	10
1.3 Удельное сопротивление осадков фильтрации	12
1.4 Стадии и методы обработки осадков сточных вод	14
Глава 2 Уплотнение осадков сточных вод	14
2.1 Гравитационное уплотнение осадков сточных вод	14
2.2 Флотационное уплотнение осадков сточных вод	19
2.3 Вибрационное, центробежное уплотнение осадков сточных вод	23
2.4 Термогравитационное уплотнение осадков сточных вод	24
Глава 3 Стабилизация осадков сточных вод	25
3.1 Методы стабилизации осадков сточных вод	25
3.2 Анаэробная стабилизация осадков сточных вод в метантенках	26
3.3 Аэробная стабилизация осадков сточных вод	39
3.4 Реагентная стабилизация осадков сточных вод	44
Глава 4 Кондиционирование осадков сточных вод	47
4.1 Коагулирование осадков сточных вод	47
4.2 Тепловая обработка осадков сточных вод	48
4.3 Замораживание и оттаивание осадков сточных вод	48
Глава 5 Обезвоживание осадков сточных вод	50
5.1 Обезвоживание осадков на иловых площадках	50
5.2 Механическое обезвоживание осадков сточных вод	64
Глава 6 Термическая сушка осадков сточных вод	89
6.1 Барабанные сушилки	90
6.2 Сушилки со встречными струями	92
6.3 Цилиндроконическая сушилка с фонтанирующим слоем	95
6.4 Вакуумные сушилки	95
Глава 7 Сжигание осадков сточных вод	97
7.1 Многоподовые печи	99
7.2 Печи кипящего слоя	99
7.3 Барабанные вращающиеся печи	101
Глава 8 Обеззараживание и обезвреживание осадков сточных вод...	102
8.1 Термический метод обеззараживания	102
8.2 Химический метод обеззараживания	106

8.3 Биотермическая обработка осадков сточных вод	108
8.4 Биокомпостирование осадков сточных вод	112
Глава 9 Утилизация осадков городских сточных вод	114
9.1 Утилизация осадков в качестве удобрений	115
9.2 Получение кормовых продуктов на базе активного ила	120
9.3 Получение ценных продуктов методом пиролиза	126
9.4 Получение товарных продуктов	130
9.5 Утилизация газов метантенков	132
9.6 Приготовление топливных брикетов	135
Библиографический список	137

Введение

В основных направлениях экономического и социального развития предусмотрено расширение работ в области охраны природы.

В отечественной практике одной из наиболее острых экологических проблем является проблема удаления, обработки и утилизации осадков городских сточных вод. Количество их составляет 45-50 млн. м. куб. год, по фактической влажности около 1,5 млн. т. сухого вещества. Из них утилизируется 4-6 % от общего количества (в зарубежной практике 33 %).

В условиях массового строительства предприятий по очистке городских и производственных сточных вод наиболее сложной проблемой является обработка осадков. Выделенные в процессе очистки сточных вод осадки относятся к труднофильтруемым суспензиям коллоидного типа. Большие объемы, бактериальная зараженность, наличие органических веществ, способных быстро гнить с выделением неприятных запахов, а также неоднородность состава и свойств осадков осложняет их обработку.

В нашей стране и за рубежом технология обработки осадков городских сточных вод практически сводилась к сбрасыванию их в ментанках с последующей сушкой на иловых площадках. Процесс сушки осадков протекает медленно, зависит от климатических условий и типа иловых площадок, при этом необходимы большие площади занимаемых земель. Кроме того, не обеспечивается полное обеззараживание осадков и представляет серьезную угрозу загрязнения окружающей среды. Являются трудоемкими операции уборки, погрузки, транспортирования обезвоженных осадков.

В настоящее время происходит интенсификация процессов обработки осадков путем применения эффективных методов механического обезвоживания, их термической сушки и сжигания. Разработаны новые и усовершенствованы известные методы и аппараты для обработки осадков. Применяют реагентное механическое обезвоживание осадков на ленточных, камерных и рамных фильтр-прессах, реагентное и безреагентное обезвоживание на осадительных шнековых центрифугах и центрипрессах, пастеризация и дегельминтизация осадков, их компостирование и химическое обеззараживание.

Успешное решение вопросов при проектировании, реконструкции и строительстве водоотводящих систем и очистных сооружений, выполняемых высококвалифицированными специалистами, исполь-

зующими новейшие достижения науки и техники в этой области позволит улучшить экологическое равновесие в природе.

Глава 1 Состав и свойства осадков

1.1 Классификация осадков

В результате очистки сточных вод образуется большое количество осадков. Для осадков городских сточных вод характерна загрязненность токсичными веществами, склонность к загниванию и зараженность патогенными микроорганизмами. В общей проблеме очистки сточных вод обработка осадков представляет собой наиболее сложный и еще окончательно не решенный вопрос. Если сточные воды после очистки возвращаются в кругооборот (водоем или повторное использование), то выделенные в процессе очистки осадки постоянно накапливаются и проблема их размещения и удаления с каждым годом становится все более острой. В особенности это относится к органическим осадкам станций биологической очистки бытовых и производственных сточных вод.

Общий объем осадков (ориентировочно) составляет (0,5-1 %) – смеси сырого осадка и уплотненного активного ила от объема очищаемых сточных вод (средняя влажность 96,2 %).

При физико-химической очистке – объем осадка в 2,5 раза превышает количество осадков первичных отстойников (при средней влажности 95-96 %). В зависимости от принятой схемы осадок уплотняют, обезвоживают, высушивают, сжигают.

При уплотнении удаляется 60 % воды, при механическом обезвоживании еще 25 %, а при сушке и сжигании удаляется дополнительно 10-15 % воды от общего влагосодержания. Масса осадка при этом уменьшается в 2-2,5 раза при уплотнении, до 12,5 раз при обезвоживании, в 60 раз при сушке, в 150 раз при сжигании.

Таблица 1.1 – Классификация осадков

Группы осадков	Классификация (типы осадков)	Сооружения, задерживающие или выделяющие осадки	Гранулометрический состав, в % от массы сухого вещества осадка
Первичные осадки			
I	Грубые примеси или отбросы	Решетки, сита	Частицы размером более 10мм – 93 %, менее 10мм – 7 %
II	Тяжелые примеси	Песколовки	Размеры частиц 0,5-3 мм

Продолжение таблицы 1.1

Группы осадков	Классификация (типы осадков)	Сооружения, задерживающие или выделяющие осадки	Гранулометрический состав, в % от массы сухого вещества осадка
III	Плавающие примеси	Жироловки, отстойники	–
IV	Сырые осадки	Первичные отстойники, осветлители, биокоагуляторы	Частицы размером более (7-10) мм – (5-20) %, (1-7) мм – (9-33) %, менее 1мм – (50-88) %
Вторичные осадки			
V	Активный ил	Вторичные отстойники после аэротенков, биофильтров, сооружений физико-химической очистки	Частицы размером менее 1мм – 98 %, (1-3) мм – (1,5-1,8) %, более 3 мм – (0,4-0,6) %
VI	Стабилизированные осадки: анаэробно-сброженные в метантенках, перрегнивателях; аэробно-стабилизированные в минерализаторах	Метантенки, осветлители-перегниватели, двухъярусные отстойники, септики	Частицы размером менее 1мм – 85 %, более 1мм – 15 %
		Аэробные стабилизаторы	Частицы размером менее 1мм – (98-98,5) %, (1-3) мм – (1,2-1,6) %, более 3 мм – (0,1-3) %
VII	Уплотненные осадки, подвергнутые сгущению до влажности (90-98) %	Уплотнители: гравитационные, термогравитационные, флотационные, центробежные	Частицы размером менее 0,15 мм – 90 %, (0,15-1) мм – 10 %
VIII	Обезвоженные осадки до влажности (40-80) %	Иловые площадки, вакуум-фильтры, фильтр-прессы, центрифуги и др.	–
IX	Осадки сухие, обработанные термосушкой и сжиганием	Сушиллки: барабанные, с фонтанирующим слоем, СВС; печи: в кипящем слое, вращающиеся барабанные, многоподовые	–

1.2 Свойства осадков

1.2.1 Виды воды осадков. Основная масса твердых частиц в значительной степени диспергирована и обладает свойствами коллоидов: адсорбировать воду и удерживать ее благодаря заряду (твердые частицы загрязнений имеют отрицательный заряд) и поверхностной энергии. Этими свойствами осадка обуславливается главная трудность его обезвоживания.

Вода осадков подразделяется на 3 основных вида: свободную, коллоидно-связанную и гигроскопическую.

Свободная (68,4-69 % для осадка первичных отстойников) не связана никакими силами с твердыми частицами и легко (сравнительно) удаляется сушкой на иловых площадках, фильтрацией или отжимом на машинах при небольших давлениях, обезвоживанием до $P = 80$ %.

Коллоидно-связанная или **связанная** (21,5-25,5 %) удаляется из осадков с большим трудом – частично может быть удалена фильтрацией (при коагуляции), отжимом.

Полное удаление коллоидно-связанной воды возможно только сушкой при повышенных температурах.

Гигроскопическая вода или химически связанная – влага, поглощенная веществом составляет 4-10 % от всей массы воды и не удаляется даже при термической сушке. На Московских станциях очистки – 5,6-8,4 %; на сибирских 6-9,2 %.

1.2.2 Влажность, химический состав и физические свойства осадков

Осадки (грубые отбросы с решеток) содержат бумаги – 68,5 %; тряпок – 26,6 %; дерева, соломы – 2,0 %; кухонных отбросов – 2,7 %, костей – 0,3 %.

Количество отбросов на решетках с прозорами 16 мм составляет на 1 чел/год – 8 л при влажности 80 % и объемной массе 750 кг/м^3 . Дробленые отбросы направляются в метантенки, канал перед решеткой или вывозятся на полигоны твердых бытовых отходов.

Песок из песколовок. Объем задерживаемого песка (0,02-0,03) л/чел·сут, объемная масса $1,5 \text{ т/м}^3$, влажность 60 %.

Жировые вещества. Количество 2 л/чел·год при влажности 60 % и объемной массе $0,6 \text{ т/м}^3$.

Сырой осадок первичных отстойников – студенистая вязкая суспензия с кисловатым запахом. Органическая или беззольная часть составляет 65-75 %.

Влажность составляет: при 2-х часовом отстаивании – 95 % при

самотечном удалении, 93,5 % при удалении насосами.

Активный ил (биоуплотнитель) задерживается во вторичных отстойниках. Влажность при выгрузке из вторичных отстойников – 99,2-99,7 %; после биофильтров – 96-96,5 %.

Влажность уплотненного ила – после вертикального уплотнителя – 98 %, радиального – 97 %, флотационного уплотнителя – 96-97 %; термогравитационного уплотнителя – 95-96 %, других специальных уплотнителей – до 90 %.

Анаэробно сброженные осадки более однородной структуры (имеют запах асфальта, сургуча). Влажность определяется расчетом и составляет (95-98) % после метантенков, 90 % после двухъярусных отстойников, 93 % после осветлителей-перегнивателей.

Аэробно-стабилизированный ил – после 1,5-5 часового отстаивания имеет влажность 95-97 %.

Химический состав осадка городских сточных вод зависит от типа осадка и вида промышленных сточных вод, сбрасываемых в городскую сеть.

В среднем можно принять следующие значения – 2-х основных типов осадков.

Таблица 1.2 – Химический состав осадков

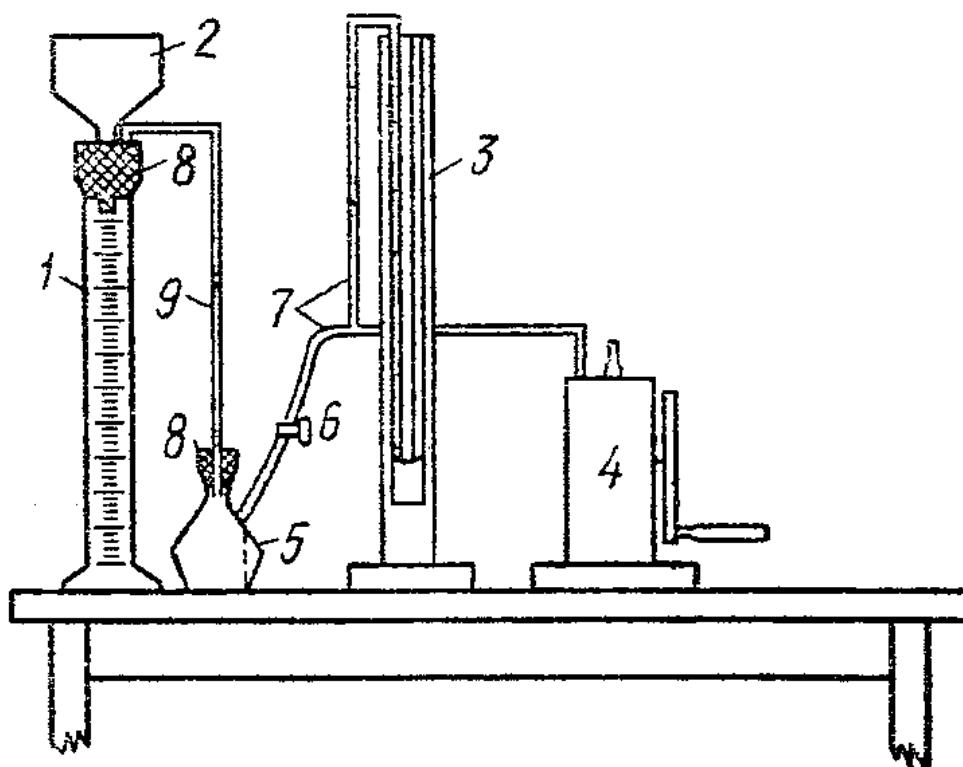
Тип осадка	Зольность	Белки, %	Жиры, %	Углероды, %	C, %	H, %	S, %	N, %	O ₂ , %
сырой осадок первичных отстойников	25-35	25-30	25-30	14-18-25-30	35,4-87,8	4,5-8,7	0,2-7,0	1,8-8	7.6-31,4
избыточный активный ил	S _i = 20-30	40-45	18-20	4-7-10	44-75,8	5,6-8,2	0,9-2,7	3,3-9,8	12,5-43,2
Примечание – Химический состав осадков приведен в % от массы сухого вещества осадков									

Физические свойства осадков зависят от влажности. Сырой осадок первичных отстойников при влажности более 90 % – жидкая текучая масса; (82-90) % – консистенция сметаны; (82-86) % – жидкая грязь; (80-82) % – влажная земля.

1.3 Удельное сопротивление осадков фильтрации

Удельное сопротивление осадка – сопротивление единицы массы твердой фазы, отлагающейся на единице площади фильтра при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы которой равна единице.

Удельное сопротивление, являющееся определяющим параметром водоотдачи осадков – было предложено Б.К.Карманом и Б.Ф.Рутом и характеризует фильтруемость осадков.



1 – мерный цилиндр; 2 – воронка Бюхнера; 3 – ртутный вакуумметр; 4 – вакуум-насос; 5 – колба Бунзена или бутыл-ресивер; 6 – запорный кран; 7 – резиновый шланг; 8 – резиновые пробки; 9 – трубка

Рисунок 1.1 – Схема установки для определения удельного сопротивления осадков

Удельное сопротивление фильтрации r , см/г, определяется по формуле

$$r = \frac{2p \cdot F^2}{\eta \cdot c} \cdot b, \quad (1.1)$$

где p – давление (вакуум), при котором происходит фильтрование, Па;

F – площадь фильтрующей поверхности, м²;
 η – динамическая вязкость фильтрата, Па;
 c – масса твердой фазы кека, отлагающегося на фильтре при получении единицы объема фильтрата, кг/м³;
 b – параметр, получаемый опытным путем, определяют по формуле

$$b = \frac{\tau}{W^2}, \quad (1.2)$$

где τ – продолжительность фильтрации, с;

W – объем фильтрата, полученный за период τ , м³.

Схема установки для определения удельного сопротивления осадков фильтрации показана на рисунке 1.1.

В таблице 1.3 приведены значения удельного сопротивления в зависимости от влажности и типа осадка.

Таблица 1.3 – Удельное сопротивление осадков

Станции аэрации Тип осадка	Влажность P , %	Золь- ность S , %	Удельное со- противление $R = r \cdot 10^{-10}$, см/Г
г. Новокузнецк			
Сырой осадок первичных отстойников	90-94	30-43	510-1270
Термофильно-сброженный осадок	94-97	30-41	1275-19200
Активный ил	99,64-99,68	25	1032-1412
Уплотненный активный ил	97-98	25-31	1280-3640
Смесь сырого осадка и активного ила	94-95	28-30	910-1050
г. Междуреченск			
Сырой осадок первичных отстойников	90,5-95	21-40	1080-1200
Активный ил	99,4-99,2	22-31	821-1280
Уплотненный активный ил	95	22-32	900-1450
г. Осинники			
Сырой осадок первичных отстойников	92-96	40-66	120-646
Мезофильно-сброженный осадок	95-96	38-67	208-795
Биопленка из вторичных отстойников	96	52	224
г. Братск			
Городские очистные сооружения			
Сырой осадок первичных отстойников	94,8-96,2	28-44	715-2230
КОС правого берега			
Сырой осадок первичных отстойников	94-98	26,6-48	415-700
Стабилизированный активный ил	97,3-98,6	19-38	53-94,8

Есть одно очень важное свойство осадков (при условии отсутствия обработки флокулянтами), что при обезвоживании осадка до влажности 45-50 % он перестает удерживать воду. Если положить осадок в воду, а затем отжать его – влага свободно уходит из пор, как из пучка соломы, т.е. осадок, как торф при обезвоживании до определенной влажности является необратимым коллоидом.

1.4 Стадии и методы обработки осадков сточных вод

Целью обработки осадков сточных вод является получение конечного продукта, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации.

Современная технологическая схема обработки осадков в общем виде включает следующие стадии: уплотнение (сгущение), стабилизацию органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизацию ценных продуктов, ликвидацию.

Уплотнение – гравитационное, флотационное, вибрационное, центробежное, термогравитационное.

Стабилизация – анаэробное сбраживание, аэробная минерализация (стабилизация), реагентная стабилизация осадков.

Кондиционирование – обработка неорганическими реагентами, тепловая обработка, обработка полиэлектролитами, электрокоагуляция, замораживание и оттаивание.

Обезвоживание – на иловых площадках, вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах, сушильных печах.

Ликвидация – сжигание в печах, жидкофазное окисление, сброс в накопители и т.д.

Утилизация – сельскохозяйственное использование, регенерация ценных продуктов, производство стройматериалов и т.д.

Глава 2 Уплотнение осадков

2.1 Гравитационное уплотнение

Гравитационное уплотнение – это первоначальная стадия, позволяющая с минимальными энергетическими затратами сократить объем исходного осадка и повысить эффективность последующих стадий обработки. Чем большая часть иловой воды будет удалена уплотнением, тем более экономичным окажется весь процесс обезвоживания в целом. Метод гравитационного уплотнения наиболее простой и распространенный. Не смотря на то, что уплотнение активного ила приводит к увеличению его удельного сопротивления, как сбраживание, так и

обезвоживание неуплотненного ила нерационально вследствие большого объема и низкой начальной концентрации.

Были проведены исследования по совместному гравитационному уплотнению анаэробно-стабилизированных осадков первичных отстойников и аэробно-стабилизированных активных илов в соотношениях по объему (1:2; 1:3). Влажность уплотненной в течении часа смеси составляла (92-92,5) %, суток – 90 %. Совместное уплотнение указанных типов осадков сокращает размеры сооружений по сбраживанию и обезвоживанию осадков в 2-2,5 раза.

Илоуплотнители – гравитационные (вертикальные, радиальные).

Активный ил вторичных отстойников имеет высокую влажность – 99,2-99,8 %. Для снижения влажности избыточный активный ил подвергают уплотнению в илоуплотнителях. В качестве гравитационных илоуплотнителей используют отстойники – вертикального и радиального типа. Радиальные илоуплотнители должны быть оборудованы скребковыми устройствами или илососами. Продолжительность уплотнения и влажность зависят от типа и концентрации активного ила в аэротенках.

2.1.1 Расчет вертикальных илоуплотнителей. Илоуплотнители рассчитываются на максимальный часовой приток избыточного активного ила.

Максимальный прирост активного ила P_{max} , мг/л, определяют по формуле

$$P_{max} = K_M \cdot P_i = K_M \cdot (0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_{en}), \quad (2.1)$$

где P_i – прирост активного ила, мг/л;

K_M – коэффициент сезонной неравномерности прироста активного ила, $K_M = 1,2 \div 1,3$;

K_g – коэффициент прироста активного ила для городских сточных вод, $K_g = 0,3$;

C_{cdp} – содержание взвешенных веществ после первичных отстойников, мг/л;

L_{en} – значение БПК_{полн} после первичных отстойников, мг/л.

Определяют максимальный часовой приток избыточного активного ила q_{max} , м³/час, по формуле

$$q_{max} = \frac{P_{max} - a_t}{24 \cdot c} \cdot Q, \quad (2.2)$$

где Q – средний расход сточных вод, м³/сут;

c – концентрация активного ила, г/м³, к примеру, при влаж-

ности 99,6 %, $c = 400 \text{ г/ м}^3$, при влажности 99,2 %, $c = 8000 \text{ г/ м}^3$;

a_t – содержание взвешенных веществ после вторичных отстойников, мг/л.

Определяют полезную площадь поперечного сечения илоуплотнителей $F_{пол}$, м^2 , по формуле

$$F_{пол} = \frac{q_{жс}}{36 \cdot V}, \quad (2.3)$$

$$q_{жс} = \frac{q_{\max} \cdot (P_1 - P_2)}{100 - P_2}, \quad (2.4)$$

где $q_{жс}$ – максимальный расход жидкости, отделяемой в процессе уплотнения, $\text{м}^3/\text{час}$;

P_1, P_2 – влажность активного ила до и после уплотнения, %;

$P_2 = 98 \%$ – для вертикальных илоуплотнителей,

$P_2 = 97,3 \%$ – для радиальных илоуплотнителей;

V – скорость движения жидкости в отстойной зоне, мм/сек,

$V = 0,1 \text{ мм/с}$.

Количество илоуплотнителей N , шт, определяют по формуле

$$N = \frac{F_{пол}}{f_{пол}}, \quad (2.5)$$

где $f_{пол}$ – полезная площадь одного илоуплотнителя, м^2 .

Таблица 2.1 – Параметры вертикальных илоуплотнителей

D , м		Высота, м		Расчетная глубина проточной части, м	Площадь, м^2		
отстойника	центральной трубы	$H_{ц}$	$H_{к}$		общая	центральной трубы	полезная $f_{пол}$
4	0,7	4,1	1,8	3,8	12,55	0,38	12,17
6	1,0	4,2	3,3	3,8	28,30	0,78	27,50
9	1,4	4,2	5,1	3,8	63,60	1,55	62,05

Если, согласно расчетов, необходимо применение более 4-х уплотнителей вертикального типа $d = 9,0$ (м), то целесообразно выполнить пересчет на радиальные илоуплотнители.

Продолжительность уплотнения T , час, определяют по формуле

$$T = \frac{h}{36 \cdot V}, \quad (2.6)$$

где h – расчетная глубина проточной части, м.

Часовой расход уплотненного ила q_u , м³/час, определяют по формуле

$$q_u = q_{\max} \cdot \frac{100 - P_1}{100 - P_2}, \quad (2.7)$$

Максимальный расход жидкости, отделяемой в процессе уплотнения $q_{жс}$, м³/час, определяют по формуле

$$q_{жс} = q_{\max} - q_u. \quad (2.8)$$

2.1.2 Расчет радиальных илоуплотнителей. Необходимый объем илоуплотнителей W , м³, определяют по формуле

$$W = q_{\max} \cdot T, \quad (2.9)$$

где T – продолжительность уплотнения, час, принимают по таблице 2.2.

В качестве илоуплотнителей принимают радиальные отстойники и определяют их количество

$$N = \frac{W}{W_{3.0.}}, \quad (2.10)$$

Таблица 2.2 – Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей

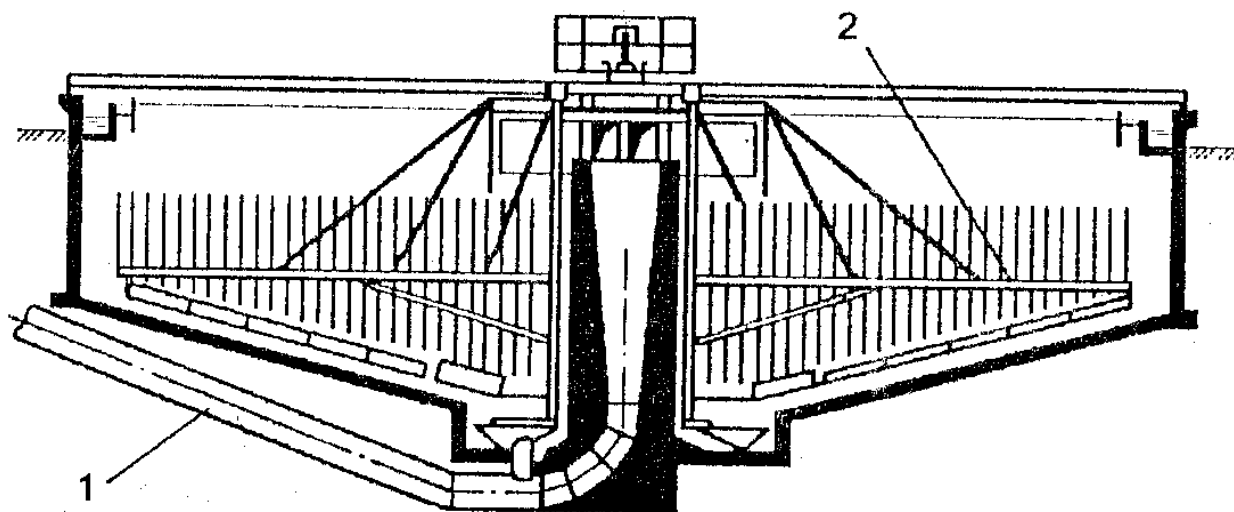
Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила, %		Продолжительность уплотнения, ч		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотнителя, мм/с
	Уплотнитель				
	вертикальный	радиальный	вертикальный	радиальный	
Иловая смесь из аэротенков с концентрацией 1,5-3 г/л	–	97,3	–	5-8	–
Активный ил из вторичных отстойников с концентрацией 4 г/л	98	97,3	10-12	9-11	0,1
Активный ил из зоны отстаивания аэротенков-отстойников с концентрацией 4,5-6,5 г/л	98	97	16	12-15	0,1
Смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	93-95	93-95	7-10	7-10	< 0,3

Таблица 2.3 – Параметры радиальных илоуплотнителей

D_u	Объем, м ³		Глубина, м	
	$W_{з.о.}$	$W_{ил.з.}$	Гидравлическая H_2	$H_{з.о.}$
18	788	160	3,7	3,1
24	1400	280	3,7	3,1
30	2190	440	3,7	3,1
40	4580	915	4,35	3,65

Часовой расход уплотненного ила, максимальный расход жидкости, отделяемой в процессе уплотнения, м³/час, определяют по формулам (2.7), (2.8).

2.1.3 Радиальные илоуплотнители со стержневой мешалкой. Илоуплотнители этой конструкции отличаются наибольшей эффективностью. При медленном перемешивании активного ила снижается его вязкость и электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаднению. В современных конструкциях илоуплотнителей предусматривается устройство стержневой мешалки. Расстояние между стержнями 0,3 м, частота вращения илоскреба (2-4) ч⁻¹ (рисунок 2.1).



1 – подводящий трубопровод; 2 – илоскреб с вертикальной решеткой

Рисунок 2.1 – Радиальный илоуплотнитель со стержневой мешалкой

2.2 Флотационное уплотнение

2.2.1 Сущность процесса флотации. Флотация является одним из эффективных способов уплотнения активного ила и смеси его с осадком первичных отстойников, хотя и требует дополнительных затрат.

Сущность процесса флотации заключается в извлечении примесей посредством их прилипания к пузырькам газа (воздуха), добавляемого в сточную или уплотняемую жидкость и всплывании на поверхность образующегося комплекса «частица-пузырек», называемого аэрофлокулой.

Прилипание частиц к поверхности газового пузырька зависит от степени смачивания поверхности, частоты столкновений, сил взаимного притяжения и отталкивания, гидрофобности частиц, физико-химических свойств среды.

Эффективность флотации определяется образованием на поверхности устойчивой пены, способной удерживать всплывшие частицы. Пенообразование можно регулировать добавлением специальных флотореагентов, к которым относятся синтетические поверхностно-активные вещества, содержащиеся обычно в городских сточных водах в концентрациях, достаточных для проведения флотационной очистки и уплотнения.

По сравнению с гравитационным уплотнением флотация имеет ряд преимуществ:

1 В пенный концентрат (шлам) переводятся не только грубодисперсные примеси, но и некоторые растворенные органические вещества и ионы.

2 Процесс разделения фаз при флотации происходит значительно быстрее и составляет 20-30 минут в отличие от гравитационного уплотнения 5-15 часов.

3 Образующийся при флотации шлам имеет меньшую влажность (94-96) %, объем его при этом уменьшается в (3-10) раз. Сфлотированный активный ил не загнивает.

2.2.2 Способы насыщения воздухом. В технике флотации используют несколько способов насыщения пузырьками воздуха:

1 Компрессионный (напорный) способ, предусматривающий растворение воздуха при повышенном давлении.

2 Механический способ диспергирования воздуха за счет интенсивного перемешивания.

3 Диспергирование воздуха путем пропуска через пористые ма-

териалы.

4 Электрический способ, когда насыщение пузырьками газа обеспечивается за счет электролиза воды.

5 Химический способ, при котором пузырьки газа образуются в результате химических реакций.

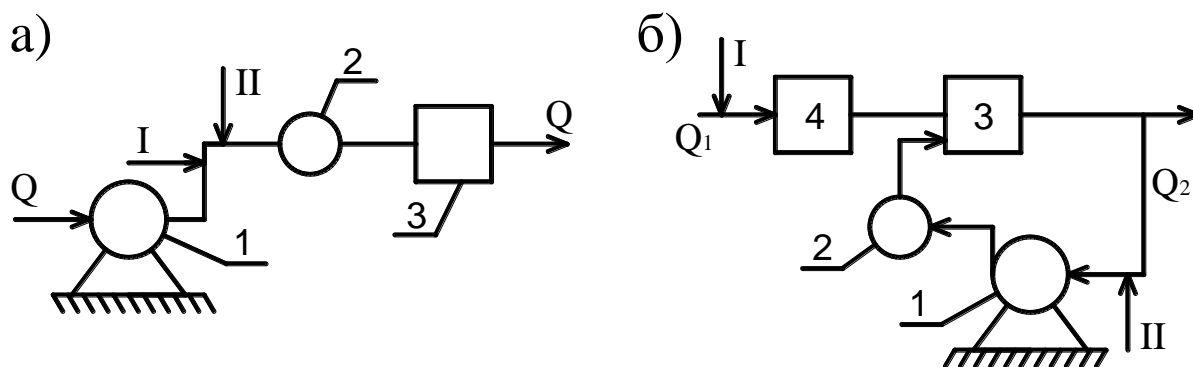
Из перечисленных способов в настоящее время, наибольшее применение при очистке городских сточных вод и уплотнении осадков получил способ компрессионной (напорной) флотации.

В отечественной практике применяют следующие технологические схемы напорной флотации:

– **прямоточная**, когда весь объем обрабатываемой жидкости проходит через установку для насыщения – сатуратор (напорный бак).

– **рециркуляционная**, когда в напорный бак подается (20-50) % рабочей (осветленной) жидкости.

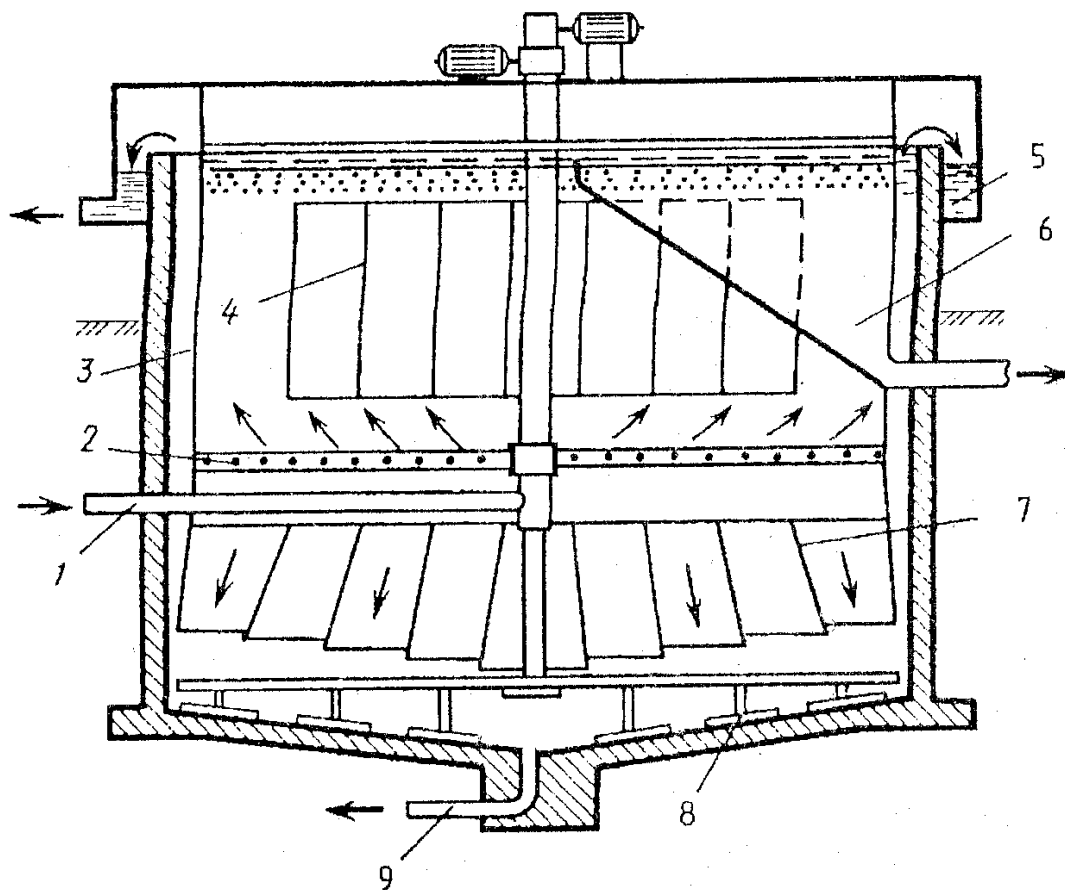
В напорном баке создается давление 0,6-0,9 МПа.



1 – насос для подачи жидкости (осадка); 2 – напорный бак; 3 – флотореактор; 4 – смеситель; I – подача коагулянта (при необходимости); II – подача воздуха

Рисунок 2.2 а – Прямоточная схема; б – Рециркуляционная схема

2.2.3 Устройство и расчет флотаторов. Флотационный илоуплотнитель разработан ОАО «НИИ ВОДГЕО», в виде круглых в плане железобетонных резервуаров диаметром 6, 9, 12, 15, 18, 20, 24 м и глубиной 2-3 м, различающиеся внутренним оборудованием. Внутри корпуса (рисунок 2.3) в верхней его части устроена концентрическая, не достающая до дна перегородка, которая разделяет его на флотационную и отстойную зоны.



1 – подача иловой смеси; 2 – вращающийся дырчатый распределитель;
 3 – периферийная перегородка; 4 – концентрические перегородки; 5 – кольцевой водоотводящий лоток; 6 – илосборный лоток; 7 – конические перегородки;
 8 – скребковое устройство; 9 – отвод осадка, опорожнение уплотнителя

Рисунок 2.3 – Флотационный илоуплотнитель конструкции ОАО «НИИ ВОДГЕО»

Предварительно насыщенный под давлением воздухом активный ил подается в пространство между зонами флотации и отстаивания равномерно по сечению флотатора. Продолжительность флотации составляет 0,2-0,33 часа. Насыщенный активный ил всплывает и удаляется в желоб подвижным скребком. Нижняя часть флотатора, рассчитанная на 2-3 часовое пребывание ила, служит для выделения крупных частиц плотностью более 1,0. Осевшая часть ила удаляется под гидростатическим давлением.

Удельный расход воздуха составляет 10-15 $\text{дм}^3/\text{кг}$ сухого вещества активного ила; концентрация уплотненного ила 30-50 $\text{кг}/\text{м}^3$; содержание взвешенных веществ в удаляемой жидкости 200-300 $\text{мг}/\text{л}$.

«МосводоканалНИИпроектом» разработаны флотаторы диаметром 6, 9, 20 м. Нагрузка по сухому веществу активного ила составляет

3-5 кг/(м²·ч), удельный расход воздуха 10-20 дм³/кг по сухому веществу ила, концентрация уплотненного ила 40-50 кг/м³.

Во флотаторах используют метод компрессионной флотации, по прямоточной и рециркуляционной схеме. Наибольший эффект уплотнения при работе по рециркуляционной схеме. Рабочая жидкость насыщается в напорном баке под давлением 0,3-0,8 МПа в течение 2-6 мин.

По С.В.Яковлеву, Ю.В.Воронову уплотнение сырых и стабилизированных осадков наиболее эффективно в гравитационных уплотнителях. Флотационное уплотнение рекомендуется для флокулообразующей структуры активного ила, при его концентрации по сухому веществу перед флотацией не более 6-8 г/л.

Расчет флотационных уплотнителей

Принимают удельную нагрузку по сухому веществу 5-10 кг/м²·ч, гидравлическую нагрузку до 5 м³/м²·ч, удельный расход воздуха 10-20 дм³/кг сухого вещества ила.

Влажность уплотненного осадка принимают: при уплотнении без полиэлектролитов 95-97 %, с их применением 94-96,5 % в соответствии с дозой и нагрузкой.

Иловая вода после флотационных уплотнителей с концентрацией активного ила 50-100 мг/л подается в аэротенки.

Флотационные уплотнители ОАО «НИИ ВОДГЕО» рассчитывают по гидравлической нагрузке на поверхность зеркала q_f , которую принимают в зависимости от произведения илового индекса I_i , дм³/кг, на концентрацию поступающего ила a_i , кг/дм³.

Таблица 2.4 – Гидравлическая нагрузка

$I_i \cdot a_i$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
q_f , м ³ /(м ² ·ч)	12	10	9	8	7,5	6,7

Площадь поперечного сечения флотатора

$$F = \frac{q_{\max}}{q_f}, \quad (2.11)$$

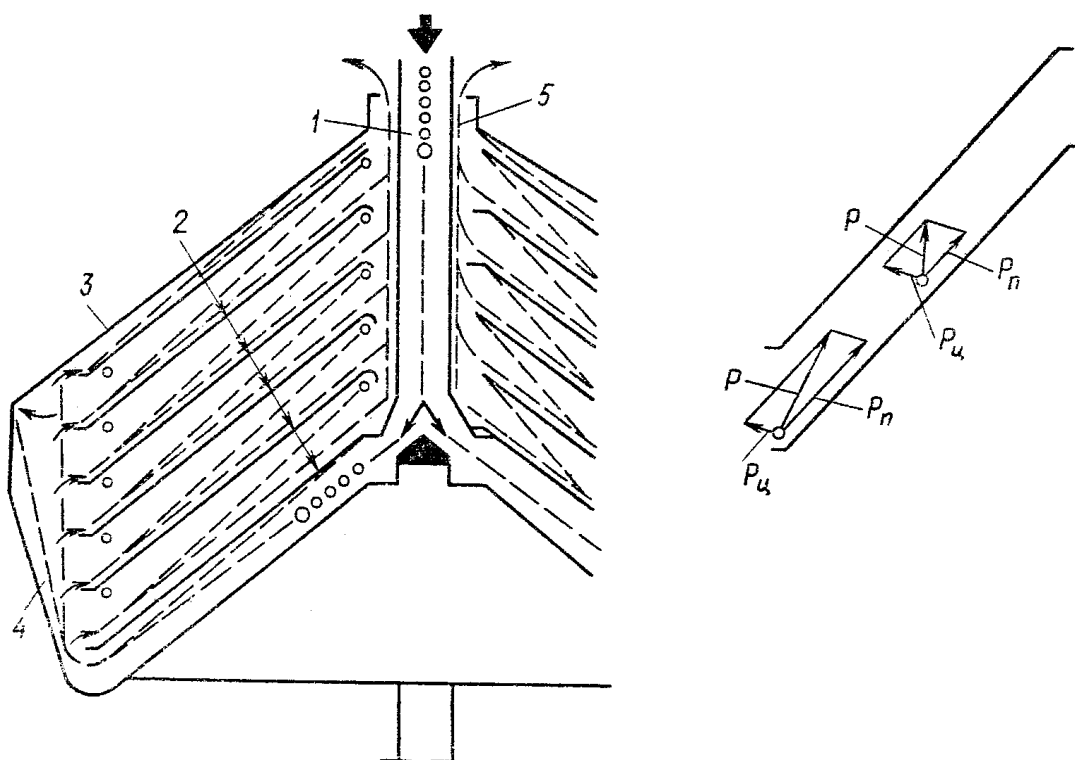
Продолжительность пребывания активного ила в зоне уплотнения $t = 2-3$ ч, влажность уплотненного ила $P = 95-97$ %. Продолжительность пребывания иловоздушной смеси в напорном баке 2-4 мин, давление насыщения 0,3-0,4 МПа.

2.3 Вибрационное, центробежное уплотнение

Для **вибрационного уплотнения** (сгущения) применяют сгустительные барабаны, мешочные, пористые (губчатые) или рукавные фильтры и **безнапорные вибрационные фильтры**, представляющие собой наклонно установленную жесткую вибрирующую перфорированную перегородку (металлическую сетку) или сито, через которое фильтруются сгущаемые осадки.

Исследования, проведенные в ОАО «НИИ ВОДГЕО» и НИКТИ городского хозяйства показали, что в зависимости от частоты вибрации, ускорения и амплитуды колебания металлической сетки активный ил сгущается до влажности (93-97) %, а его смесь с осадком первичных отстойников до (86-88) % при выносе с фильтратом (5-30) % сухого вещества.

Для **центробежного** уплотнения (сгущения) активного ила и фугата шнековых центрифуг применяют тарельчатые сепараторы. Тарельчатые сепараторы имеют высокий фактор разделения и дают относительно чистый фугат. Для предотвращения забивания межтарельчатого пространства частицами размером более 0,4-0,8 мм перед сепараторами необходимо устанавливать барабанные сетки.



1 – питающая труба; 2 – тарелки; 3 – ротор; 4 – сборник кека; 5 – сливная труба

Рисунок 2.4 – Схемы устройства и работы тарельчатого сепаратора

Серийно выпускаемые жидкостные сепараторы с тарельчатыми вставками имеют в основном одинаковое устройство рабочего органа.

В тарельчатых сепараторах активный ил или фугат подается во внутреннюю питающую трубу (рисунок 2.4).

Принцип действия сепараторов основан на том, что частицы, взвешенные в сепарируемой жидкости в межтарелочном пространстве подвергается действию двух сил, из которых одна P_{ψ} направлена радиально к периферии ротора, а другая P_n к центру. Под действием равнодействующих этих сил P частицы осаждаются на внутренней поверхности пакета тарелок. Образующийся кек сдвигается центробежной силой к периферии ротора, где накапливается в сборнике и периодически выгружается или непрерывно выгружается через сопла. Фугат противоположным потоком выносится с оси вращения сепаратора и выводится трубой.

В непрерывно действующих сепараторах с сопловой выгрузкой исходную суспензию можно уплотнять лишь до пастообразного продукта, так как более сухой кек забивает сопла. Производительность сепараторов определяют по методике, разработанной Г.И.Бремером и Е.М.Гольдиным и приведенной в работах И.С.Туровского. Продолжительность непрерывной работы сепаратора и их технические характеристики определяют по справочнику проектировщика под редакцией В.Н.Самохина.

2.4 Термогравитационное уплотнение

Новое техническое решение, применяемое для уплотнения избыточного активного ила. По сравнению с гравитационным уплотнением активного ила в отстойниках, сгущение в термогравитационных уплотнителях интенсивнее примерно в двадцать раз.

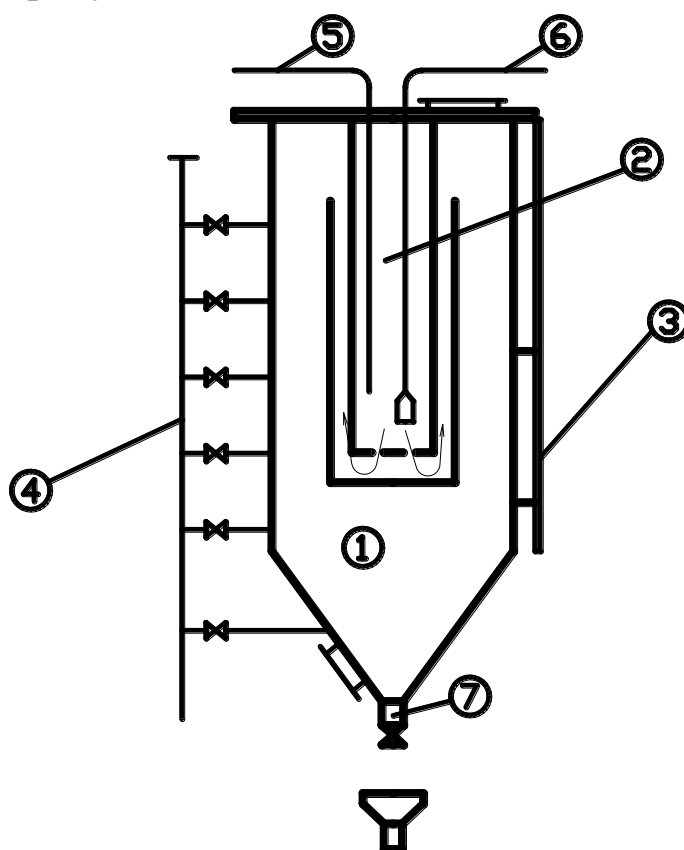
Положительный и высокий эффект уплотнения за счет того, что в результате подогрева происходит расщепление гидратной оболочки, прочно удерживающей частицы ила, которые собираются в более крупные гранулы, быстрее оседают и уплотняются.

При уплотнении активный ил подогревается паром до 70-90 °С, затем отстаивается в течении 30-60 мин, при этом влажность снижается до 96,5 %. При подогреве в течении 30 мин осуществляется полное уничтожение гельминтов и кишечных палочек.

Широко применяется при 2-х ступенчатом уплотнении сначала в термогравитационных уплотнителях, затем в сепараторах.

При производительности (50-60) тысяч необходим термограви-

тационный уплотнитель объемом 12 м³. Термогравитационный уплотнитель показан на рисунке 2.5.



- 1 – металлический корпус; 2 – камера подогрева; 3 – выносная смотровая камера; 4 – сливная труба; 5 – иловая труба; 6 – паропровод;
7 – нижний патрубок с задвижкой

Рисунок 2.5 – Термогравитационный уплотнитель

Глава 3 Стабилизация осадков

3.1 Методы стабилизации осадков

Стабилизацию осадков применяют для предотвращения их загнивания, она основана на изменении физико-химических характеристик, сопровождающееся подавлением жизнедеятельности гнилостных бактерий.

Стабилизация осадков достигается:

1 Минерализацией органического вещества:

- анаэробное метановое сбраживание;
- аэробная стабилизация (минерализация);
- тепловая обработка;
- биотермическое разложение.

2 Изменением активной реакции среды:

– повышением величины рН путем введения щелочей.

3 Уничтожением кислотных микроорганизмов нагреванием:

- пастеризация;
- тепловая обработка;
- термическая сушка.

4 Обезвоживанием осадков:

- удаление влаги декантацией, фильтрацией, испарением.

5 Введением химических веществ и соединений, подавляющих развитие кислотных микроорганизмов (реагентная или химическая стабилизация).

В зависимости от принятого метода и степени обработки осадков стабилизация может быть полной (временной) или необратимой. При минерализации органического вещества загнивание его возможно в случае неполного распада разлагающейся его части. При стабилизации без минерализации органического вещества процесс становится обратимым при повторном увлажнении и создании условий для жизнедеятельности различных микроорганизмов.

Наибольшее применение получили методы анаэробной и аэробной стабилизации.

При малых количествах образующихся осадков применяют септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели. Биологический процесс разложения органического вещества в этих сооружениях происходит экстенсивно под влиянием внешних условий. Интенсивный процесс минерализации требует специальных условий, оптимально обеспечивающих все его стадии. Для его осуществления применяют метантенки и аэробные минерализаторы, получившие наибольшее применение.

3.2 Анаэробная стабилизация осадков в метантенках

Анаэробную стабилизацию или сбраживание применяют для стабилизации органической части вещества осадка и предотвращения загнивания с помощью сложного комплекса анаэробных бактерий при отсутствии кислорода воздуха до конечных продуктов, в основном метана и диоксида углерода. Для анаэробной стабилизации применяют септики при количестве сточных вод до 25 м³/сут, двухъярусные отстойники при расходах до 15 тыс.м³/сут. При больших расходах применяют **метантенки**, получившие наибольшее применение в современных условиях.

3.2.1 Устройство метантенков. Метантенки представляют собой гер-

метичные круглые в плане железобетонные или стальные резервуары с коническим или плоским дном.

Разработаны типовые проекты метантенков с полезным объемом 6000-8000 м³ для крупных очистных сооружений.

Схемы метантенков показаны на рисунках 3.1, 3.2.

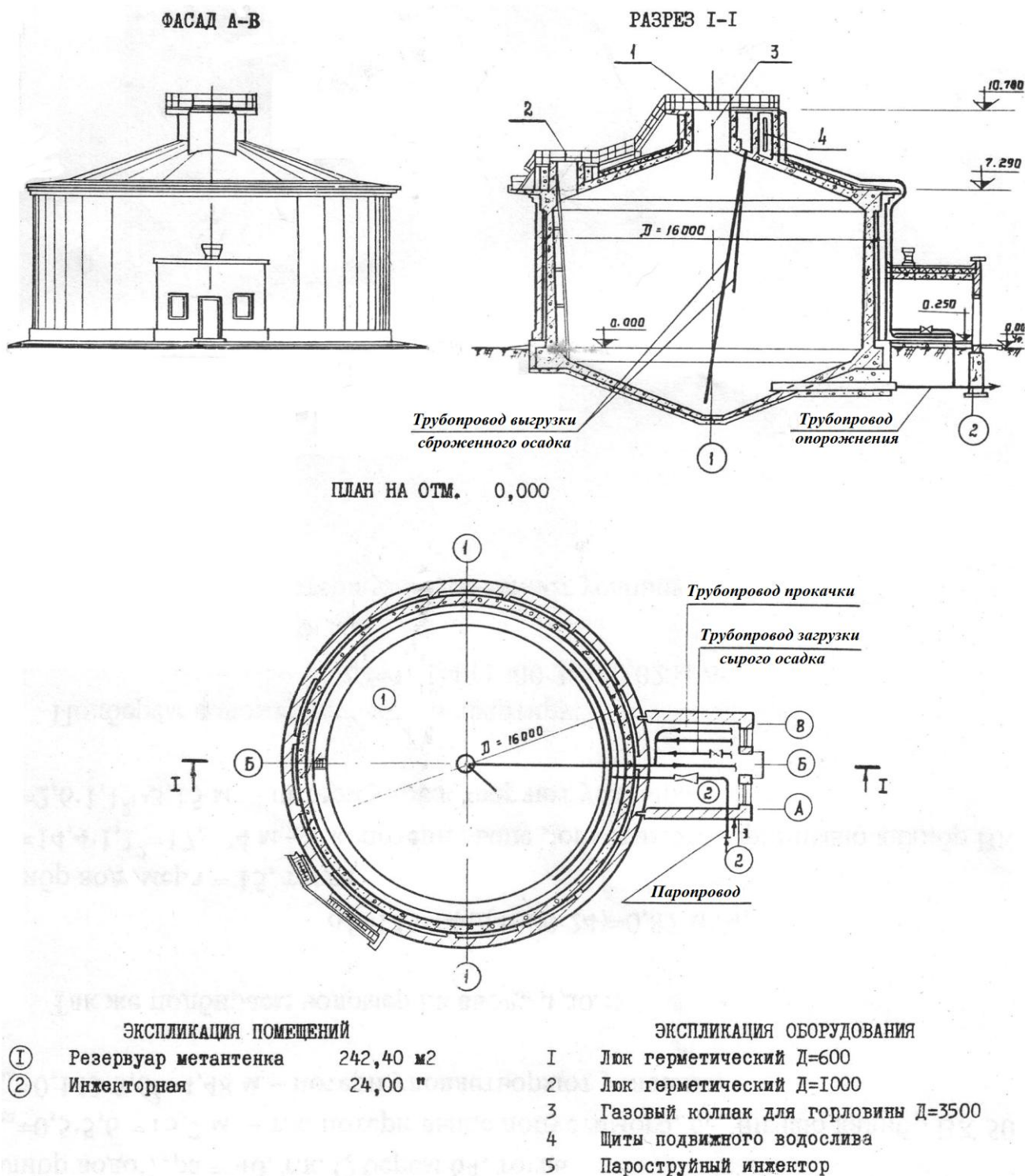
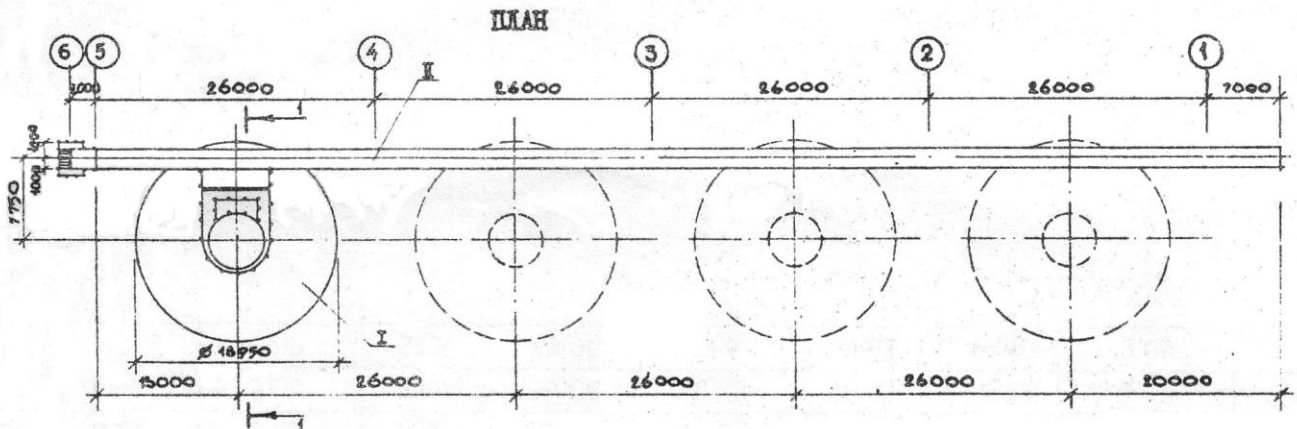
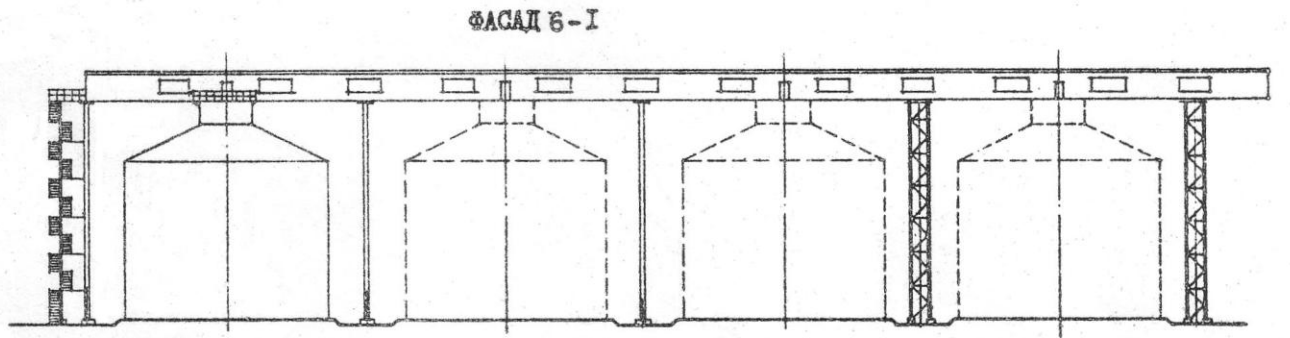
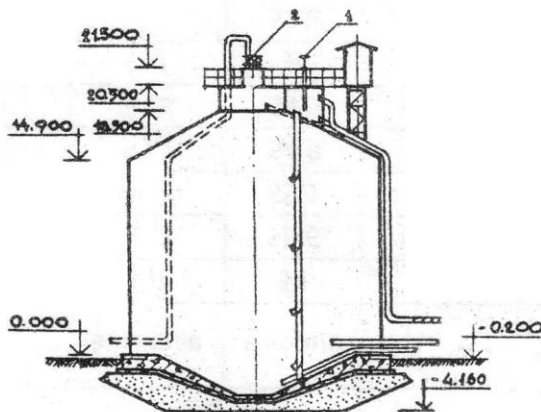


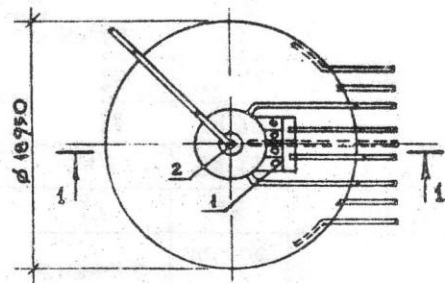
Рисунок 3.1 – Метантенки железобетонные диаметром 15,0 м.
Резервуар инжекторной



РАЗРЕЗ I-I



ПЛАН НА ОТМ. 21,500



ЭКСПЛИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Но- мер	Наименование	Площадь м ²	Поз.	Наименование	Кол-во
I	Резервуар метантенка	273,7	I	Затвор щитовой	4
II	Галерея обслуживания	288,6	2	Клапан дыхательный КД 2 -250	I

Рисунок 3.2 – Резервуар метантенков объемом 5000 м³

3.2.2 Стадии сбраживания и тепловой режим в метантенках. Процесс анаэробного метанового сбраживания осадков в метантенках по современной теории включает четыре основные взаимосвязанные стадии:

1 Стадия ферментативного гидролиза нерастворенных сложных органических веществ при помощи быстрорастущих факультативных анаэробов, выделяющих экзоферменты с образованием более простых растворенных веществ.

2 Стадия кислотообразования с выделением короткоцепочечных летучих жирных кислот (ЛЖК), аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа. Стадия осуществляется быстрорастущими, устойчивыми к неблагоприятным условиям среды гетерогенными бактериями.

3 Ацетогенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту, диссоциирующую на анион ацетата и катион водорода.



1 – ферментативные кислотогены; 2 – ацетогены, образующие H_2 ;
 3 – ацетогены, использующие H_2 ; 4 – метаногены, восстанавливающие CO_2 ; 5 – метаногены, использующие ацетат; I – гидролиз;
 II – кислотогенез; III – ацетогенез; IV – метаногенез

Рисунок 3.3 – Схема анаэробного метанового сбраживания осадков

4 Метаногенная стадия образования метана из уксусной кислоты, а также в результате реакции восстановления водородом углекислого газа, которая осуществляется медленно растущими бактериями, являющимися строгими анаэробами, весьма чувствительными к изменению условий среды, особенно к снижению рН менее 7,0-7,5 и температуры.

В процессе анаэробного сбраживания участвуют пять групп бактерий (рисунок 3.3)

Все стадии анаэробного сбраживания имеют важное значение, однако очевидно, что последующие стадии не могут начаться, пока для них не будут подготовлены условия предыдущим ходом процесса. Поскольку ацетогены и особенно метаногены имеют более низкие скорости роста по сравнению с гидролитическими бактериями и более чувствительны к условиям процесса, то стадия образования метана оказывается существенно зависимой от этих условий.

Подробное описание процесса анаэробного разложения органических веществ сообществом микроорганизмов приведено в работах Л.И.Гюнтер, Л.Л.Гольдфарба, С.В.Яковлева, Ю.В.Воронова.

Температурный режим сбраживания осадка в метантенках. Диапазон температур, при котором происходит образование метана в природных условиях, может составлять от 0° до 97°.

Процесс брожения необходимо осуществлять при выбранном оптимальном температурном режиме, даже кратковременное снижение температуры приводит к торможению стадий метаногенеза, накоплению кислот за счет активной работы более устойчивых гидролитических организмов, нарушению трофических связей и процесса в целом.

В метантенках различают два основных режима сбраживания осадков:

1 Мезофильный, протекающий при температуре 30-35 °С, оптимальная температура 33 °С.

2 Термофильный, протекающий при температуре 50-55 °С, оптимальная температура 53 °С.

Оба процесса получили достаточно широкое применение в отечественной практике.

Термофильный режим имеет следующие преимущества:

1 Санитарные, так как происходит 85 %-ная дегельминтизация осадков.

2 Строительные, так как вследствие того, что дозы загрузки в метантенк почти в 2 раза выше, чем при мезофильном режиме, сокраща-

ется объем сооружений.

Недостатки термофильного режима сбраживания:

1 Ухудшение водоотдающих свойств осадков за счет увеличения удельного сопротивления фильтрации.

2 Увеличенный расход тепла, необходимый для подогрева метантенков.

3.2.3 Эффективность процесса сбраживания осадков в метантенках.

Эффективность сбраживания осадка оценивается по степени распада органического вещества, количеству и составу образующегося биогаза, определяемого его химическим составом. Состав осадков городских сточных вод различен, каждый компонент дает разное количество газов. Газы образуются при разложении жиров, белков и углеводов, которые составляют (80-85) % от общего количества органического вещества осадка. Наибольшее количество газа образуется за счет распада жиров, составляет (60-60) %, остальные (35-40) % приходятся примерно поровну на долю углеводов и белков. Так выход газа при сбраживании осадка первичных отстойников составляет $12-22 \text{ м}^3/\text{м}^3$ осадка, при сбраживании активного ила $6,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$, смеси осадка и активного ила $11,5-13,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Наряду с химическим составом, процесс сбраживания осадка зависит от температуры, дозы загрузки осадка в метантенк и его влажности. При сбраживании распад органического вещества составляет 25-53 %, соответственно уменьшается количество сухого вещества осадка и повышается его влажность на 1,5-5 %.

В метантенках законченность процесса сбраживания характеризуется составом газа и химическим анализом иловой воды. Состав газа в %: метан – 60-70; двуокись углерода 16-34; азот 0,3; водород 0,3; кислород 0,4; окись углерода 2-4.

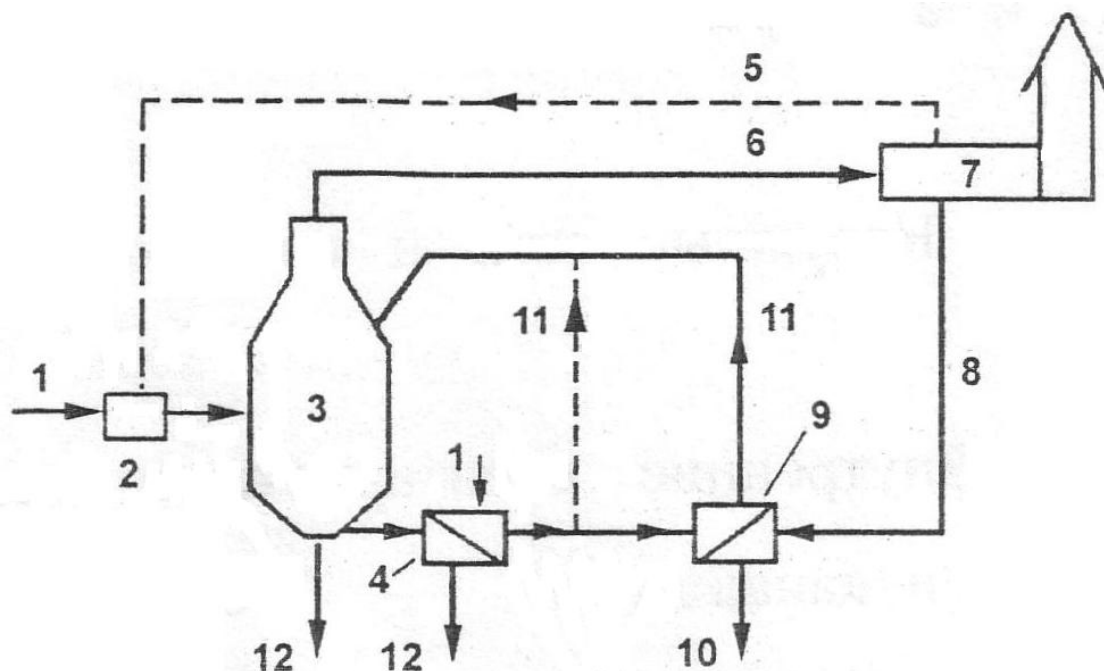
Химический анализ иловой воды: рН > 7,0; щелочность 65-90 мг·экв/л; азот аммонийных солей 400-800 мг/л; летучие жирные кислоты 5-10 мг·экв/л.

3.2.4 Система подогрева и перемешивания осадков.

В метантенках тепло расходуется на подогрев загружаемого осадка, на возмещение потерь тепла, уходящего через стенки, днище и перекрытие метантенка и на возмещение тепла, уносимого с отводимым из метантенка газом.

В отечественной практике подогрев осадка в большинстве случаев осуществляют острым паром. Пар низкого давления с температурой 110-112 °С подается во всасывающую трубу насоса при подаче и перемешивании осадка или непосредственно в метантенк через паровой ин-

жектор. Инжекторы устанавливают в камерах управления по одному агрегату на каждый метантенк. Забирая в качестве рабочей жидкости осадок из метантенка и подавая смесь его с паром снова в метантенк, паровой инжектор обеспечивает подогрев осадка и частичное перемешивание бродящей массы. Обобщенная принципиальная схема подогрева осадка для анаэробного сбраживания показана на рисунке 3.4.



1 – загрузка осадка; 2 – паровой инжектор; 3 – метантенк; 4 – теплообменник «осадок-осадок»; 5 – пар; 6 – биогаз; 7 – котельная; 8 – горячая вода; 9 – теплообменник «вода-осадок»; 10 – охлажденная вода; 11 – подогретый осадок; 12 – сброженный осадок

Рисунок 3.4 – Принципиальная схема подогрева осадка для анаэробного сбраживания

Возможно применение схемы, в которой нагрев осадка совмещен с гидравлическим перемешиванием бродящей массы.

Перемешивание содержимого метантенка необходимо проводить с целью обеспечения эффективного использования всего объема метантенка, исключения образования мертвых зон, предотвращения расслоения осадка, отложения песка и образования корки, выравнивания температур. Перемешивание должно приводить к выравниванию концентраций метаболитов, но не достаточно интенсивным, чтобы не происходил механический отрыв отдельных групп бактерий друг от друга и от частиц потребляемого ими субстрата.

Перемешивание осадка обеспечивает его однородность во всем

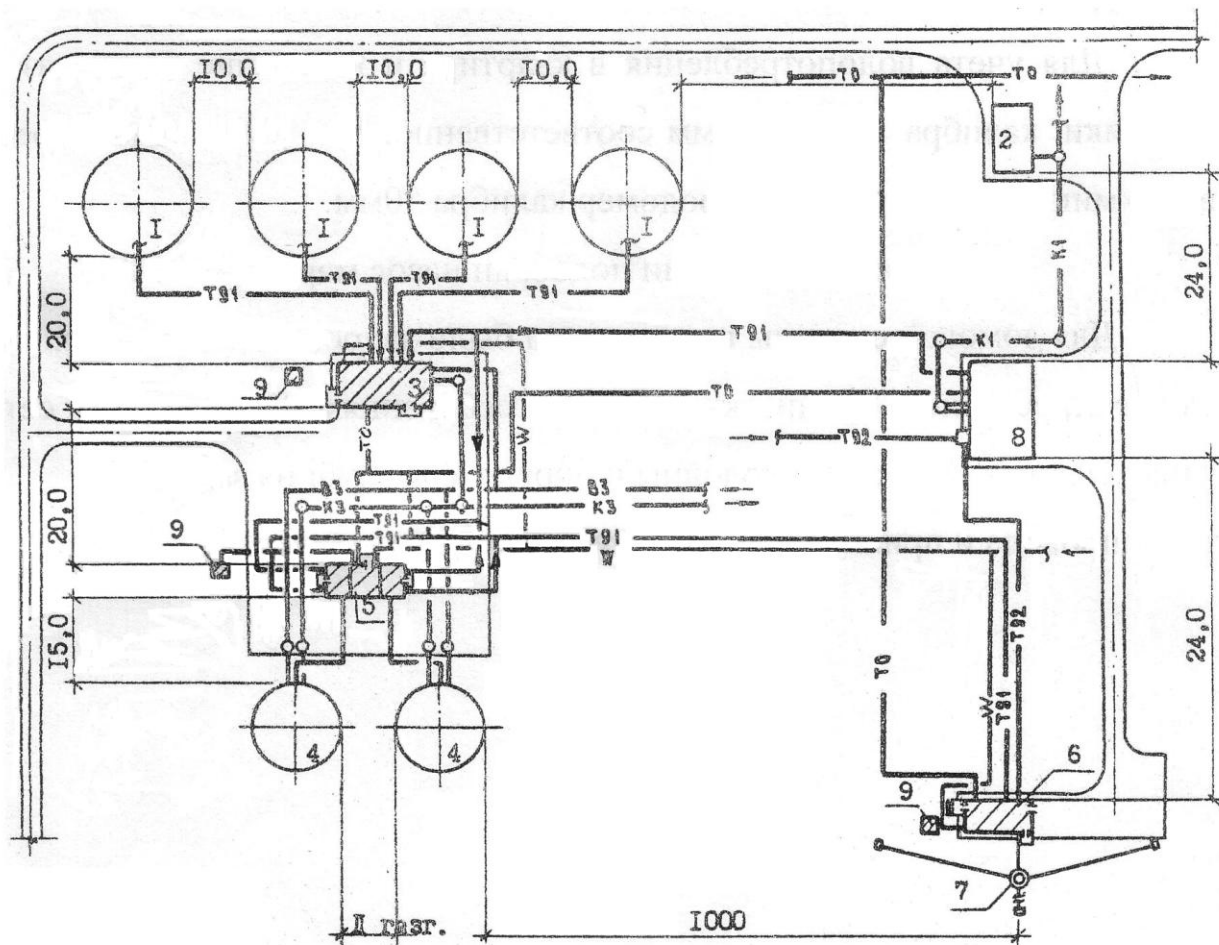
объеме метантенка. При загрузке холодного осадка в верхнюю зону метантенка, он как более холодный устремляется вниз, а пузырьки выделяемого газа поднимаются вверх – происходит перемешивание в вертикальном направлении. При оборудовании метантенка инжектором происходит перемешивание в горизонтальной плоскости. Эти процессы не обеспечивают полного перемешивания. Специальные системы перемешивания используют для этой цели циркуляционные насосы, пропеллерные мешалки или перемешивание с помощью газа.

Загрузка и выгрузка осадка. Метантенки могут работать в периодическом, непрерывном и полунепрерывном режимах. При загрузке один раз в сутки скорость распада органического вещества и выход биогаза значительно меняется в период между загрузками. Выход газа после загрузки в 2 раза выше выхода газа перед следующей загрузкой, из-за изменения скорости биохимического распада при неравномерной подаче субстрата клеткам бактерии. Непрерывная загрузка и выгрузка осадка из метантенка снимает эту неравномерность. При непрерывной подаче предварительно подогретого осадка, его хорошим смешением с массой бродящего осадка обеспечиваются равномерный тепловой режим сооружения, равномерное поступление питательных веществ и возможность работы с повышенными дозами загрузки. И что очень важно, перевод метантенка на непрерывный режим загрузки делает возможным автоматизацию и механизацию процесса, обеспечивает уменьшение эксплуатационных затрат, равномерность газовыделения и однородность выгружаемого осадка.

3.2.5 Система сбора и удаления газа. Для сбора газа на горловине метантенка устанавливают газовый колпак. Для транспортирования газа прокладывают газовую сеть из стальных труб на сварке с усиленной противокоррозийной изоляцией. Укладывают сеть ниже глубины промерзания, но не менее 1,0 м. При прокладке на поверхности утепляют.

В процессе сбраживания осадков выделение газа неравномерно. Для поддержания постоянного давления в газовой сети на тупиковых концах ее устанавливают аккумулярующие мокрые газгольдеры, служащие для приема газа. Мокрый газгольдер состоит из резервуара, заполненного водой и колокола, перемещающегося на рамках по вертикальным направляющим. Вес колокола уравновешивается противодействием газа. Благодаря этому при изменении объема газа под колоколом давление в газгольдере и газовой сети остается постоянным. При невозможности сбора газа метантенков, предусматривают его сжига-

ние, используя специальное устройство – газовую свечу. Применяют типовые газгольдеры, рассчитанные на 2-4 часовое пребывание газа.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- B3— Производственный водопровод
- KI— Хозяйственная канализация
- K3— Производственная канализация
- T0— Теплосеть
- W— Электросеть
- T91— Газ метантенков
- T92— Природный газ
- ▨ Сооружения, разработанные в настоящем проекте

Но-мер	Наименование	Обозначение типового проекта	Но-мер	Наименование	Обозначение типового проекта
I	Метантенки	902-2-227+230	5	Отдельно стоящий пункт управления газгольдерами $U=600, 1000, 3000$ и 6000м^3	902- 9-29.85
2	Насосная станция метантенков	902-2-230	6	Пункт управления газовой свечой	902- 9-30.85
3	Газосборный пункт метантенков	902- 9-28.85	7	Газовая свеча	
4	Газгольдеры	707-2-10+13.83	8	Котельная	
			9	Установка приточных вентиляторов	

Рисунок 3.5 – Схема расположения метантенков и газгольдеров

Газ, полученный в процессе сбраживания, используется на энергетические нужды:

1 На канализационных очистных сооружениях в качестве горючего в котлах с газовыми горелками для обогрева метантенков, отопления и горячего водоснабжения очистных сооружений, поселков при них.

2 В газовых двигателях, приводящих в движение насосы и воздуходувки.

3 В качестве горючего для автомашин и бытового газоснабжения районов, путем заполнения баллонов.

Схема расположения метантенков и газгольдеров приведена на рисунке 3.5.

Метантенки и газгольдеры являются взрывоопасными сооружениями, поэтому их располагают на расстоянии не менее 30 м от основных сооружений.

3.2.6 Расчет метантенков. Расчет метантенков и газгольдеров заключается в определении необходимого их объема в зависимости от количества поступающего в метантенки сырого осадка и избыточного активного ила.

Определяют количество осадка первичных отстойников по сухому веществу $Q_{mud}^{сух}$, т/сут, и избыточного ила Q_i^s , т/сут, по формулам

$$Q_{mud}^{сух} = \frac{Q_{сум}^{mid} \cdot (C_{en} - C_{ex}) \cdot K}{10^6}, \quad (3.1)$$

$$Q_i^s = \frac{(P_i - a_t) \cdot Q_{сум}^{mid} \cdot n}{10^6}, \quad (3.2)$$

где $Q_{сум}^{mid}$ – средний расход сточных вод, поступающих на очистку;

C_{en} , C_{ex} – концентрации загрязнений по взвешенным веществам соответственно в поступающей на первичные отстойники сточной воде и осветленной;

$K = 1,1-1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных фракций;

P_i – прирост активного ила, мг/л, определяют по формуле

$$P_i = 0,8 \cdot C_{ex} + K_g \cdot L_{en}, \quad (3.2)$$

где $K_g = 0,3$ – коэффициент, зависящий от категории сточных вод;

L_{en} – БПК_{полн} сточных вод, поступающих в аэротенк, мг/л;

a_t – вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников, мг/л;

$n = 1,2-1,3$ – коэффициент, учитывающий неравномерность прироста активного ила.

Расход сырого осадка первичных отстойников Q_{mud} , м³/сут, и избыточного активного ила Q_i , м³/сут, по объему фактической влажности определяют по формулам

$$Q_{mud} = \frac{Q_{mud}^{сух} \cdot 100}{100 - P_{mud} \cdot \gamma}, \quad (3.4)$$

$$Q_i = \frac{Q_i^s \cdot 100}{100 - P_i \cdot \gamma}, \quad (3.5)$$

где P_{mud} – влажность сырого осадка, %, равная 93,5 %, при удалении насосами;

P_i – влажность уплотненного активного ила %, равная 96,5-97,5 %;

γ – плотность сырого осадка и активного ила, принимаемая равной единице.

Расходы беззольного вещества сырого осадка $Q_{mud}^{\deltaз}$, т/сут, и избыточного активного ила $Q_i^{\deltaз}$, т/сут, определяются по формулам

$$Q_{mud}^{\deltaз} = \frac{Q_{mud}^{сух} \cdot (100 - B_{\Gamma}) \cdot (100 - S_{mud})}{10^4}, \quad (3.6)$$

$$Q_i^{\deltaз} = \frac{Q_i^s \cdot (100 - B_{\Gamma}) \cdot (100 - S_i)}{10^4}, \quad (3.7)$$

где B_{Γ} – гигроскопическая влажность сырого осадка, %, равная 5-6 %; активного ила %, 5-7 %;

S_{mud} , S_i - зольность осадка и ила соответственно.

Общий расход сырого осадка и уплотненного избыточного ила составит:

- по сухому веществу, т/сут

$$Q_{сух} = Q_{mud}^{сух} + Q_i^s, \quad (3.8)$$

- по объему фактической влажности, м³/сут

$$Q_{общ} = Q_{mud} + Q_i, \quad (3.9)$$

- по беззольному веществу, т/сут

$$Q_{\deltaз} = Q_{mud}^{\deltaз} + Q_i^{\deltaз}, \quad (3.10)$$

Средняя влажность смеси сырого осадка и активного ила, % определяют по формуле

$$P_{см} = 100 \cdot \frac{Q_{сух}}{Q_{общ} \cdot \gamma}, \quad (3.11)$$

Средняя зольность сухого вещества смеси сырого осадка и активного ила, %

$$Z_{см} = 100 \cdot \frac{Q_{\text{сыр}} - Q_{\text{бз}}}{Q_{\text{сух}}} \quad (3.12)$$

Расход сброженного осадка по объему при фактической влажности $Q_{\text{сбр}}$ принимают равным $Q_{\text{общ}}$.

Влажность и зольность сброженного осадка, %, определяют по формулам

$$P_{\text{сбр}} = 100 \cdot \frac{Q_{\text{бз}} \cdot (R_r + Q_{\text{сух}} - Q_{\text{бз}})}{Q_{\text{сбр}}}, \quad (3.13)$$

где R_r – выход газа, м³ на 1 кг беззольного вещества;

$$Z_{\text{сбр}} = 100 \cdot \left\{ \frac{1 - Q_{\text{бз}} \cdot (R_r + Q_{\text{сух}} - Q_{\text{бз}})}{Q_{\text{бз}} \cdot (R_r + Q_{\text{сух}} - Q_{\text{бз}})} \right\}, \quad (3.14)$$

Необходимый объем метантенков, м³, определяется в зависимости от объема фактической влажности смеси сырого осадка и уплотненного активного ила по формуле

$$W = \frac{Q_{\text{общ}} \cdot 100}{D_{mt}}, \quad (3.15)$$

где D_{mt} – суточная доза загрузки в метантенк, %, принимаемая по таблице 3.1

Таблица 3.1 – Максимальная суточная доза осадка городских сточных вод и значение коэффициента k_r

Режим сбраживания	Влажность загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Суточная доза загрузки D_{mt} , %					
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19
Коэффициент k_r					
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17
Примечание – При наличии в сточных водах поверхностно-активных веществ более 50 мг/л суточная доза загрузки подлежит уточнению (уменьшению)					

Выход газа, R_r , м³ на 1 кг беззольного вещества загружаемого осадка, составит

$$R_r = R_{\text{lim}} - K_r \cdot D_{mt}, \quad (3.16)$$

где R_{lim} – максимально возможное сбраживание беззольного ве-

щества осадка, %;

K_r – коэффициент, зависящий от влажности осадка, принимаемый по таблице 3.1.

Величину R_{lim} , %, определяют в зависимости от химического состава осадка по формуле

$$R_{lim} = 100 \cdot (0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (3.17)$$

где $Ж$, $У$ и $Б$ – содержание соответственно жиров, углеводов и белков, г, на 1 г беззольного вещества осадка.

При отсутствии данных о химическом составе осадков для ориентировочных расчетов принимают для осадка первичных отстойников $R_{lim} = 53$ %, для избыточного активного ила $R_{lim} = 44$ %. Для смеси осадка с активным илом значение R_{lim} определяют по среднеарифметическому соотношению компонентов по беззольному веществу

$$R_{lim} = \frac{53 \cdot Q_{mud}^{бз} + 44 \cdot Q_i^{бз}}{Q_{mud}^{бз} + Q_i^{бз}}, \quad (3.18)$$

Принимают типовые метантенки и определяют их количество, шт, по формуле

$$N = \frac{W}{W_{min}^m} \geq 3, \quad (3.19)$$

где W_{min}^m – объем типового метантенка (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Конструктивные размеры метантенков

Номер проекта	D , м	Полезный объем, 1 м^3	Высота, м			Строительный объем, м^3	
			верхнего ко- нуса $H_{вк}$	цилиндриче- ской части $H_{ц}$	нижнего ко- нуса $H_{нк}$	здания об- служивания	газового ки- ооска
902-5-38.87	12,3	1000	1,9	9,6	2,15	652	100
902-5-39.87	14,0	1600	2,35	11,8	2,6	2035	112
902-5-40.87	16,6	2500	2,5	12,5	3,05	2094	136
902-5-41.87	19,2	4000	2,9	14,7	3,5	2520	174
Ново-Курьяновской станции	18,0	6000	3,15	18,0	3,5	2700	170
Люберецкой станции	22,4	8000	4,45	16,3	3,7	2000	170
902-5-18.86	22,75	9000	4,52	17,88	3,62	–	–

Определяют расход газа, выделяемого в процессе сбраживания, м³/сут, и объем газгольдеров, м³

$$Q_{\Gamma} = \frac{R_{\text{lim}} \cdot (100 - P_{\text{см}}) \cdot (100 - Z_{\text{см}}) \cdot Q_{\text{общ}}}{100 \cdot \rho}, \quad (3.20)$$

$$W_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma} \cdot t}{24}, \quad (3.21)$$

где t – время хранения газа, принимают 2-4 часа.

Определяют количество газгольдеров по формуле

$$N_{\Gamma} = \frac{W_{\Gamma}}{W_{\Gamma}^{\Gamma}}, \quad (3.22)$$

W_{Γ}^{Γ} – объем типового газгольдера.

3.3 Аэробная стабилизация осадков

Метод аэробной стабилизации заключается в длительном аэрировании осадков в сооружениях типа аэротенков глубиной 3-5 м, типовых аэробных минерализаторах, разработанных ЦИТП и приведенных на рисунке 3.6.

Использование других емкостей, построенных на станциях аэрации, например переоборудованных отстойников, уплотнителей и неиспользуемых метантенков возможно, но может привести к ухудшению эффективности процесса и увеличению расхода электроэнергии. Метод стабилизации наиболее применим к избыточному активному илу, который из-за высокой влажности и значительного содержания белковых веществ сбраживается в метантенках менее интенсивно с более низким газовыделением.

Процесс аэробной стабилизации подобен процессу очистки сточных вод в аэротенках при помощи активного ила, который интенсивно растет, развивается за счет имеющегося питательного субстрата, а затем самоокисляется, после чего образуется один вид осадка, не способный к загниванию. Это сложный биохимический процесс окисления эндогенных и экзогенных органических субстратов в аэробных условиях. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация протекает в одну стадию:



с последующим окислением NH_3 до NO_2 .

уплотненный активный ил и его смесь с осадком первичных отстойников. При стабилизации только активного ила, как было сказано, процесс рассматривают как завершающую ступень очистки сточных вод, в этом случае продолжительность стабилизации зависит от возраста ила. Чем больше возраст ила, тем короче период стабилизации. При стабилизации смеси ила с осадком происходит выделение ферментов, катализирующих окисление экзогенных субстратов осадка. Степень распада органического вещества и продолжительность процесса зависят от соотношения количеств сырого осадка и активного ила, концентрации органических веществ, интенсивности аэрации, температуры и пр. Процесс аэробной стабилизации происходит обычно в психрофильной-мезофильной зоне жизнедеятельности микроорганизмов при температуре от 10 до 42 °С и затухает при температуре менее 8 °С.

Продолжительность процесса стабилизации составляет 2-12 суток и зависит от типа осадка. Удельный расход воздуха следует принимать 1-2 м³/ч на 1 м³ объема стабилизатора при интенсивности аэрации не менее 6 м³/(м²·ч).

По сравнению с анаэробной стабилизацией процесс аэробной стабилизации:

1 Более прост в конструктивном оформлении и не взрывоопасен.

2 Более устойчив к составу осадка.

3 Обеспечивает получение биологически стабильных продуктов, хорошие показатели водоотдачи вследствие более низкого удельного сопротивления.

4 Считается более экономичным при производительности очистных сооружений до 50-100 тысяч м³/сут, но в общем случае зависит от схемы обработки осадков.

В литературе широко приведены схемы аэробной и анаэробно-аэробной стабилизации осадков.

3.3.1 Расчет аэробных минерализаторов. В качестве аэробных минерализаторов приняты типовые, показанные на рисунке 3.6. В аэробные минерализаторы направляют уплотненный избыточный активный ил.

Количество избыточного активного ила по сухому веществу, т/сут, определяют по формуле:

$$Q_i^s = \frac{P_i - a_t \cdot Q_{cym}^{mid} \cdot n}{16}, \quad (3.24)$$

где P_i , a_t , Q_{cym}^{mid} , n – условные обозначения, приведенные в п. 3.2.6.

Количество избыточного активного ила фактической влажности, м³/сут, определяют по формуле

$$Q_i = \frac{Q_i^s \cdot 100}{100 - P_{ii} \cdot \gamma}, \quad (3.25)$$

где P_{ii} , %, – влажность избыточного активного ила, зависит от дозы ила;

γ – объемная масса активного ила, т/м³, равна единице.

Количество беззольного вещества в активном иле, т/сут

$$Q_i^{\text{бз}} = \frac{Q_i^s \cdot (100 - S_i) \cdot (100 - B_{\Gamma})}{10^4}, \quad (3.26)$$

где S_i – зольность активного ила, %, равная 28-30 %;

B_{Γ} – гигроскопическая влажность активного ила в %, равная 5-7 %.

Принимают степень распада активного ила $R_i = 0,2-0,4$ (20-40) %.

Определяют количество оставшегося беззольного вещества в стабилизированном иле, т/сут

$$Q_{icm}^{\text{бз}} = Q_i^{\text{бз}} \cdot (1 - R_i), \quad (3.27)$$

Количество сухого вещества в стабилизированном иле, т/сут

$$Q_{icm}^s = (Q_i^s - Q_i^{\text{бз}}) + Q_{icm}^{\text{бз}}, \quad (3.28)$$

Влажность стабилизированного ила, %

$$P_{icm} = 100 - \frac{(100 - P_{ii}) \cdot (100 - S_i) \cdot (100 - R_i)}{10^4}, \quad (3.29)$$

Зольность стабилизированного ила, %

$$S_{icm} = 100 \cdot \left(1 - \frac{Q_{icm}^{\text{бз}}}{Q_{icm}^s} \right), \quad (3.30)$$

Продолжительность аэробной стабилизации, сут

$$t = t_c + 0,02 \cdot (10 - T_a) \cdot (1 + 5) \cdot 1,08^{20 - T_c}, \quad (3.31)$$

где t_c – период стабилизации, принимаемый по нормам, сут,

$t_c = 2-5$ – для уплотненного активного ила;

$t_c = 5-7$ – для сырого осадка и уплотненного активного ила;

$t_c = 8-12$ – для смеси сырого осадка и уплотненного активного ила;

T_a – среднегодовая температура в аэротенках, °С;

T_c – то же в аэробных минерализаторах, °С, $T_c = T_a - (2-3)$ °С;

τ – возраст ила, сут

$$\tau = \frac{t_o \cdot a_{icp} \cdot 1000}{c_{ex} \cdot 24}, \quad (3.32)$$

где t_o – общая продолжительность окисления воды в аэротенках, час;

a_{icp} – средняя доза ила; для аэротенков без регенерации активного ила средняя доза ила a_{icp} равна дозе ила в аэротенках a_i ;

C_{ex} – содержание взвешенных веществ в осветленной сточной воде, мг/л.

Объем аэробных стабилизаторов, м³

$$V_{as} = Q_i \cdot t, \quad (3.33)$$

Таблица 3.3 – Аэробные минерализаторы осадка сточных вод

Пропускная способность станции, тыс.м ³ /сут	Концентрация загрязнений сточных вод по взвешенным веществам, мг/л	Производительность сооружений, т/сут	Количество отделений шириной 9 м	Минерализатор		
				Длина зоны аэрации, м	Длина отстойной зоны, м	Размеры осадкоуплотнителя, м
35	150	6,3	2	30,0	9,0	3,0×9,0
	300		2	48,0		
		10,0	3	36,0		
	4		30,0			
50	150	10,0	3	36,0		
			2			
	300	18,0	4	66,0	15,0	
			2	48,0		
70	150	12,6	2	36,0	9,0	
			3			
			4			
	300	25,0	2	90,0	15,0	
			3	66,0		
			4	48,0		9,0

Принимают типовые стабилизаторы и определяют их количество

$$N = \frac{V_{as}}{W_{mun}^c} \geq 2, \quad (3.34)$$

где W_{mun}^c – объем типового стабилизатора, таблица 3.3.

Количество воздуха на аэробную стабилизацию по предварительным расчетам определяют по формуле, м³/час

$$Q_{air}^{cm} = V_{as}^T \cdot q_{y\partial}, \quad (3.35)$$

где V_{as}^T – объем принятых стабилизаторов;

$q_{y\partial}$ – удельный расход воздуха, м³/час на 1 м³ стабилизатора, принимают равным (1-2) м³/час·м³.

Количество уплотненного активного ила после стабилизатора, м³/сут

$$Q_{si}^u = \frac{Q_{icm}^s \cdot 100}{(100 - P_{si}^u) \cdot \rho}, \quad (3.36)$$

где P_{si}^u – влажность уплотненного стабилизированного ила, %, принимают 96,5-98,5 %;

ρ – объемная масса уплотненного стабилизированного ила, т/м³, равная единице.

Количество иловой воды после стабилизаторов, которую направляют в аэротенки, м³/сут

$$Q_u = Q_i - Q_{si}^u, \quad (3.37)$$

3.4 Реагентная стабилизация осадков

Анаэробная и аэробная стабилизация осадков, приведенная выше, относящаяся к биологической, обеспечивает наиболее глубокое разложение органических веществ, но требует больших объемов сооружений. В тех случаях, когда необходима стабилизация осадков с минимальными капитальными вложениями, используют химические (реагентные) методы обработки.

Введение реагентов не влияет на количество биологически разрушаемых органических веществ, а оказывает в основном бактерицидное действие.

Для быстро загнивающих жидких осадков можно применять сильные окислители, такие как хлор или перекись водорода.

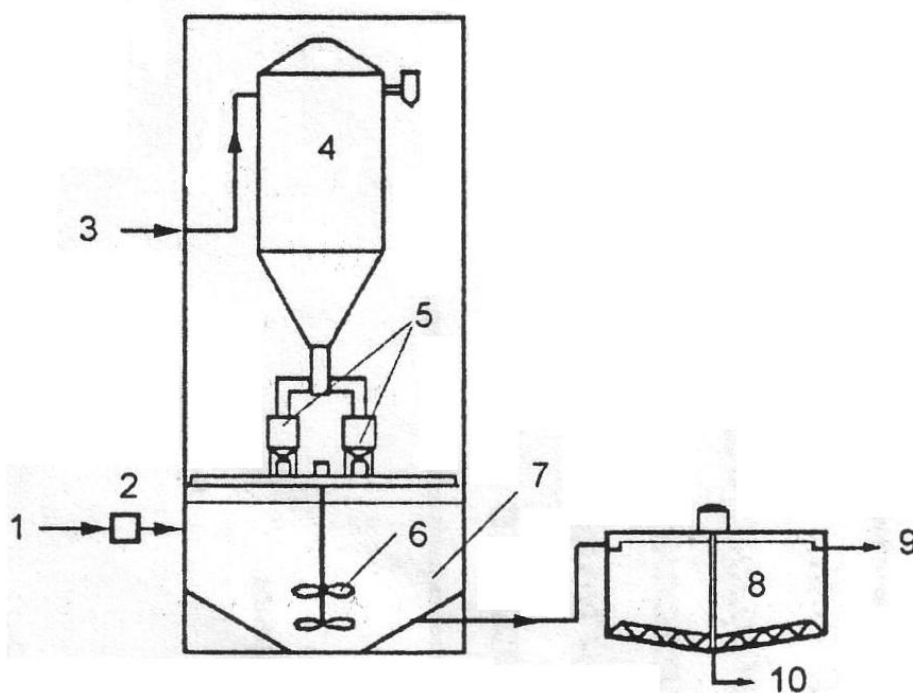
Химическую стабилизацию осадков применяют в качестве временного процесса обработки осадков в период, когда в сооружениях, предназначенных для основного вида обработки – анаэробной или

аэробной стабилизации, проводят ремонт или профилактические работы.

Применение реагентной стабилизации возможно при расширении существующих сооружений по биологической минерализации, сжиганию или тепловой обработке, если обнаруживается недостаток в источнике тепла или количество осадка оказывается больше реальной производительности сооружений.

Обработка осадков реагентами позволяет расширить существующие или построить новые сооружения с целью более глубокого обеззараживания осадков и уничтожения неприятного запаха.

Из существующих реагентов наиболее часто применяют известь, вследствие ее низкой стоимости. Эффективность действия извести зависит от того, используется она для обработки жидких или обезвоженных осадков. Добавление извести в жидкий осадок увеличивает его щелочность и рН, временно останавливает кислое брожение, сопровождающееся дурным запахом. Известь часто используют при уплотнении осадка, особенно сырого, что улучшает его первоначальную фильтруемость.



- 1 — подача осадка; 2 — дробилка; 3 — подача известкового раствора;
4 — резервуар известкового молока; 5 — расходные баки известкового
молока; 6 — механическая турбинная мешалка; 7 — смеситель;
8 — осадкоуплотнитель; 9 — отвод иловой воды; 10 — выпуск осадка

Рисунок 3.7 — Стабилизация осадка раствором извести

Количество извести, используемое для стабилизации сырых осадков, составляет около 10 % массы сухого вещества. Конкретная доза может изменяться в зависимости от состава осадка, метода обработки, температуры и продолжительности уплотнения.

В то же время после обработки известью жидкий осадок долго не хранится, так как иловые частицы разрушаются, восстанавливается способность к брожению, щелочная буферность среды снижается.

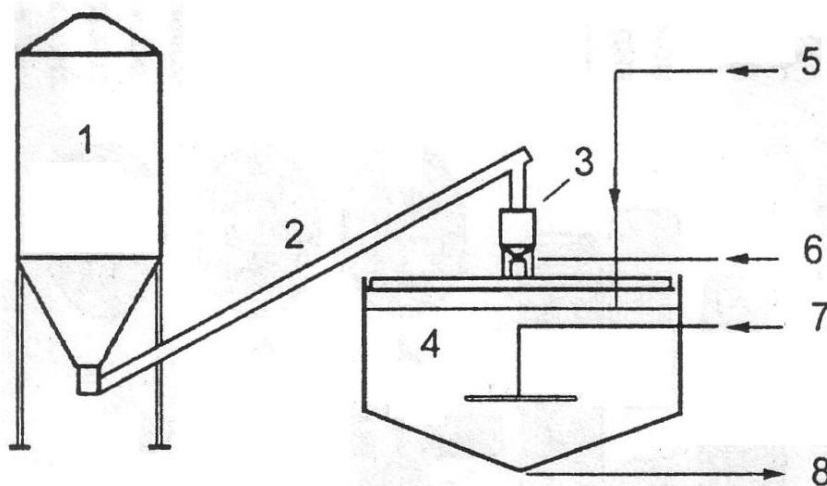
Обработка известью обезвоженных осадков оказывает более длительный эффект. Чем меньше содержание воды в осадке, тем более он устойчив к развитию процессов кислого брожения.

Известкование осадков сточных вод одновременно позволяет существенно снизить в них содержание патогенных организмов.

С повышением рН осадка более 11 содержание колиформ снижается с 10^9 до 10^3 штук на 1 г сухого вещества. Сальмонеллы практически полностью исчезают при дозе извести до 30 % по сухому веществу осадка.

Развитие патогенной флоры после стабилизационной обработки известью минимально.

На рисунке 3.7 показана схема установки для стабилизации осадка раствором извести.



1 – резервуар-бункер сухой извести; 2 – шнек; 3 – объемный дозатор; 4 – смеситель; 5 – подача осадка на обработку; 6 – вода; 7 – воздух для перемешивания; 8 – выпуск обработанного осадка

Рисунок 3.8 – Стабилизация осадка сухой известью

Обрабатываемый осадок подается в смесительный резервуар, в который дозируется известковое молоко для доведения рН осадка до 11-12. Продолжительность пребывания осадка в этом резервуаре со-

ставляет 2 часа. После этого осадок подвергается сгущению в гравитационном уплотнителе. Отделенная иловая вода подается перед первичными отстойниками. Обработанный осадок отстаивается в течение нескольких часов, при этом объем уменьшается. В качестве резервуара-уплотнителя можно использовать иловые пруды.

Использование сухих реагентов существенно снижает затраты на их доставку и хранение, упрощает дозирование. Сами установки становятся компактнее. Схема установки показана на рисунке 3.8.

Глава 4 Кондиционирование осадков

4.1 Коагулирование осадков

Кондиционированием называют предварительную обработку осадков перед стадией обезвоживания, направленную на улучшение водоотдающих свойств. Основными способами кондиционирования осадков являются обработка неорганическими реагентами и полиэлектrolитами, тепловая обработка, замораживание и оттаивание. При обезвоживании сброженных осадков на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах их необходимо подготовить. Подготовка заключается в **коагулировании осадков** – введении электролитов – растворов хлорного железа, сернокислого окисного железа, хлорированного железного купороса, хлоргидрата алюминия и других реагентов в сочетании с известью. При коагулировании происходит укрупнение и объединение в хлопья тонкодисперсных и коллоидных частиц и значительно улучшается процесс обезвоживания. Применяемые дозы реагентов лежат в пределах 0,5-20 % массы сухого вещества осадков и зависят от свойств осадков и типа реагентов. Для снижения дозы реагентов и удельного сопротивления фильтрации перед коагулированием и обезвоживанием осуществляют промывку сброженных осадков очищенной сточной водой и последующим уплотнением. Расход промывной воды составляет 1-5 м³/м³ осадка, продолжительность уплотнения 5-20 часов. Смешение осадка с промывной водой или промывка в течение 5-10 минут. Уплотнение в радиальных отстойниках.

При решении проблемы обработки осадков городских сточных вод большое значение придается применению безреагентных способов изменения их физико-химических свойств. Одним из эффективных способов повышения водоотдачи осадков является их термическая обработка с использованием как высоких, так и низких температур.

4.2 Тепловая обработка

Тепловая обработка – это нагревание осадков до температуры 170-220 °С при давлении 1,2-2 МПа, соответствующем давлению насыщенных водяных паров при данной температуре, с выдержкой при указанных параметрах в течении 30-120 минут в зависимости от свойств исходных осадков.

В процессе тепловой обработки происходит распад органических веществ, в основном белков, их растворение и переход из твердой фазы осадков в жидкую. При этом изменяется структура осадков, их зольность и частично химический состав, достигается улучшение водоотдачи и обезвреживание осадков. Тепловой обработке могут подвергать как сырые, так и сброженные осадки.

В процессе тепловой обработки снижается удельное сопротивление осадков с исходной величины до величин, позволяющих обезвоживать осадки на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах без обработки химическими реагентами.

При уплотнении осадков, подвергнутых тепловой обработке, объем их сокращается в 2-4 раза, влажность обезвоженных осадков колеблется от 40 до 75 % в зависимости от свойств осадков, режима их обработки и применяемых аппаратов.

В отечественной практике исследования по тепловой обработке осадков проводились в ОАО «НИИ ВОДГЕО».

4.3 Замораживание и оттаивание осадков

Процесс замораживания и оттаивания осадков широко изучался Туровским И.С. и Любарским В.М. При рассмотрении механизма воздействия замораживания на структуру осадков наибольшее распространение получило мнение, что разрушение клеток осадка при замораживании происходит не за счет расширения воды при ее кристаллизации, а в результате прокалывания стенок растущими кристаллами льда, имеющими острые грани.

Но как показали многочисленные исследования, основным фактором в процессе коагуляции твердой фазы осадков является способность воды перемещаться (диффундировать) к поверхности образующегося слоя льда. Механизм изменения физико-химической структуры осадков сточных вод при замораживании и оттаивании может быть представлен таким образом, что в первую очередь замерзает свободная вода, которая образует на поверхности корочку льда, молекулы ориентируются таким образом, чтобы иметь возможность достроить кристал-

лическую решетку льда. При этом твердые частицы вытесняются из слоя кристаллизуемой жидкости вглубь замораживаемого осадка. Благодаря способности воды мигрировать через стенки происходит обезвоживание клеток и ячеек коллоидов.

Таблица 4.1 – Изменение удельного сопротивления после замораживания и оттаивания

№№ п.п	Станция аэрации, тип осадка	Влаж- ность, %	$R = r \cdot 10^{-10}$, см/г	
			Исход- ное	После за- моражива- ния и от- таивания
	<u>Станция аэрации</u> <u>г. Новокузнецк</u>			
1	Сырой осадок первичных отстойников	96,38	620	84
2	То же	95,5	1470	11,0
3	То же	94	244	1,86
4	Сброженный осадок (термофильный режим)	98	3620	1,24
5	То же	94,2	952	81,0
6	То же	96	1595	15,5
7	Активный ил	99,61	1309	12
8	Аэробно-стабилизированная смесь сырого осадка и активного ила при времени стабилизации 5 сут.	96,1	647	0,86
9	То же, 10 сут, уплотненная	96,2	952	0,17
10	Смесь сброженного осадка и стабилизированного ила в течение 11 суток в соответствии 1:2	95	620	0,37
	<u>Станция аэрации</u> <u>г. Междуреченск</u>			
11	Сырой осадок первичных отстойников	90,5	1080	120
12	Уплотненный активный ил	95	635	115
	<u>Станция очистки стоков,</u> <u>г. Осинники</u>			
13	Сырой осадок	92	120	60
14	Сброженный (мезофильный режим)	98	208	16,0
15	Биопленка вторичных отстойников	96	224	60

Таким образом, замораживание позволяет улучшить не только фильтрационные свойства осадков, но и такой фактор, как разделение суспензии на две фазы при медленном протекании процесса по мере понижения температуры окружающей среды. Разделение фаз происходит так, что твердая часть осадка концентрируется на поверхности, противоположной поверхности теплообмена, т.е. у основания, в частности иловых площадок. Разделение твердой и жидкой фаз приводит к тому, что замерзание основной массы твердых частиц, в том числе и коллоидных, происходит в последнюю очередь, способствуя тем самым максимальной концентрации их у основания площадки, коагуляции и обезвоживанию твердой фазы. Перераспределение форм связи влаги при одновременном разделении твердой и жидкой фаз осадка позволяет понять и объяснить необходимость промораживания всего объема осадка для достижения максимального эффекта улучшения водоотдающей способности. Влияние замораживания и оттаивания на удельное сопротивление фильтрации приведено в таблице 4.1.

Наряду с замораживанием было исследовано зимнее испарение, которое составило от 6 до 20 % влаги от общего, и максимальное наблюдалось в термофильно-сброженном осадке.

Глава 5 Обезвоживание осадков

Обезвоживание осадков городских сточных вод осуществляется:

- в естественных условиях на иловых площадках;
- в искусственных условиях – механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах, сушильных печах.

5.1 Обезвоживание осадков на иловых площадках

Обезвоживание осадков на иловых площадках получило широкое применение, как в качестве самостоятельных для очистных сооружений малой и средней производительности, так и аварийных к цехам механического обезвоживания, проектируемых на 20 % годового количества осадка. Достоинства иловых площадок – простота их эксплуатации и устройства; надежность в работе; малая стоимость. Недостатками иловых площадок являются: большие площади занимаемых земель, дефицит которых с каждым годом стоит все более остро; длительность процесса обезвоживания и зависимость его от погодных условий; необходимость в предварительной обработке сырых осадков.

Механизм обезвоживания осадка на иловых площадках сводится к следующим процессам:

1 Расслоение осадка после его напуска на карты, образование на поверхности иловой воды и осадка на дне уплотняющегося по времени.

2 Фильтрация жидкой фазы (иловой воды) через слой осадка, удаление ее при помощи дренажа или фильтрация в грунт.

3 Испарение жидкости со свободной поверхности карт.

4 Декантация (слив иловой воды).

При обезвоживании осадков происходит образование корки на поверхности карт после испарения воды и именно более плотных верхних и нижних слоев и менее плотных средних – так называемый «пирог».

При подсушке на иловых площадках в зависимости от их конструкции и свойств осадков указанные процессы могут сочетаться друг с другом.

Таблица 5.1 – Нагрузка на иловые площадки в год, м³/м²

Характеристика осадка	Тип иловой площадки				
	на естественном основании	на естественном основании с дренажем	на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем	каскадные с верхностным удалением иловой воды	площадки-уплотнители
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
То же, в термофильных условиях	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Сброженный осадок из первичных отстойников и осадок из двухъярусных отстойников	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

В строительных нормах и правилах приведены следующие конструкции иловых площадок:

1 На естественном основании без дренажа.

2 На естественном основании с дренажем.

3 На искусственном асфальтобетонном основании с дренажем.

4 Каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании.

5 Иловые площадки-уплотнители.

Нагрузку осадка на иловые площадки, $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$, в районах со среднегодовой температурой воздуха 3-6 °С и среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм принимают по таблице 5.1.

5.1.2 Иловые площадки на естественном основании с дренажем.

Иловые площадки на естественном основании с дренажем устраивают при плотных и водонепроницаемых грунтах с трубчатым дренажем, укладываемым в дренажные канавы. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % их площади. Иловые площадки на естественном основании с дренажем показаны на рисунке 5.1.

На иловых площадках этих конструкций по С.В.Яковлеву, Ю.В.Воронову дальность разлива осадка влажностью около 97 % может составлять 75-100 м, при этом целесообразно строить площадки размером 100×100 м. При напуске на карты осадка влажностью 93-95 % дальность разлива составляет 20-25 м, а ширина карт принимается 40-50 м при двухстороннем напуске осадка.

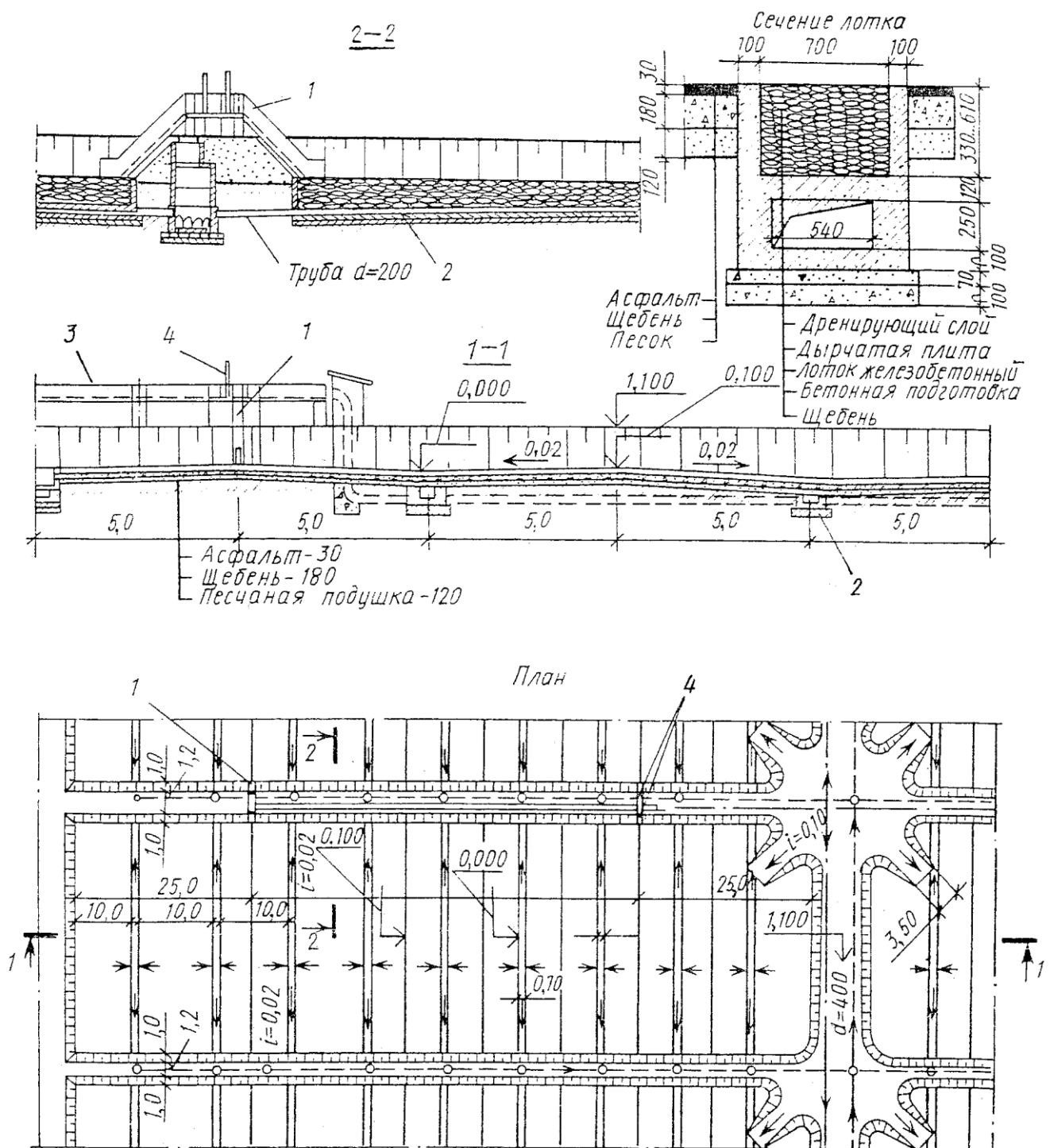
При подсушке осадка до влажности 70-75 % его сгребают бульдозерами или скреперами и вывозят автотранспортом.

На иловых площадках устраивают дороги с пандусами для съема на карты автотранспорта и средств механизации.

При проектировании следует принимать: рабочую глубину карт 0,7-1 м; высоту оградительных валиков – на 0,3 м выше рабочего уровня осадка на карте; уклон разводящих труб или лотков не менее 0,01; число карт не менее четырех.

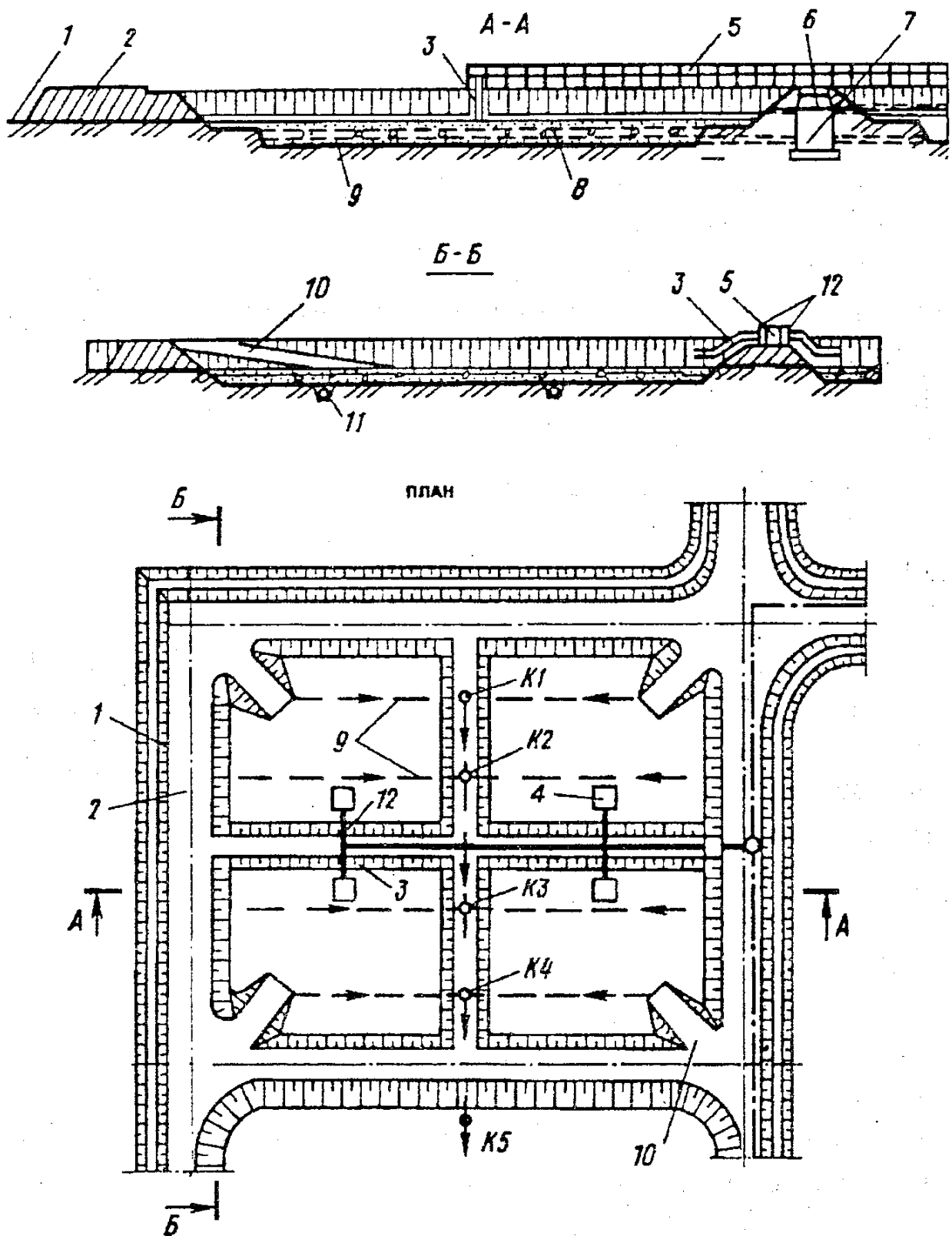
5.1.3 Иловые площадки на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем.

Иловые площадки на искусственном асфальтобетонном основании с дренажем имеют карты шириной 20-30 м, длиной 100-150 м. Вдоль карт на расстоянии 10 м друг от друга располагают дренажные лотки шириной 0,7-1,0 м и глубиной 0,4-0,6 м. Продольный уклон лотков $i = 0,02$. Конструкция площадок приведена на рисунке 5.2.



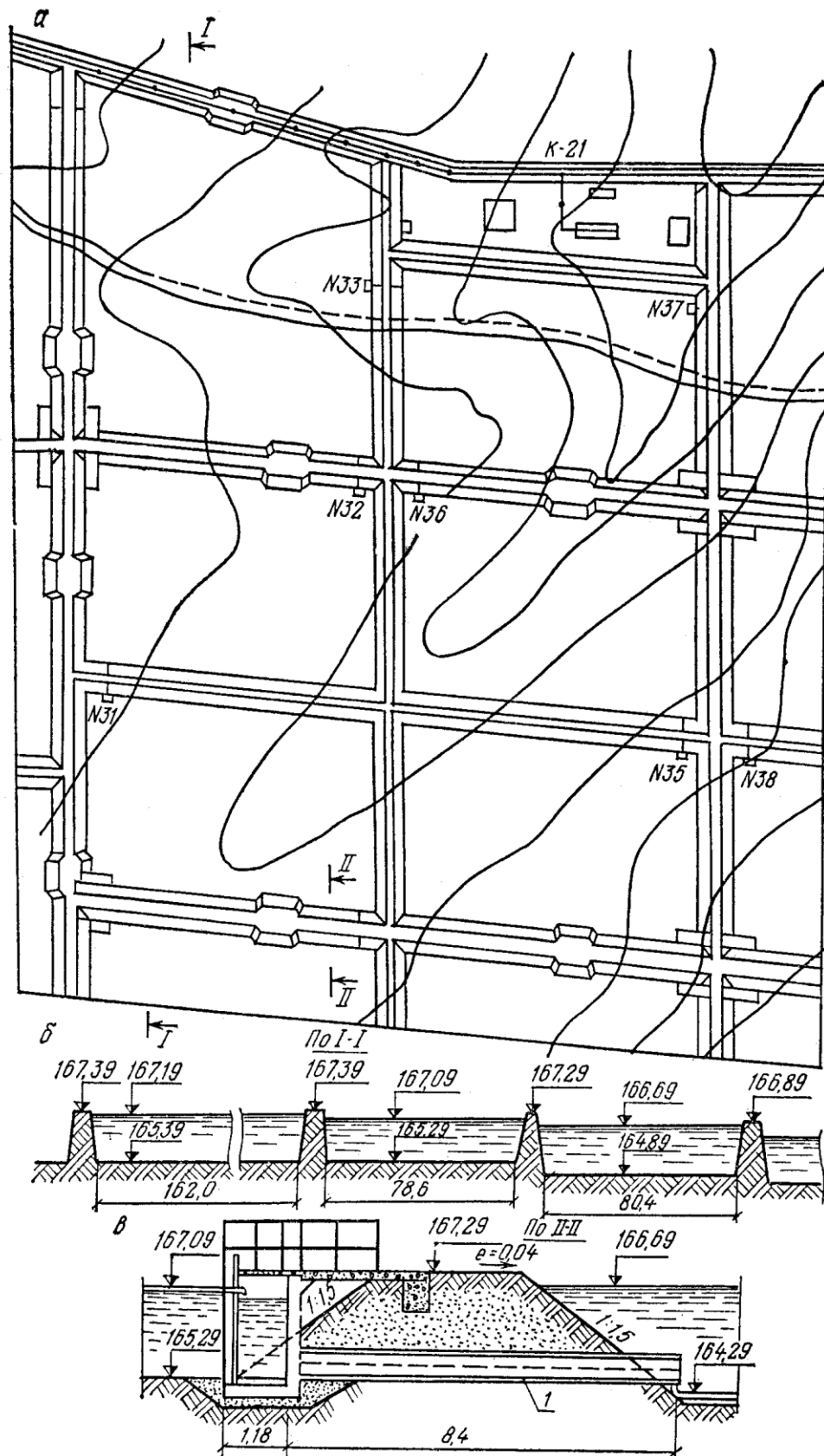
1 — кювет оградительной канавы; 2 — дорога; 3 — сливной лоток;
 4 — щит под сливным лотком; 5 — разводящий лоток; 6 — дренажный ко-
 лдец; 7 — сборная дренажная труба; 8 — дренажный слой; 9 — дренажные
 трубы; 10 — съезд на карту; 11 — дренажная канава; 12 — шиберы;
K1-K5 — колодцы

Рисунок 5.1 — Иловые площадки на естественном основании
 с дренажем



1 – сливной лоток (железобетонный); 2 – дренажный лоток (железобетонный); 3 – разводящий лоток (железобетонный); 4 – шибер

Рисунок 5.2 – Асфальтированные иловые площадки с дренажными лотками



а – план; б, в – разрезы; 1 – железобетонная труба диаметром 500 мм
 Рисунок 5.3 – Иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды

5.1.4 Иловые площадки каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании. Иловые площадки каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании получили широкое применение. После заполнения карт иловых площадок осадком и слива отстоявшейся иловой воды дальнейшее обезвоживание осадка осуществляется путем испарения с поверхности оставшейся влаги. Каскадные иловые площадки устраивают в виде 4-7 каскадов, каждый каскад состоит из 4-8 ступенчато расположенных карт. Достоинством этой конструкции является то, что сброс иловой воды с верхних карт ускоряет процесс обезвоживания осадка на них; недостатком, что при этом происходит взмучивание осадка на нижележащих картах. Схема каскадных иловых площадок с поверхностным удалением иловой воды показана на рисунке 5.3.

5.1.5 Иловые площадки-уплотнители. Иловые площадки-уплотнители являются усовершенствованным видом площадок каскадного типа. Они представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары (карты) с отверстиями, расположенными в продольной стенке на разных глубинах и перекрытых шиберами. Для выпуска иловой воды, выделяющейся при отстаивании осадка, по высоте продольных стен карт-резервуаров устраивают отверстия, перекрываемые шиберами. Иловая вода направляется на очистку в голову очистных сооружений. Расстояние между выпусками иловой воды устанавливают не более 18 м. Для механизированной уборки высушенного осадка устраивают пандусы с уклоном до 12 %.

Недостатками приведенных иловых площадок являются:

1 Неспособность дренировать и отводить иловую воду осадка в период весеннего таяния, так как дренаж заморожен и длительное время находится в таком состоянии (особенно в условиях Сибири).

2 Невозможность отведения иловой воды осадка с любой глубины.

3 При заполнении карт осадок расслаивается, нижний слой уплотняется, увеличивается его удельное сопротивление и как следствие скорость фильтрации сначала снижается, затем практически прекращается.

4 Низкие годовые нагрузки.

5.1.6 Иловая площадка с гравийными колодцами. Была разработана новая конструкция иловой площадки, в которой дренаж в виде гравийных колодцев вынесен на поверхность иловой площадки, что создает определенные преимущества при обезвоживании и эксплуатации. Гравийные колодцы выполнены из двойной арматурной сетки, заполненных по периметру гравием. Сетка выполнена из арматуры диаметром 10 мм. Шаг прутьев арматуры, расположенных вертикально, 20 мм, горизонтально – 400-500 мм, таким образом – стенка колодца двойная, заполненная сортированным гравием или дробленным щебнем. Подбран оптимальный фракционный состав 1-5 см, в котором гравия крупностью 1 см – 49,2-50 %; крупностью 2 см – 33,8 %; крупностью 3-5 см – 17 % от общего объема гравия. Концентрации загрязнений в фильтрате составили при обезвоживании термофильно-сброженного осадка – через 2 часа работы карты 800-1500 мг/л по взвешенным веществам, 700-1600 мг/л по БПК₂; через 3 часа работы 800-1200 по взвешенным веществам.

Конструкция иловой площадки показана на рисунке 5.4.

Иловая площадка содержит естественное основание со съездами на карты и устройством дорожек из твердого покрытия для автотранспорта и средств механизации или асфальтобетонное основание для уборки подсушенного осадка. Высоту колодцев принимают 1,5-2,0 м. Основание колодца выполняют из бетона, как в канализационных колодцах самотечной канализации. Размеры карт принимают из условий растекания осадка и его свойств, приведенных выше; длину в соответствии с количеством образующегося осадка и возможностью механизированной уборки. Заполнение карт вести на глубину 1,2-1,7 м в зависимости от типа, свойств осадков и климатических условий, в связи с которыми осадок должен быть заморожен по всей глубине. После подсушки осадка до заданной влажности и уборки его, образующаяся пленка из осадка на внешней стороне колодца растрескивается и отпадает. При промораживании фильтрующих стенок колодца, при весеннем таянии происходит их декольматация за счет выноса оттаявшей иловой водой частиц осадка.

Применение предлагаемой конструкции иловой площадки позволит: интенсифицировать процесс обезвоживания за счет декантации иловой воды; принимать нагрузку на иловые площадки $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

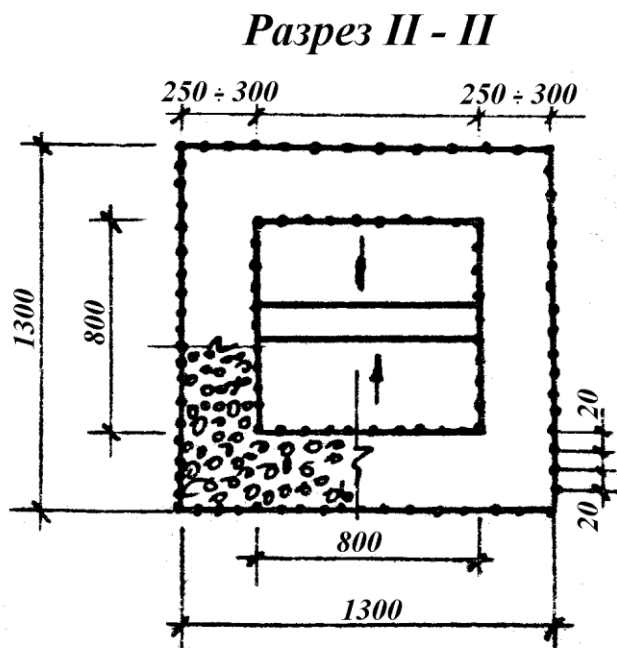
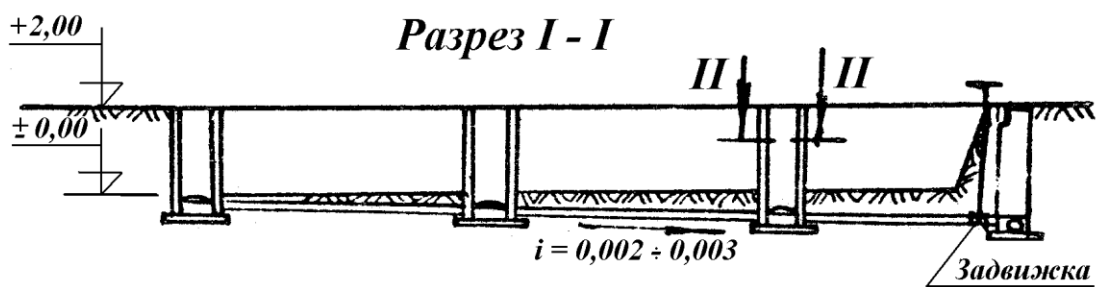
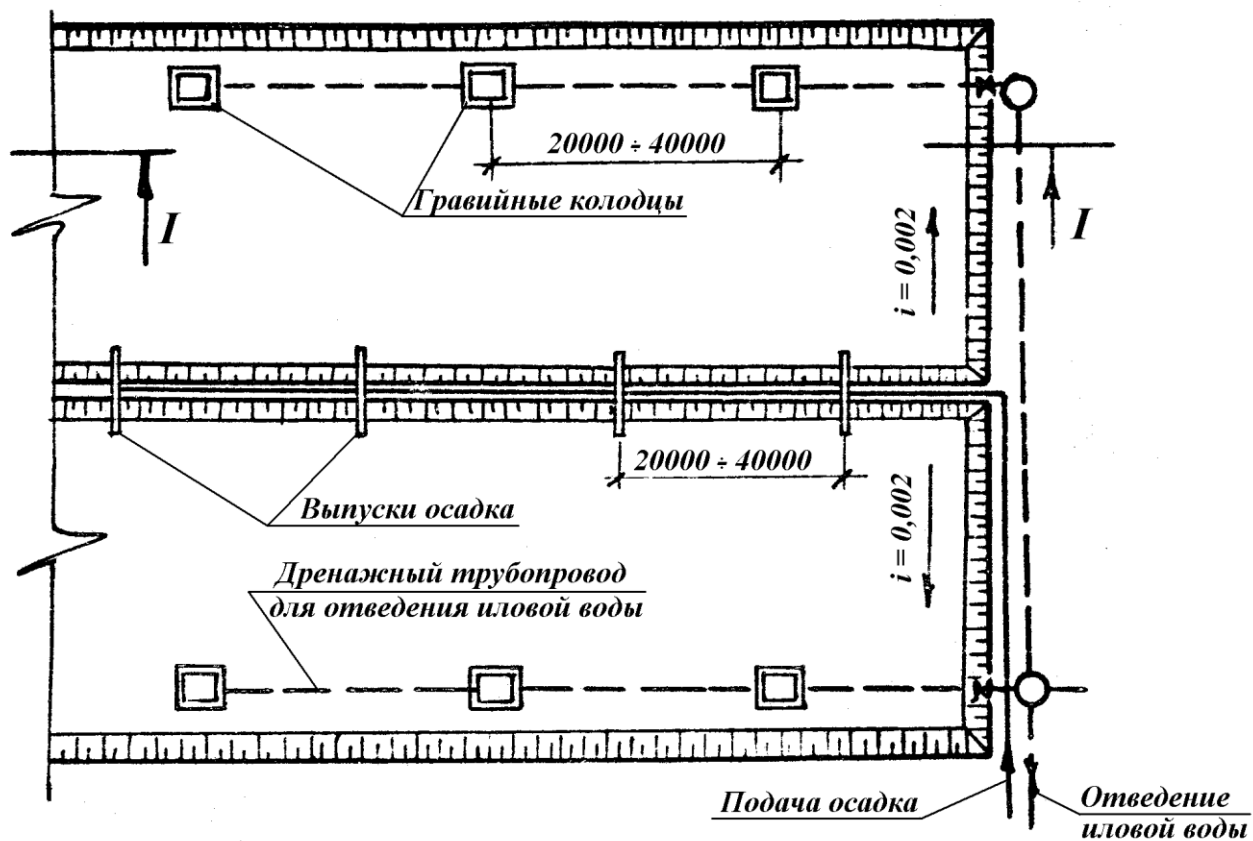
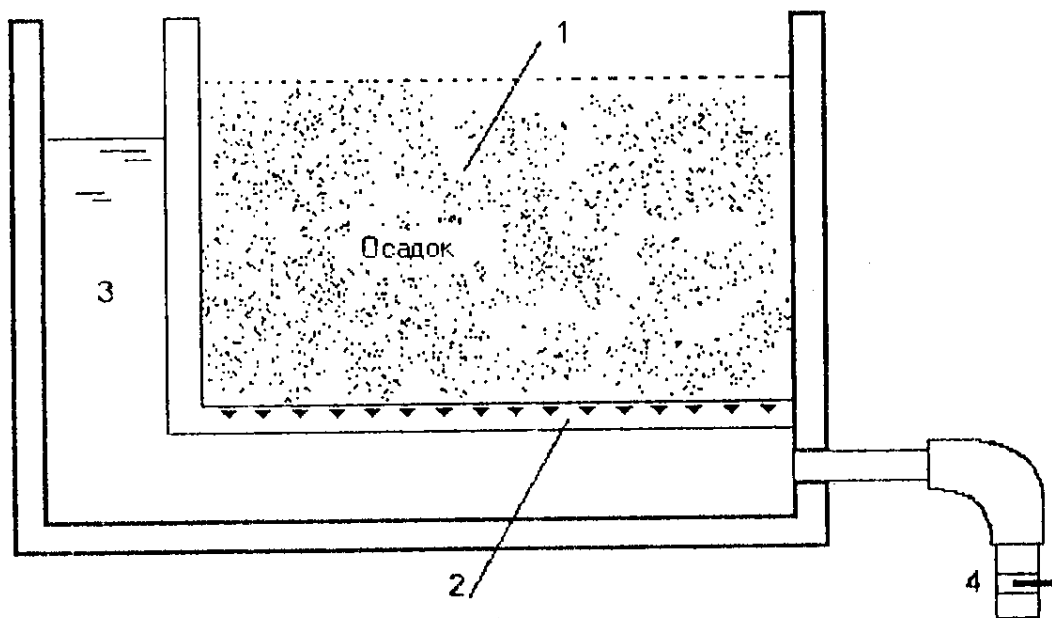


Рисунок 5.4 – Иловая площадка с гравийными колодцами

Разработана **фильтрующая площадка с горизонтальным дренажем**. Она представляет собой мелкий прямоугольный резервуар с водонепроницаемыми стенками и ложным днищем из специальных панелей. Эти панели имеют клиновидные отверстия размером 1-4 мм. Границу ложного днища делают водонепроницаемой, а стыки между панелями и стенками заделывают. Схема фильтрующей иловой площадки показана на рисунке 5.5.



1 – зона уплотнения; 2 – перегородка с клиновидными прорезями;
3 – камера контроля уровня фильтрата; 4 – выпускной клапан, регулирующий скорость фильтрации

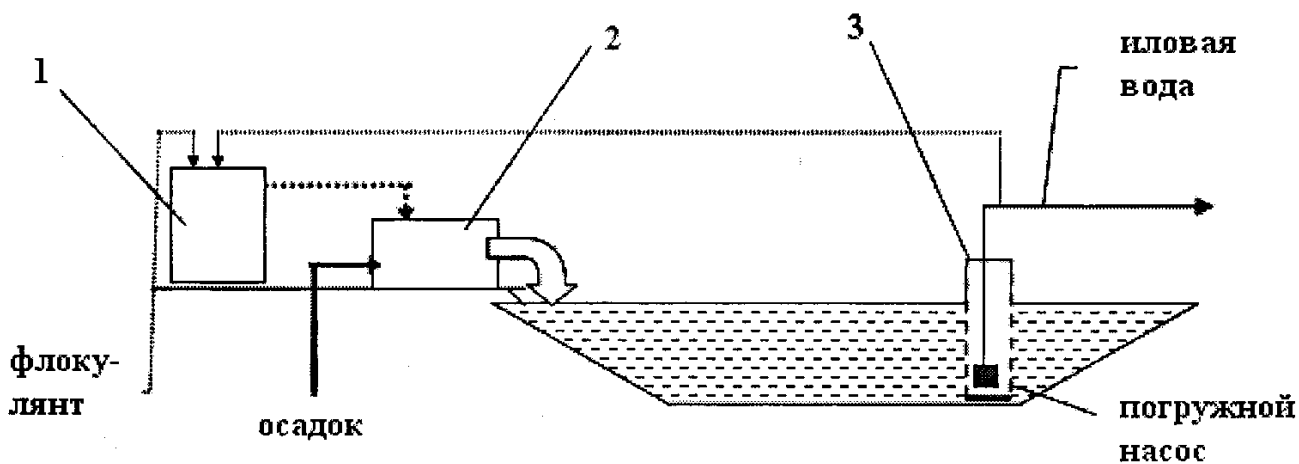
Рисунок 5.5 – Схема фильтрующей иловой площадки

На одной из стенок площадки предусмотрен выпускной клапан, связанный с пространством под ложным днищем. Контролируемая скорость дренажа обеспечивается введением слоя воды в систему до определенного уровня над ложным днищем. Затем медленно вводится осадок и при соответствующих условиях поддерживается на слое воды. После подачи требуемого количества осадка, первоначально введенная вода и иловая вода из осадка просачивается через ложное дно. Скорость фильтрации поддерживается постоянной за счет постоянного напора перед выпускной задвижкой. Для успешного процесса обезвоживания необходимо, чтобы осадок и исходный слой воды не смешивались. Техника обезвоживания осадка на таких площадках предусматривает контролируемое образование слоя кека на поверхности раздела осадка и фильтрующей среды, прежде чем сколь-нибудь значительное количество мельчайших частиц попадет на эту поверхность или в отверстия

ложного днища и окажется в фильтрате. Производительность фильтрующей площадки по сухому веществу составляет 2,4-4,8 кг/м² за одну загрузку.

Кондиционирование осадка перед обезвоживанием на иловых площадках существенно сокращает продолжительность процесса обезвоживания, увеличивает нагрузку и улучшает показатели подсушенного осадка.

5.1.7 Иловые площадки с вертикальным дренажем. Разработана и запатентована новая технология обезвоживания осадков на иловых площадках в ООО НПФ «Экологическая химия» к.х.н. Ивановой М.Г. и Ивановым Н.А. Один из патентов № 33113 выдан на иловую площадку с вертикальным дренажем в виде колодца. Колодец из листовой стали с прорезями лазерной нарезки, трапециевидного сечения не более 2 мм, через которые происходит механическое процеживание иловой воды.



1 – установка приготовления раствора флокулянта 2 – ершовый смеситель с лотком 3 – устройство для сбора иловой воды

Рисунок 5.6 – Принципиальная схема обезвоживания осадков на иловой площадке

Второй патент № 2252195 выдан на способ обезвоживания осадков. Особенностью этого способа является введение в осадок, подаваемый на иловые площадки флокулянта «Сибфлок-718», который оказался лучшим по сравнению с флокулянтами «Зетаг» и «Праестол». По предлагаемой технологии осадок (сырой осадок первичных отстойников или его смесь с активным илом) перед подачей на иловые площадки обрабатывался флокулянтом «Сибфлок-718», доза флокулянта составляла для сырого осадка первичных отстойников 1,5 кг/т сухого вещества осадка и 2,5-3 кг/т для смеси сырого осадка и избыточного активного

ила. Флокулянт разводился технической водой. В месте подвода осадков установлен смеситель для смешения с раствором флокулянта. Принципиальная схема обезвоживания осадков показана на рисунке 5.6.

Напуск осадков осуществляется поочередно, сначала на одну до проектной отметки (глубина карты – 3,0 м), затем последующую и т.д. Особенностью обезвоживания осадков на иловых площадках такой конструкции является то, что сфлокулированный осадок сразу при поступлении на карты имеет структуру крупных образовавшихся хлопьев и отделившейся иловой воды, которая процеживается в колодец. Иловую воду из колодца практически сразу начинают откачивать, и откачка велась круглосуточно. Цикл напуска осадка на иловые площадки составляет 3-10 суток в зависимости от объема образующегося осадка и интенсивности поступления иловой воды в колодец. Количество взвешенных веществ в иловой воде составляет (0,2-0,8) г/л.

Универсальность технологии в применении комбинированной схемы обезвоживания осадков: во-первых в обезвоживании старых, заполненных карт с осадком путем дозирования в них раствора флокулянта; во-вторых механическое обезвоживание осадка в зимний период и на иловых площадках в летний с использованием флокулянта. Были получены положительные результаты круглогодичного обезвоживания осадков, включая зимний период. Технология обезвоживания осадков по предложенным схемам внедрена на очистных сооружениях канализации городов: Новосибирск, Дивногорск, Новокузнецк, Стрижевое (Тюменская обл.) и ряде других городов.

Применение флокулянта Сибфлок при обезвоживании осадков на иловых площадках позволяет обеспечить быстрое отделение иловой воды, для сбора и отведения которой достаточно одного колодца на площадь 0,9-1,2 га. Модифицированный флокулянт Сибфлок снижает удельное сопротивление и влажность осадка при обезвоживании до показателей, сравнимых с показателями при механическом обезвоживании. Опыт обезвоживания осадков с применением флокулянта Сибфлок на иловых площадках и специального устройства в виде колодца для удаления иловой воды показал, что нагрузку на иловые площадки можно увеличить до **(10-15) м³/(м²·год)**.

Интенсификация работы иловых площадок необходима для увеличения нагрузки, а соответственно уменьшения площадей иловых площадок, сокращения продолжительности обезвоживания и т.д.

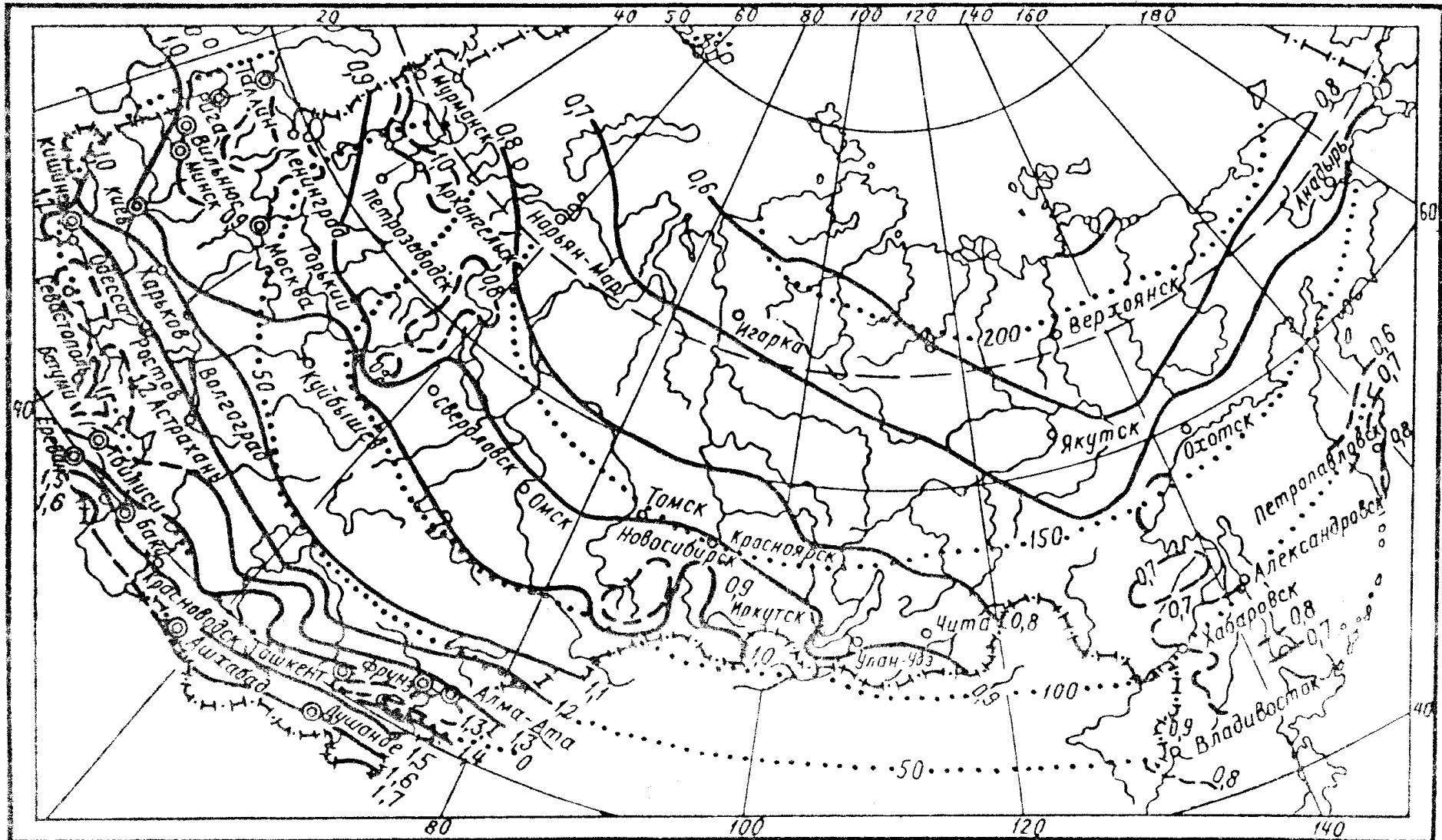


Рисунок 5.7 – Климатические коэффициенты для определения величины нагрузки на иловые площадки (сплошные и пунктирные линии) и продолжительности периода намораживания на иловых площадках, дни (точечные линии)

Увеличение производительности площадок возможно за счет проведения следующих мероприятий:

- уплотнения осадка, подаваемого на площадки;
- обеспечения механического ворошения и своевременного удаления высушенного осадка с иловых площадок;
- кондиционирования осадка перед подачей на иловые площадки;
- продувки воздухом осадка непосредственно на площадке;
- устройства над площадкой полупрозрачного покрытия или общего покрытия тепличного типа с соответствующими системами вентиляции;
- использования вакуумных систем для ускорения фильтрации;
- устройства систем подогрева осадка непосредственно на иловых площадках;
- соблюдения режима замораживания и оттаивания для сибирских условий;

Расчет иловых площадок

На иловые площадки направляют сброженный осадок из метантенков.

Полезная площадь иловых площадок, m^2 , определяется по формуле

$$F_{пол} = \frac{Q_{общ}}{q \cdot K}, \quad (5.1)$$

где $Q_{общ}$ – общее количество сброженного осадка;

q – годовая нагрузка на иловые площадки, принимаемая по таблице 5.1;

K – коэффициент, зависящий от климатических условий, принимаемый по рисунку 5.7.

Определяют общую площадь иловых площадок, m^2 , по формуле

$$F_{общ} = F_{пол} \cdot (2 - 1,4), \quad (5.2)$$

где 1,2-1,4 – коэффициент, учитывающий валики и дороги.

Определяют высоту намораживания иловых площадок, м, по формуле

$$h_{нам} = \frac{Q_{общ} \cdot t \cdot K_2}{F_{пол} \cdot K_1}, \quad (5.3)$$

где t – продолжительность периода намораживания: число дней в году со средней температурой воздуха ниже $-10^\circ C$, принимается по рисунку 5.7.

K_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение объема осадка вследствие зимней фильтрации и испарения; $K_2 = 0,75$;
 K_1 – коэффициент, учитывающий часть площади, отводимой под зимнее намораживание.

Определяют объем подсушенного осадка за год, m^3 , по формуле

$$W = \frac{Q_{общ} \cdot 365 \cdot (100 - P_1)}{(100 - P_2)}, \quad (5.4)$$

где P_1, P_2 – влажность сброженного осадка и обезвоженного на иловых площадках.

5.2 Механическое обезвоживание осадков

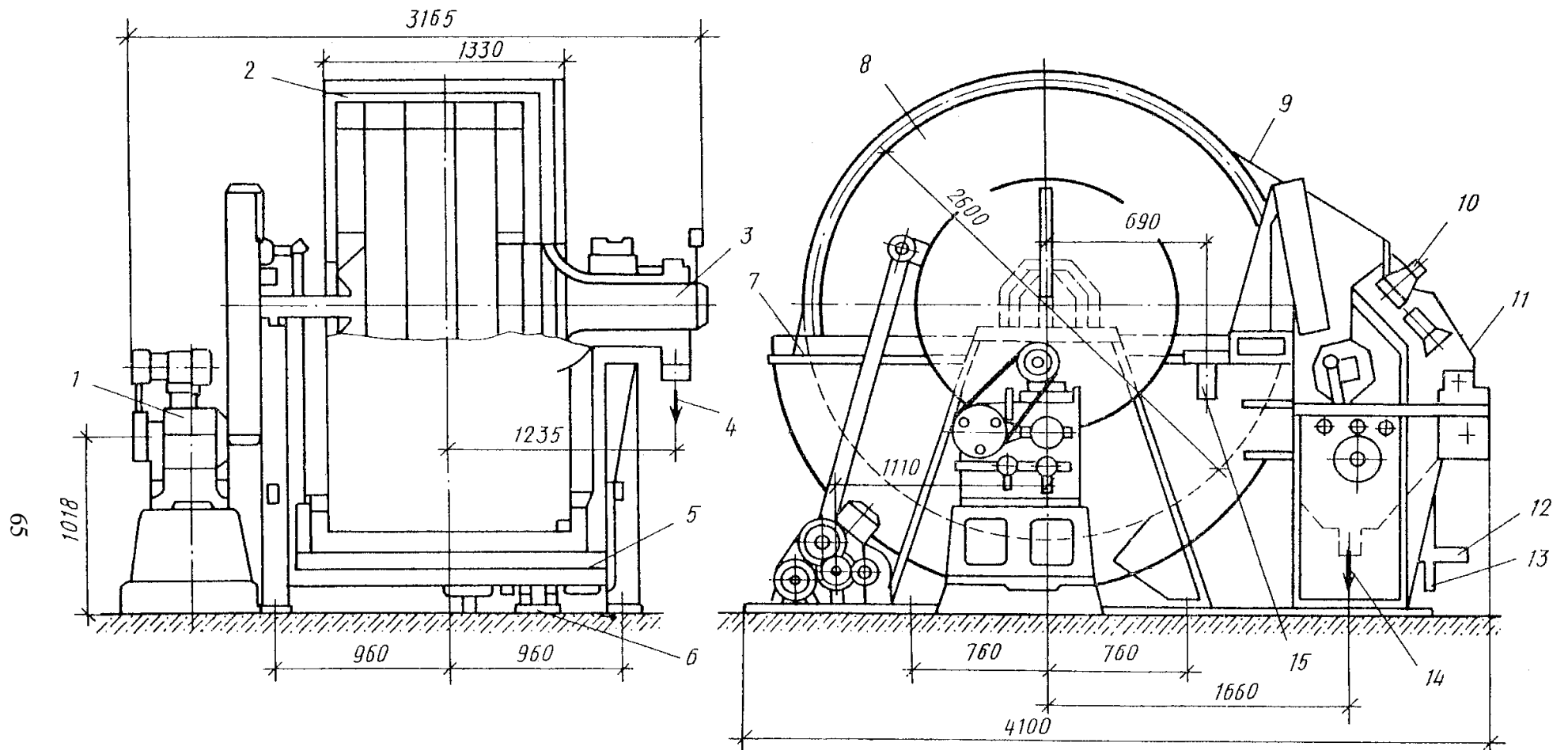
Механическое обезвоживание осадков в настоящее время стало широко применяться для больших и средних городов с развитой инфраструктурой, так как сушка осадков на иловых площадках становится нерациональной по указанным выше причинам.

Механическое обезвоживание осадков городских сточных вод осуществляется на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах.

5.2.1 Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах. Обезвоживание осадка путем фильтрования представляет собой процесс отделения твердых веществ от жидкости, происходящий при разности давлений над фильтрующей средой и под ней.

Фильтрующей средой на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах являются фильтровальная ткань и слой осадка, налипающий на ткань в процессе фильтрования. В начале цикла фильтрование происходит через ткань, в порах которой частицы осадка задерживаются и создают добавочный фильтрующий слой. При продолжении фильтрования этот слой увеличивается и представляет собой главную часть фильтрующей среды, назначение ткани сводится к поддержанию фильтрующего слоя. Подробное описание теории фильтрования приведены в работах Туровского И.С. Из вакуум-фильтров при обезвоживании осадков городских сточных вод наибольшее применение получили барабанные.

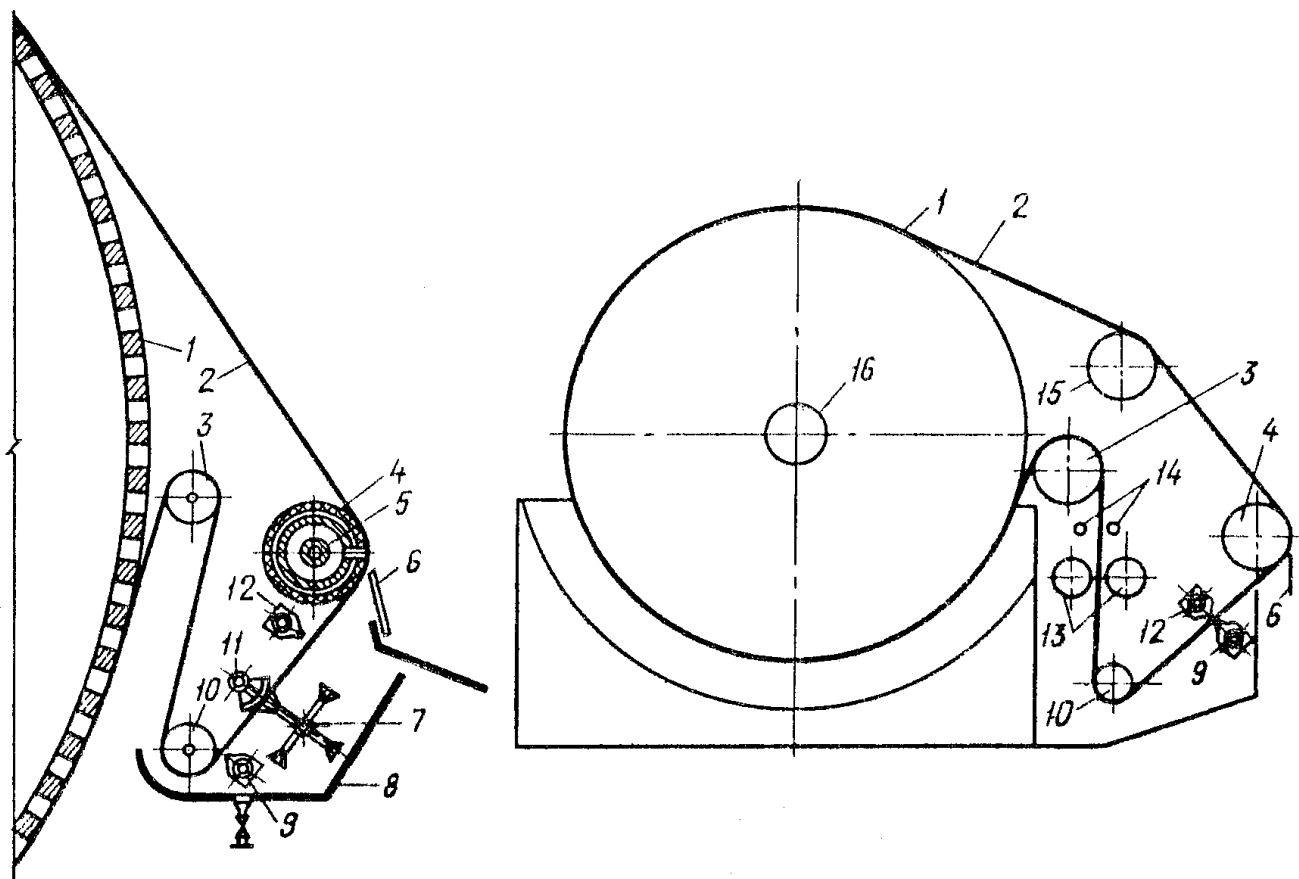
В последнее время находят применение барабанные вакуум-фильтры со сходящимся полотном, выпускаемые отечественной промышленностью. В этих фильтрах промывка и регенерация фильтровальной ткани производится непрерывно. Барабанные вакуум-фильтры показаны на рисунке 5.8.



1 – привод; 2– перфорированное сито; 3 – распределительная коробка; 4 – вакуумная линия; 5 – мешалка; 6 – сливной патрубок; 7 – корыто; 8 – барабан; 9 – фильтровальная ткань; 10 – устройство для съема осадка; 11 – подача сжатого воздуха; 12 – подача промывной воды; 13 – подача кислоты; 14 – отвод промывных растворов; 15 – привод мешалки

Рисунок 5.8 – Вакуум-фильтр марки БсхОУ-10-2,6

Барабанные вакуум-фильтры представляют собой горизонтально расположенный полый барабан, боковая поверхность которого имеет перфорированную обечайку, обтянутую фильтровальной тканью. Применяют капроновые ткани разных артикулов. Внутренняя полость барабана разделена перегородками на несколько изолированных секций (16-32) – самостоятельных камер.



- 1 – барабан фильтра; 2 – фильтровальная ткань; 3 – возвратный ролик;
 4 – отдувочно-разгрузочный ролик; 5 – воздуховод; 6 – нож; 7 – щетки;
 8 – желоб промывной воды; 9, 12 – насадки; 10 – натяжной ролик;
 11 – труба со щелью для промывки ткани; 13 – гуммированные ролики для
 химической регенерации ткани; 14 – трубы с отверстиями; 15 – центри-
 рующий ролик; 16 – распределительная головка фильтра

Рисунок 5.9 – Схема регенерационного узла вакуум-фильтра со сходящим полотном

Принцип работы вакуум-фильтров

Барабан вращается на валу, совершая один оборот за 4-7 минут. На конце вала установлена распределительная головка фильтра, соединенная с вакуум-насосом и линией сжатого воздуха. На одну третью часть барабан погружен в резервуар, куда поступает подлежащий обез-

воживанию и подготовленный осадок. При вращении барабана фильтра часть его поверхности погружается в осадок, при этом через распределительную головку эти секции подключаются к линии вакуума. Под его действием происходит прилипание осадка и его обезвоживание. Фильтрат (иловая вода) проходит фильтровальную ткань во внутрь секций барабана и отводится по патрубку в ресивер для отделения от воздуха, а кек задерживается на поверхности фильтровальной ткани. При подходе секций к зоне отдувки по патрубку подается сжатый воздух, для сушки и отдувки обезвоженного осадка, который снимается ножом, падает на транспортер и далее в бункер или на последующую сушку.

За один оборот происходит непрерывное автоматическое чередование процессов образования кека, его обезвоживания, подсушки и снятия с поверхности барабана. На вакуум-фильтрах со сходящимся полотном происходит непрерывная регенерация фильтровальной ткани. Узел регенерации показан на рисунке 5.9.

Техническая характеристика вакуум-фильтров со сходящимся полотном марки БсхОУ приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Техническая характеристика вакуум-фильтров

Показатели	Марка фильтра			
	БсхОУ-5-1,75	БсхОУ-10-2,6	БсхОУ-20-2,6*	БсхОУ-40-3,4
Площадь поверхности фильтрования, м ²	5	10	20	40
Диаметр барабана, мм	1750	2600	2600	3400
Длина барабана, мм	1000	1330	2700	3800
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	0,108...2,05	0,13...1,5	0,13...2	0,1...1,45
Мощность электродвигателя привода, кВт	1,1	1,7	3	5,5
Габаритные размеры, мм	2600×2960 ×2540	3165×4100 ×3052	4750×3230× 3830	6300×5115 ×3725
Масса, кг	4990	7600	14432	17432

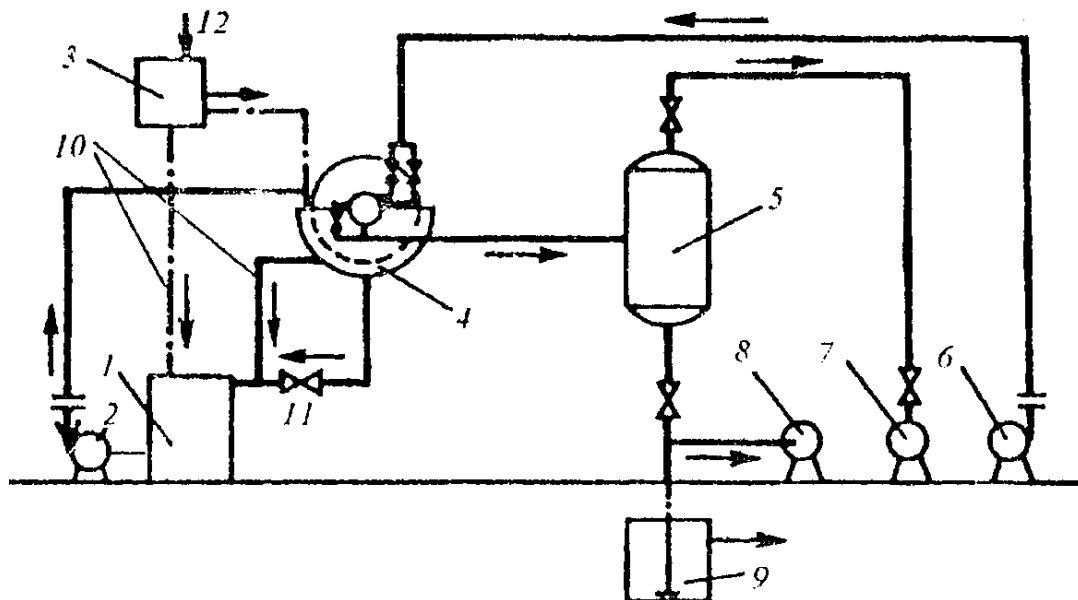
Фильтровальная ткань быстро кольматируется, для ее предотвращения ткань намывают тонким слоем (0,2-1 мм) вспомогательное

вещество, что обеспечивает полное удаление обезвоженного осадка и вспомогательного вещества с фильтровальной ткани и высокое качество фильтрата, при этом повышается производительность вакуум-фильтра.

В качестве вспомогательного вещества применяют облученную каменноугольную золу с размером фракций 0,05-0,45 мм, перлит, диатомит и др.; широко применяют при обезвоживании осадков производственных сточных вод.

Для нормальной работы вакуум-фильтров необходимо вспомогательное оборудование: вакуум-насосы, воздуходувки, ресиверы, центробежные насосы и устройства, обеспечивающие постоянное питание вакуум-фильтра.

Схема установки барабанного вакуум-фильтра и вспомогательного оборудования показана на рисунке 5.10.

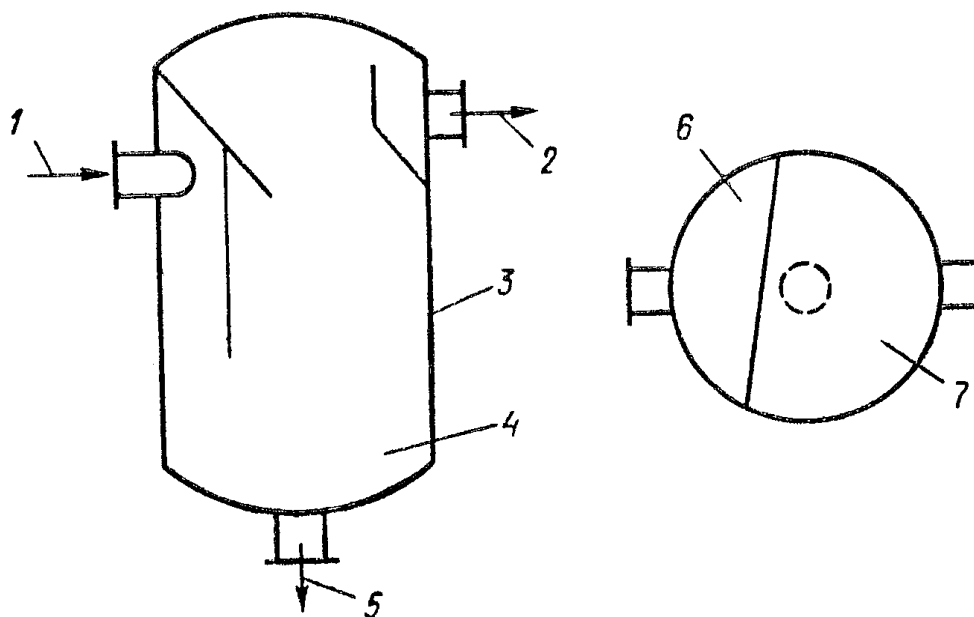


1 – резервуар для осадка; 2 – насос для подачи осадка; 3 – дозатор; 4 – вакуум-фильтр; 5 – ресивер; 6 – воздуходувка; 7 – вакуум-насос; 8 – насос для откачки фильтрата; 9 – резервуар фильтрата; 10 – переливные трубопроводы; 11 – трубопровод опорожнения; 12 – подача реагентов

Рисунок 5.10 – Схема установки барабанного вакуум-фильтра

Осадок на вакуум-фильтры подается насосом через дозатор. Фильтрат вместе с воздухом из вакуум-фильтра отводится к ресиверу. В ресиверах происходит разделение водо-воздушной смеси, при этом воздух отсасывается мокровоздушными вакуум-насосами, а фильтрат отводится самотеком или перекачивается насосами.

Схема ресивера показана на рисунке 5.11.



1 – поступление водовоздушной смеси от вакуум-фильтров; 2 – присоединение к линии вакуума (штуцер может быть расположен сверху); 3 – герметический цилиндрический резервуар; 4 – емкость для фильтрата, получаемого за 30-60 с; 5 – отвод фильтрата; 6 и 7 – разделяющая и очищающая зона соответственно

Рисунок 5.11 – Схема ресивера

При вакуум-фильтрации вакуум составляет 40-65 кПа (300-500 мм.рт.ст.), давление сжатого воздуха отдувки осадка – 20-30 кПа (0,2-0,3 кг·с/см²). Пропускную способность вакуум-насосов определяют из условия расхода воздуха 0,5 м³/мин на 1 м² площади фильтра, а расход сжатого воздуха – 0,1 м³/мин на 1 м² площади фильтра.

Для эффективного обезвоживания осадков на вакуум-фильтрах осадки предварительно коагулируют. Доза коагулянта зависит от удельного сопротивления и щелочности, при отсутствии принимается по нормам. Значение удельного сопротивления осадка должно быть не более $R \leq 60 \cdot 10^{-10}$ см/г. Сброженные осадки подвергаются перед обезвоживанием промывке и уплотнению, затем коагуляции, сырые осадки без промывки, с последующей дегельминтизацией.

Недостатками вакуум-фильтров являются: сложность конструктивного оформления и низкая надежность; высокие концентрации загрязнений в фильтрате; необходимость в коагулировании дефицитными реагентами и невозможность использования органических флокулянтов; необходимость замены фильтровальной ленты; повышенный расход электроэнергии.

Расчет вакуум-фильтров

Определяют общую площадь фильтрации, м²

$$F = \frac{Q_{\text{сух}}}{T \cdot q}, \quad (5.5)$$

где $Q_{\text{сух}}$ – количество осадка, кг/сут, по сухому веществу;

Таблица 5.3 – Производительность вакуум-фильтров и фильтр-прессов

Обрабатываемый осадок	Производительность, кг сухого вещества на 1 м ² поверхности фильтра в час		Влажность кека, %	
	вакуум-фильтров	фильтр-прессов	при вакуум-фильтрации	при фильтр-прессовании
Сброженный осадок из первичных отстойников	25-35	12-17	75-77	60-65
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила, аэробно стабилизированный активный ил	20-25	10-16	78-80	62-68
Сброженная в термофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	17-22	7-13	78-80	62-70
Сырой осадок из первичных отстойников	30-40	12-16	72-75	55-60
Смесь сырого осадка из первичных отстойников и уплотненного активного ила	20-30	5-12	75-80	62-75

T – продолжительность работы вакуум-фильтра в часах;
 q – производительность вакуум-фильтра, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$, по сухому веществу принимают по таблице 5.3.

Определяют количество вакуум-фильтров

$$N = \frac{F}{F_{min}}, \quad (5.6)$$

где F_{min} – площадь поверхности фильтрования принятого фильтра, принимают по таблице 5.2

Определяют объем обезвоженного осадка (кека) фактической влажности, $\text{м}^3/\text{сут}$

$$Q_k = \frac{Q_{сух} \cdot 100}{100 - P_k \cdot \gamma}, \quad (5.7)$$

где P_k – влажность кека, %, принимают по таблице 5.3 в зависимости от типа осадка;

γ – объемная масса кека, $\text{т}/\text{м}^3$, равная единице.

Определяют количество фильтрата, $\text{м}^3/\text{сут}$

$$Q_f = Q_{общ} - Q_k, \quad (5.8)$$

5.2.2 Обезвоживание осадков на фильтр-прессах. Фильтр-прессы по принципу действия различают периодического и непрерывного. К первому типу относятся раздвижные рамные (камерные) фильтр-прессы, ко второму ленточные.

Камерные фильтр-прессы

Фильтр-прессы рекомендуется применять в схемах, где конечной стадией обработки осадка являются сушка, сжигание или утилизация, при которых требуется получение осадков с возможно низкой влажностью.

Современные камерные фильтр-прессы подразделяются на диафрагменные, бездиафрагменные, мембранно-камерные.

Основные конструктивные элементы фильтр-прессов: плиты, оборудованные фильтрующей перегородкой с протянутой между ними фильтровальной лентой; механизм зажима и раскрытия плит; устройство для выгрузки обезвоженного осадка; коммуникации и арматура для подвода осадка, сжатого воздуха и отвода фильтрата.

Отечественной промышленностью выпускаются диафрагменные камерные фильтр-прессы ФПАКМ и камерные фильтр-прессы без диафрагм ФКИМм 52-800; ФКВ-500; ФКИГпм 600-1428.

В таблице 5.4 приведены основные технические характеристики

камерных фильтр-прессов.

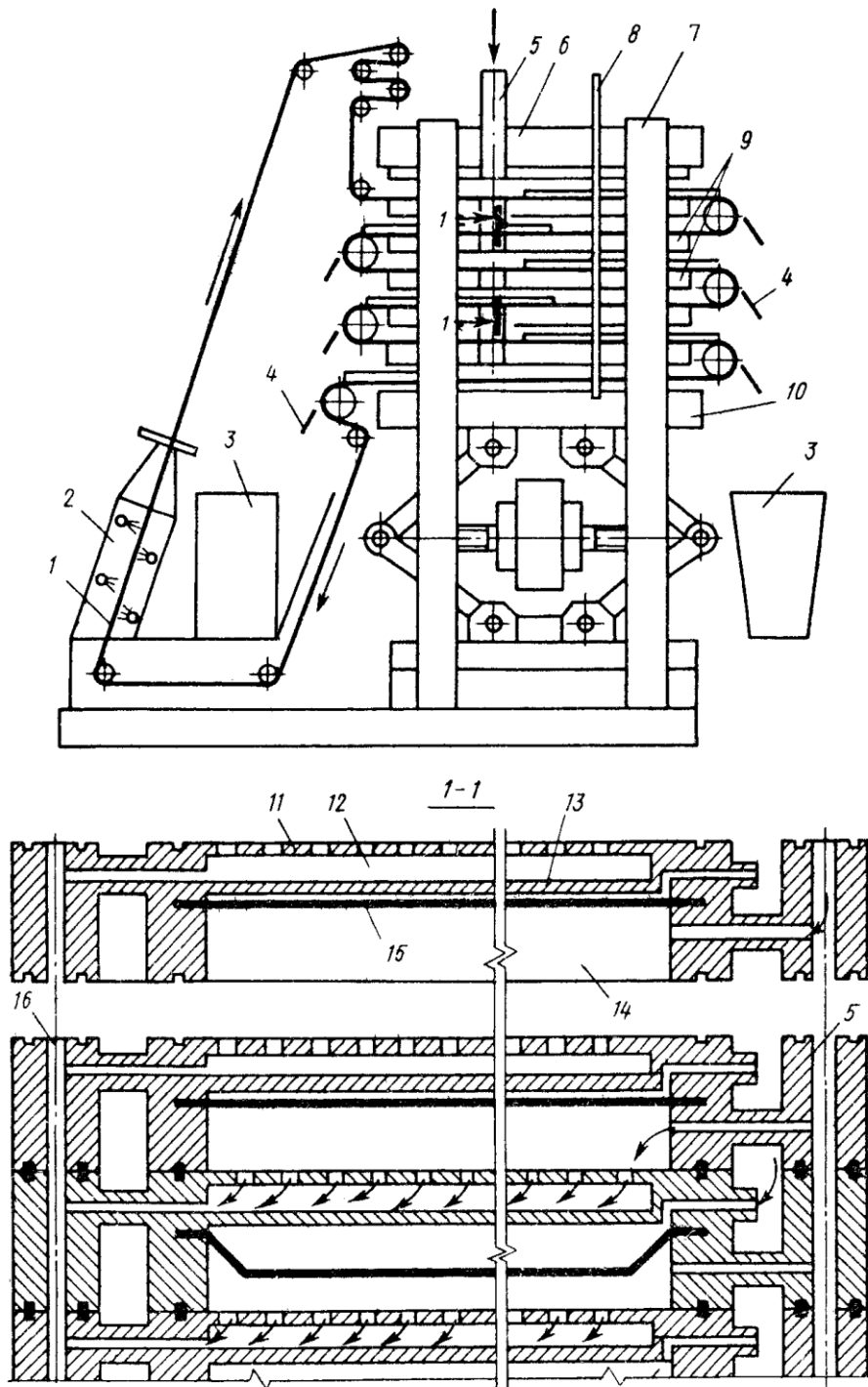
Таблица 5.4 – Технические характеристики камерных фильтр-прессов

Марки прессов	Показатели			
	Площадь поверхности фильтрования, м ²	Рабочее давление, МПа	Ширина фильтрующей ткани, мм	Габаритные размеры, мм
Рамные (камерные)				
ФПАКМ-2,5У	2,5	1,2	700...750	2660×1760×2750
ФПАКМ-5У	5	1,2	845...920	3375×2000×2780
ФПАКМ-10У	10	1,2	845...920	3375×2000×3525
ФПАКМ-25У	25	1,2	1100...1200	3780×2150×4240
ФПАКМ-50У	50	1,2	1450	5000×2930×5500
ФПАВ-100	100	1	1600	9500×3000×3400
ФПАВ-300	300	0,8	1600	1430×3000×4200
Ленточные				
Лпр-10-1,2Р-001*		0,4	1500	
* Производительность ленточных фильтр-прессов при использовании катионного флокулянта в количестве 4 кг/т сухого вещества осадка достигает 12 м ³ /ч по обезвоженному осадку. Влажность исходного осадка (смесь сырого осадка и активного ила) 96,5 %, кека 78 %.				

Фильтр-прессы ФПАКМ (фильтр-пресс автоматизированный камерный модернизированный) находят довольно широкое применение. Они выпускаются отечественной промышленностью серийно и имеют площадь поверхности фильтрования 2,5-50 м². Схема фильтр-пресса и фильтровальной плиты показана на рисунке 5.12.

Фильтр-пресс состоит из набора горизонтальных плит. Между ними зигзагообразно натянута фильтровальная лента. Плиты вверх-вниз перемещаются под действием гидропривода.

Осадок подается по трубопроводу при помощи боковых каналов, распределяется по камерам в фильтровальной плите. Под действием гидропривода осуществляется сжатие плит и обезвоживание осадков. Затем фильтр раскрывается, лента передвигается на один шаг, при этом осадок снимается ножами и падает в бункеры. В процессе движения фильтровальная лента проходит камеру регенерации.



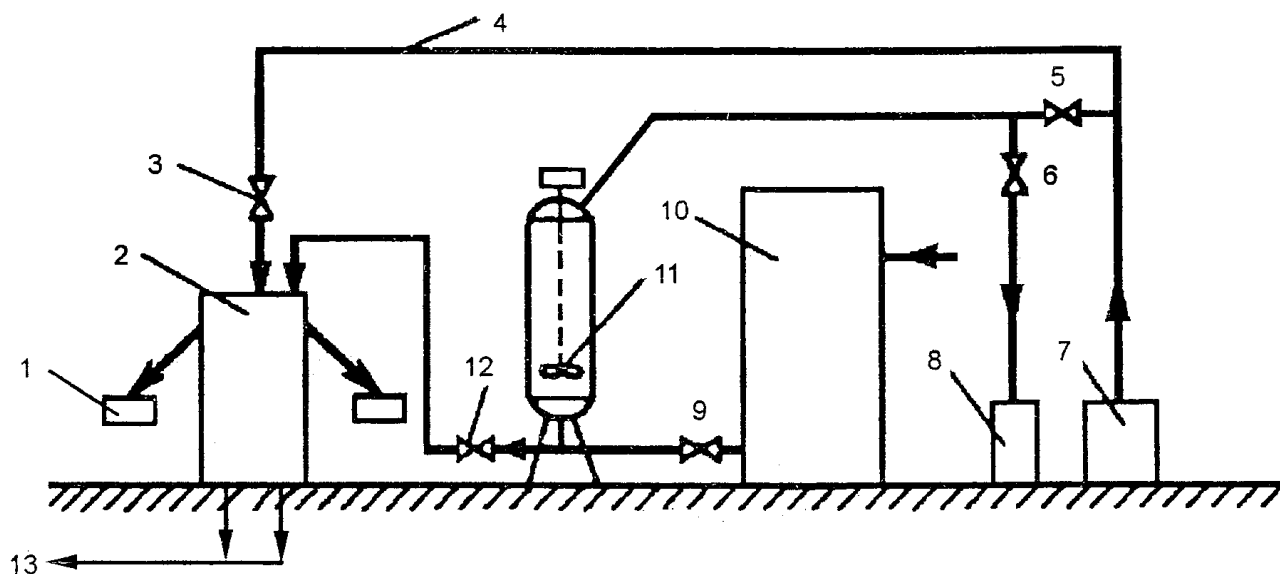
1 – фильтровальная лента; 2 – камера регенерации фильтровальной ленты; 3 – бункер; 4 – нож для съема осадка; 5 – подающий коллектор; 6 – верхняя опорная плита; 7 – направляющие; 8 – коллектор для подачи воды на диафрагму; 9 – средние фильтровальные плиты; 10 – нижняя нажимная плита; 11 – перфорированная перегородка; 12 – поддон; 13 – глухая горизонтальная перегородка; 14 – нижняя открытая часть; 15 – диафрагма; 16 – коллектор для отвода фильтрата

Рисунок 5.12 – Фильтр-пресс типа ФПКМ (в момент выгрузки обезвоженного осадка)

Перед подачей на фильтр-прессы осадок должен быть обработан и иметь $R \leq 0 - 30 \cdot 10^{-10}$ см/г. При подготовке осадка к обезвоживанию вводятся химические реагенты – хлорное железо, известь, полиакриламид. Эффективно применение вместе с коагулированием – присадочных материалов (зола от сжигания осадка, угля, отход производства соды, угольная пыль. Доза реагентов при этом снижается в 1,5-2 раза.

Пропускная способность фильтр-прессов и влажность кека при обезвоживании осадков городских сточных вод зависят от вида обрабатываемого осадка и определяется по таблице 5.3.

При фильтр-прессовании подачу осадка производят под давлением не менее 0,6 МПа; расход сжатого воздуха на просушку осадка – 0,2 м³/мин на 1 м² фильтровальной поверхности; давление сжатого воздуха – 0,6 МПа; расход промывной воды – 4 л/мин на 1 м² поверхности; давление промывной воды – 0,3 МПа. Технологическая схема фильтр-прессования осадков показана на рисунке 5.13.



- 1 – конвейеры; 2 – фильтр-пресс камерного типа; 3, 5, 6, 9, 12 – задвижки;
 4 – трубопровод сжатого воздуха; 7 – компрессор; 8 – вакуум-насос;
 10 – резервуар обезвоживаемого осадка; 11 – монжус; 13 – отвод фильтрата и промывной воды к очистным сооружениям

Рисунок 5.13 – Технологическая схема фильтр-прессования осадков

Расчет камерных фильтр-прессов

Определяют производительность по сухому веществу, т/час, и площадь фильтрации, м²

$$F = \frac{G \cdot (\tau_{cp} + \tau_{всп})}{K \cdot h \cdot \rho \cdot \left(\frac{100 - p}{100} \right)}; \quad (5.9)$$

где K – переводной коэффициент, для диафрагмовых фильтр-прессов равен $3,6 \cdot 10^3$;

G – количество осадка по сухому веществу;

ρ – плотность обезвоженного осадка, т/м^3 , равная единице;

h – толщина слоя осадка, м, равная 0,05-0,035;

p – влажность обезвоженного осадка, %, равная 50-60 %;

τ_{cp} – время основных операций, сек;

$\tau_{всп}$ – время вспомогательных операций, сек;

$\tau_{cp} + \tau_{всп}$ – определяется экспериментально и равно 6 мин.

Определяют количество фильтр-прессов, шт

$$N = \frac{F_{общ}}{F_{мин}}, \quad (5.10)$$

где $F_{мин}$ – площадь поверхности фильтрования фильтр-пресса (таблица 5.4).

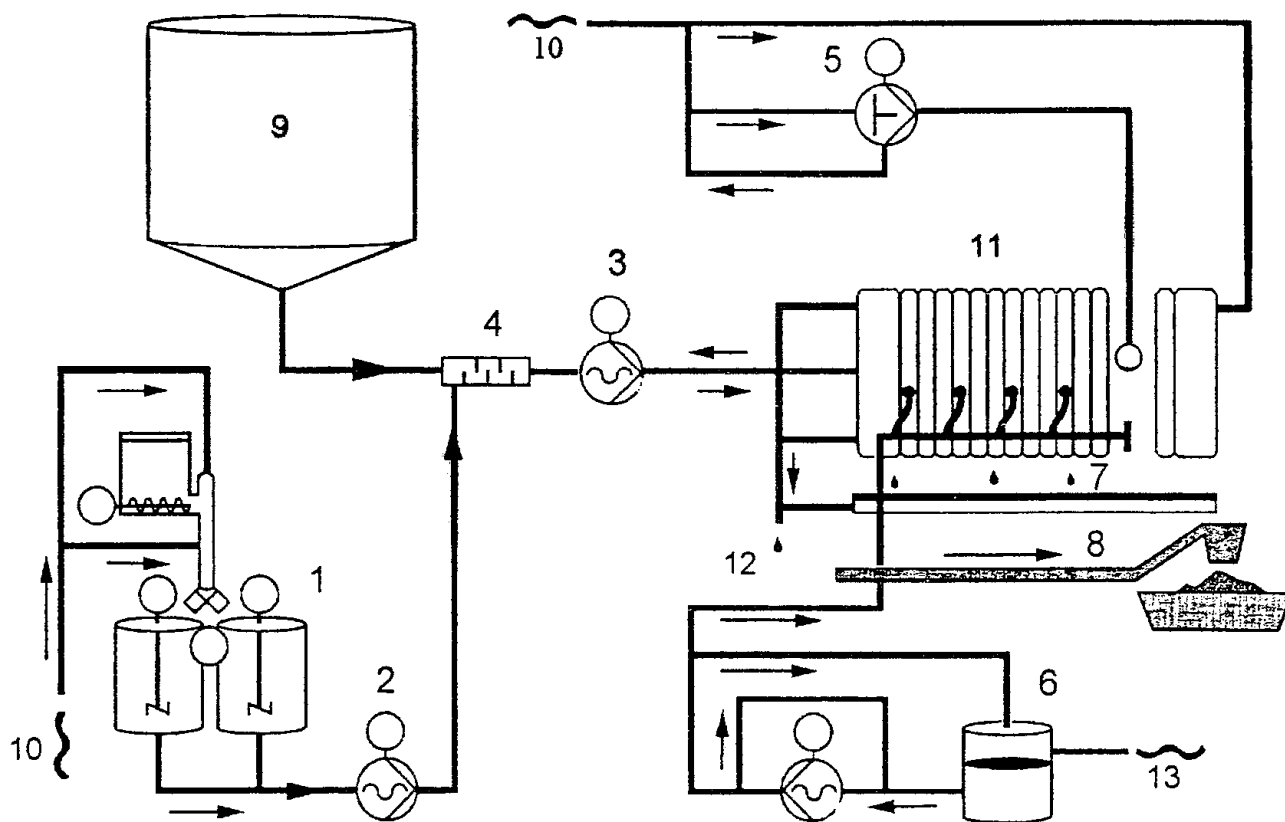
Мембранно-камерные фильтр-прессы в настоящее время получают большое применение, широко на московских станциях аэрации. Они включают следующий комплекс вспомогательного оборудования, представленный на рисунке 5.14.

Работа всего комплекса оборудования контролируется и управляется с центрального компьютера. Для точной дозировки реагента и регулируемой подачи осадка на различных технологических фазах, используют специальные объемные насосы с регулируемым приводом.

Для достижения оптимального результата под каждый вид осадка подбирается специальная фильтровальная ткань: полипропиленовая или полиамидная. Для обеспечения саморазгружаемости фильтр-пресса рабочая поверхность ткани специально термически обработана и имеет гладкую поверхность.

При обезвоживании на мембранно-камерных фильтр-прессах необходимо полимерное кондиционирование осадка.

Мембранно-камерный фильтр-пресс представляет собой серию вертикальных плит, имеющих каналы и покрытых тканью для поддержания кека. Плиты смонтированы в корпусе, верхние опоры которого соединены двумя тяжелыми горизонтальными и параллельными брусками или рельсами.



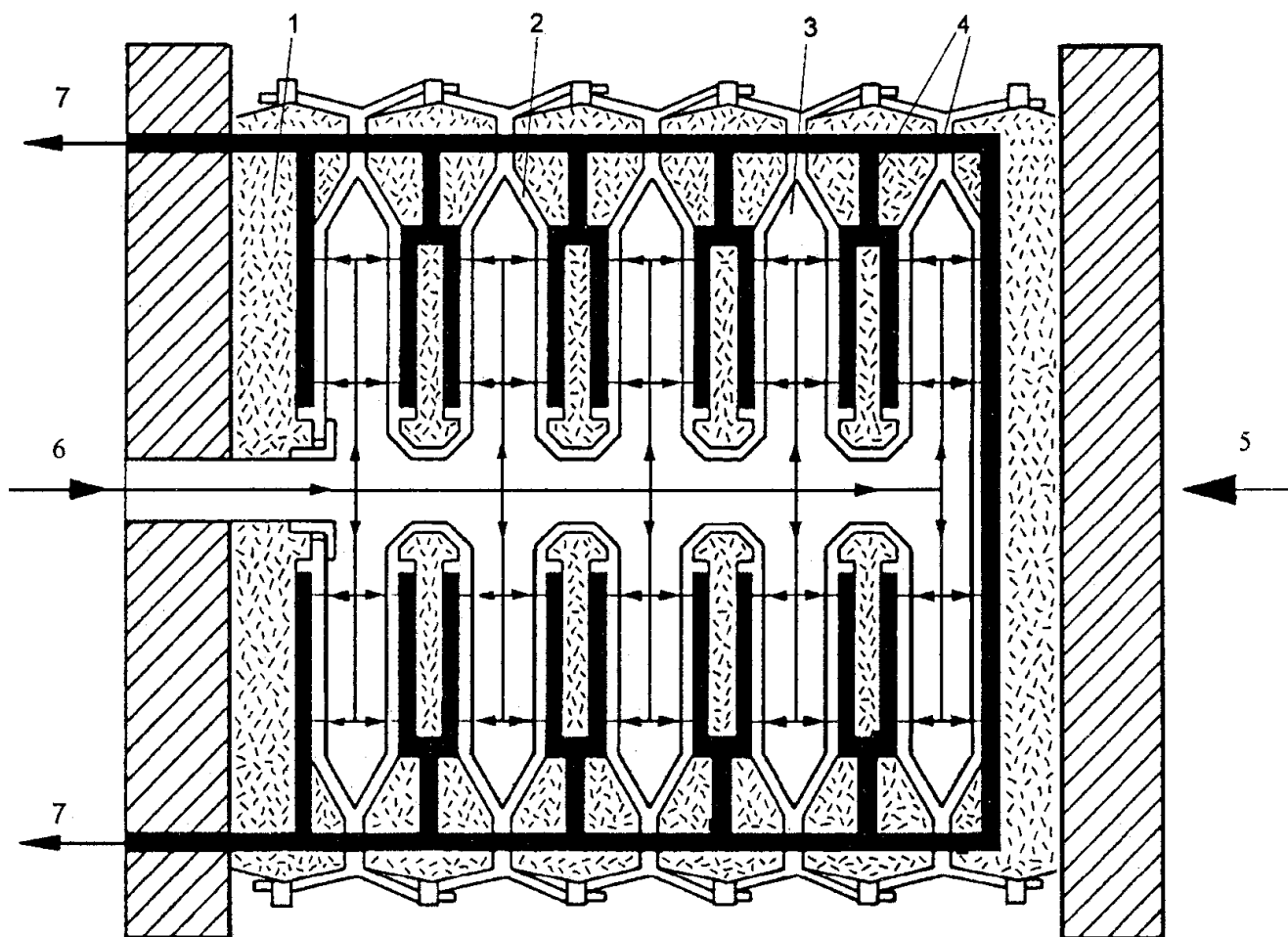
- 1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта;
 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянтом;
 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система дожима мембран;
 7 – система отвода капельных утечек и воды от промывки ткани;
 8 – система отвода обезвоженного осадка; 9 – резервуар исходного осадка;
 10 – подача воды питьевого качества; 11 – мембранно-камерный фильтр-пресс;
 12 – отвод фильтрата; 13 – подача технической воды

Рисунок 5.14 – Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе

Конструктивно фильтр-прессы подразделяются на: прессы с верхней подвеской плит и с боковой подвеской плит.

На рисунке 5.15 дано схематичное изображение образования коржа в мембранно-камерном фильтр-прессе.

Кондиционированный осадок подается на фильтр-пресс насосами при возрастающем давлении. Давление наполнения – 8 атм. Давление дожима до 15 атм. Время подачи осадка и образования слоя кека обычно составляет 30-40 мин. Время дожима 15-20 мин. Время выгрузки 15 мин. Общая продолжительность фильтроцикла составляет до 90 мин. При влажности исходного осадка 94-97 % влажность кека 68-70 %.



1 – фильтрующая плита; 2 – фильтрующая ткань; 3 – фильтрующая камера;
 4 – сборные каналы фильтрата; 5 – запорная плита; 6 – подача осадка;
 7 – отвод фильтрата

Рисунок 5.15 – Схема работы мембранно-камерного фильтр-пресса

Ленточные фильтр-прессы

Ленточные фильтр-прессы предназначены для механического обезвоживания осадков сточных вод в непрерывном режиме путем их фильтрования под действием сил гравитации, вакуума и давления. Конструктивно ленточные фильтр-прессы различают по направлению движения фильтровальных лент с обезвоживаемым осадком. За рубежом выпускаемые ленточные фильтр-прессы подразделяются на горизонтальные, вертикальные, угловые, петлеобразные и комбинированные. В отечественной практике при обезвоживании осадков городских сточных вод получили ленточные фильтр-прессы марок ФПЛ1-5; ЛМН 10-1Г; Лпр-10-1; 2Р-001.

К основным конструктивным элементам ленточных фильтр-прессов относятся: приемный лоток осадка; фильтровальные ленты;

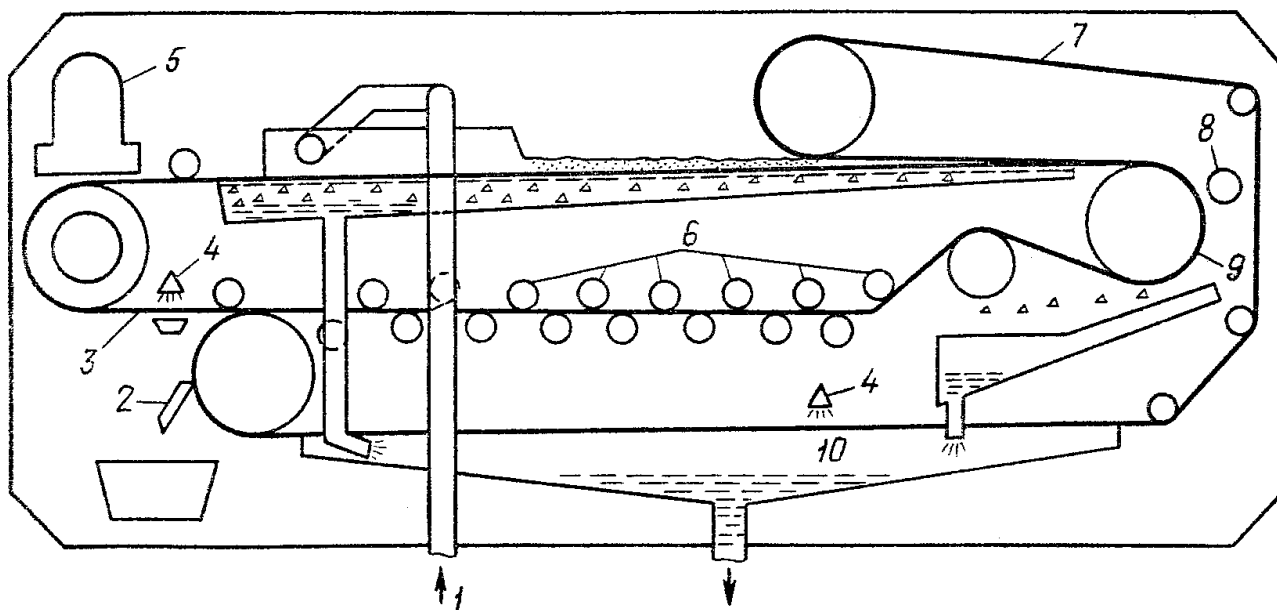
приводной и направляющий барабаны; система роликов, обеспечивающая заданную траекторию движения фильтровальных лент; узлы отжима осадка; система регенерации фильтровальных лент; сборные поддоны фильтрата и промывной воды; ножи для снятия кека.

Независимо от конструктивных особенностей ленточные фильтр-прессы имеют три основные технологические зоны:

гравитационного фильтрования, которая в некоторых конструкциях может быть объединена с зоной фильтрования под вакуумом; предварительного отжима; окончательного отжима.

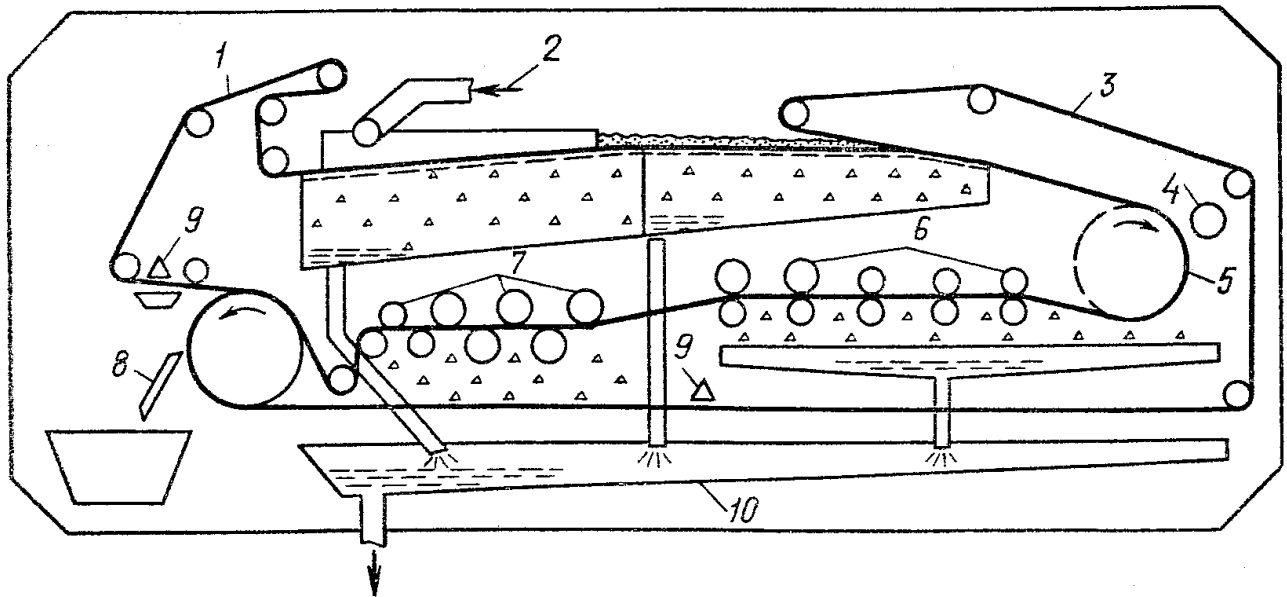
Максимальное давление фильтрования при отжиме составляет на ленточных фильтр-прессах 0,3-0,4 МПа, величину вакуума принимают 0,0066-0,013 МПа.

Для экипировки ленточных фильтр-прессов применяются фильтровальные ленты из полиэфирной, лавсановой или полипропиленовой одно или многослойной сетки, выпускаемой Краснокамским заводом металлических сеток. Соединение фильтровальных лент может быть сшивным, а также в виде петельного шва или замка типа «молния».



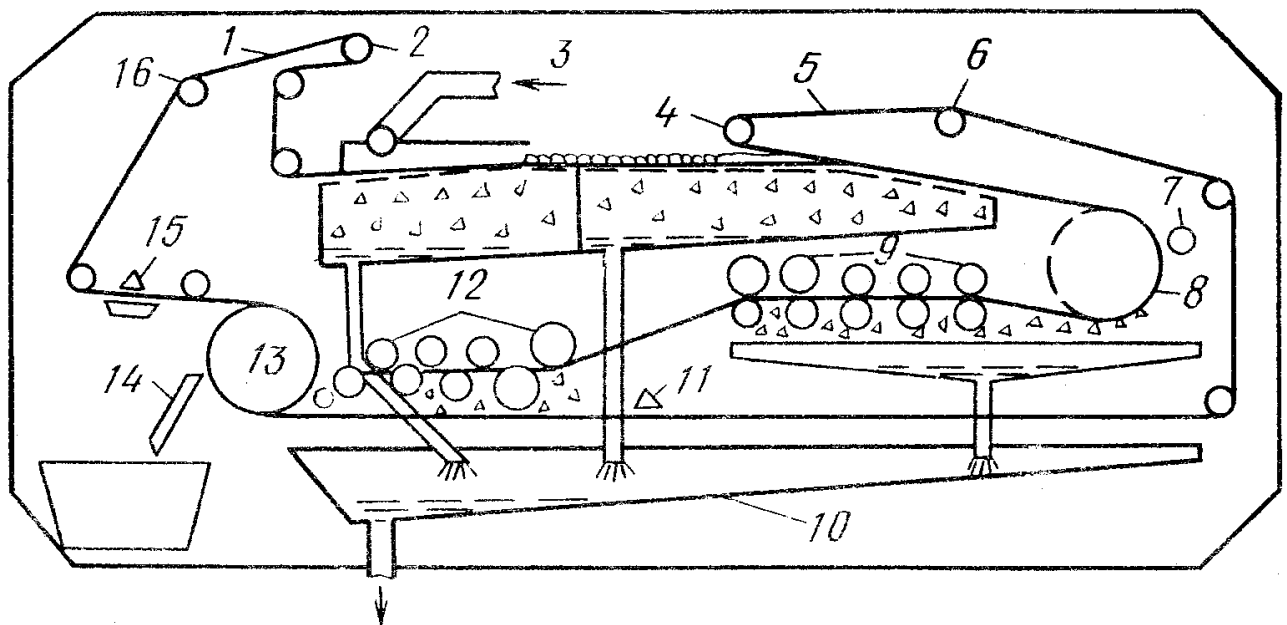
1 – подача осадка; 2 – нож для съема осадка; 3 – фильтровальная лента первая; 4 – система промывки фильтровальных лент; 5 – электропривод; 6 – система отжимных роликов; 7 – вторая фильтровальная лента; 8 – прижимной ролик; 9 – фильтрующий барабан; 10 – поддон для сбора фильтрата и промывной воды

Рисунок 5.16 – Схема ленточного фильтр-пресса ФПЛ1-5



1 – первая фильтровальная лента; 2 – подача осадка; 3 – вторая фильтровальная лента; 4 – прижимной ролик; 5 – фильтрующий барабан; 6 – система отжимных шаров; 7 – система отжимных роликов; 8 – нож для съема осадка; 9 – система промывки фильтровальных лент; 10 – поддон для сбора фильтрата и промывной воды

Рисунок 5.17 – Схема ленточного фильтр-пресса Лпр-10-1,2Р-001



1 – фильтровальная лента № 1; 2, 4 – натяжные ролики; 3 – приемный лоток осадка; 5 – фильтровальная лента № 2; 6, 16 – регулирующие ролики; 7 – отжимной ролик; 8 – трубчатый барабан; 9 – узел предварительного отжима осадка; 10 – приемный поддон фильтрата и промывной воды; 11, 15 – система регенерации фильтровальных лент; 12 – узел окончательного отжима осадка; 13 – приводной барабан; 14 – нож для съема осадка

Рисунок 5.18 – Ленточный фильтр-пресс ЛМН10-1Г

Фильтрующие ленты промываются непрерывно подающейся водой с расходом 4-8 м³/ч из насадок под давлением 0,5 МПа. Фиксация их положения осуществляется специальными устройствами.

На рисунках 5.16, 5.17 представлены фильтр-прессы марки ФПЛ-5 и Лпр-10-1,2Р-001.

Ленточные фильтр-прессы экипируются двумя фильтровальными лентами, длины которых составляют: для ФПЛ-1-5 – 8,9 и 13,07 м; для ЛМН 101г – 13,8 и 16,5 м; ширина ленты фильтр-пресса Лпр-10-1,2Р-0,01-0,75 м.

Данные фильтр-прессы в отличие от фильтр-прессов камерного или рамного типов дают более высокую влажность кека (77-84 %), но они проще в конструктивном исполнении и эксплуатации.

Фильтр-пресс марки ЛМН-10-1г показан на рисунке 5.18.

Подготовка осадка для обезвоживания на фильтр-прессах.

Осадок перед обезвоживанием на фильтр-прессах должен иметь высокую концентрацию твердой фазы, низкие значения удельного сопротивления фильтрованию и показателя сжимаемости. Значения удельного сопротивления осадка перед обезвоживанием должны быть не более $(20-30) \cdot 10^{-10}$ см/г, а величина показателя сжимаемости «S» должна находиться в пределах от 0,8 до 1,1. Для получения таких показателей осадки необходимо сгущать до максимально возможной концентрации, так как производительность фильтр-пресса пропорциональна исходной концентрации осадка.

Для осадков станций биологической очистки концентрация твердой фазы перед подачей на фильтр-пресс должна быть не менее 4 % массы сухого вещества осадка, для осадков первичных отстойников и сброженной смеси – 3-3,5 %, для избыточного активного ила и стабилизированной смеси осадков соответственно.

Для снижения величин удельного сопротивления и показателя сжимаемости осадка, т.е. для улучшения его водоотдающих свойств, осадок должен быть обработан флокулянтами перед подачей на ленточные фильтр-прессы.

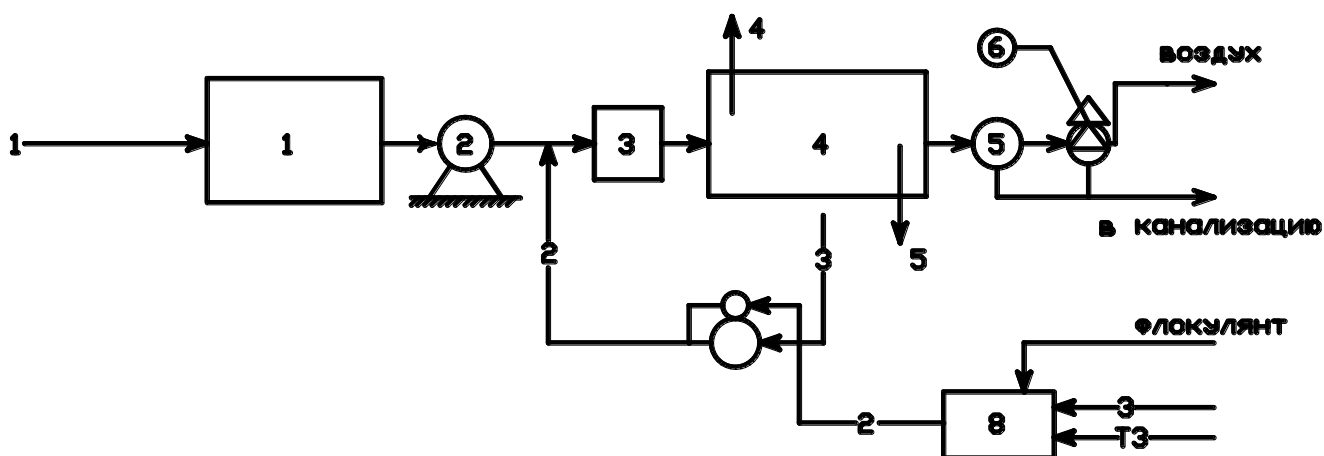
Возможно применение других методов кондиционирования, например тепловой обработки и т.д., которые обеспечивают необходимые для фильтр-прессования характеристики осадков.

Перед обезвоживанием на ленточных фильтр-прессах осадков городских сточных вод применяют флокулянты катионного типа. Концентрацию флокулянта в растворных баках принимают 1-2 %, концентрацию рабочего раствора флокулянтов принимают 0,1 %. Для раство-

рения флокулянта применяют воду питьевого качества. Режим приготовления рабочих растворов флокулянта принимается в соответствии с технологическими указаниями на применение данного вида реагента. В зависимости от марки применяемого флокулянта, вида и свойств обезвоживаемого осадка доза его колеблется от 0,1 до 1,5 % в расчете на массу сухого вещества осадка.

Дозирование осадка и флокулянта следует предусматривать одновинтовыми насосами-дозаторами с плавной регулировкой подачи, смешивание осадка с флокулянтом производят в смесителях механического или гидравлического типа. Время смешивания осадка с флокулянтом 30-50 с. Завод-изготовитель фильтр-прессов ФПЛ1-5 «Водмашоборудование» г. Воронеж.

Технологическая схема обезвоживания осадка на фильтр-прессах показана на рисунке 5.19.



Сооружения: 1 – приемный резервуар; 2 – насос; 3 – бак распределитель осадка; 4 – фильтр-прессы; 5 – ресивер; 6 – вакуум-насос; 7 – насос-дозатор; 8 – резервуар 1 %-ного раствора флокулянта с мешалкой;

Трубопроводы: 1 – уплотненная смесь сырого осадка и активного ила; 2 – флокулянт; 3 – производственный водопровод; 4 – фильтрат; 5 – кек на площадку компостирования; ТЗ – горячая вода

Рисунок 5.19 – Технологическая схема обезвоживания осадков на фильтр-прессах

Расчет фильтр-прессов

Разработаны типовые проекты на фильтр-прессы ФПЛ1-5.

- производительностью 12,6 т/сут по сухому веществу на 4 фильтр-пресса (3 рабочих, 1 резервный) – типовой проект № 902-5-59.88;

- производительностью 16,8 т/сут по сухому веществу на 6 фильтр-прессов (4 рабочих, 2 резервных).

Определяют общее количество сухого вещества осадка, подаваемого на обезвоживание, $Q_{общ}^{сух}$, т/сут.

Принимают типовые компоновки и определяют количество фильтр-прессов, шт, по формуле

$$N = \frac{Q_{общ}^{сух}}{q}, \quad (5.11)$$

где q – производительность одного фильтр-пресса, равная 3,2 т/сут, по сухому веществу.

Определяют объем обезвоженного осадка (кека) по объему фактической влажности, $м^3/сут$

$$Q_{к} = \frac{Q_{общ}^{сух} \cdot 100}{100 - P_{к} \cdot \gamma}, \quad (5.12)$$

где $P_{к}$ – влажность кека, принимаемая равной 70-80 % в зависимости от типа осадка.

Определяют количество фильтрата, $м^3/сут$

$$Q_{ф} = Q_{общ} - Q_{к}, \quad (5.13)$$

Фильтрат направляют в голову очистных сооружений на очистку.

5.2.3 Обезвоживание осадков на центрифугах. Обезвоживание осадков на центрифугах, в настоящее время, находит все большее применение. Достоинствами центрифугирования являются простота, экономичность и управляемость процессом. После обезвоживания на центрифугах получают осадки низкой влажности.

Осадок первичных отстойников обезвоживается на центрифугах лучше, чем сброженная смесь осадка и ила, и значительно лучше ила.

Критерием водоотдачи при разделении фаз в поле центробежных сил является индекс центрифугирования I_c , $м^3/кг$, определяемый по формуле

$$I_c = \frac{1000 \cdot W_{к}}{C \cdot W_o}, \quad (5.14)$$

где $W_{к}$ – объем кека, равный $(W_o - W_{ф})$, $м^3$;

$W_{ф}$ – объем фугата, $м^3$;

C – концентрация твердой фазы осадка, $кг/м^3$;

W_o – объем осадка, $м^3$.

Увеличение эффективности обезвоживания осадка центрифугированием достигается при величине индекса менее 6-8.

При значениях индекса центрифугирования больше 7 перед обезвоживанием осадков требуется их кондиционирование. Самым рациональным способом является применение катионных полиэлектролитов. Центрифугирование также производят с применением минеральных коагулянтов и флокулянтов или без них. При использовании флокулянтов осадок после обезвоживания имеет меньшую влажность при большей пропускной способности центрифуги, а фугат имеет меньшую загрязненность. При обезвоживании без применения флокулянтов фугат имеет высокие значения БПК и ХПК и взвешенных веществ. В обоих случаях фугат необходимо направлять на очистку, увеличивая тем самым нагрузку на очистные сооружения или направлять в аэробные минерализаторы при наличии их в схеме обработки осадков.

Работа центрифуг характеризуется такими показателями, как производительность, эффективность задержания сухого вещества и влажность обезвоженного осадка (кека).

Таблица 5.4 – Эффективность задержания сухого вещества осадка и влажности кека при обезвоживании на центрифугах

Характеристики обрабатываемого осадка	Эффективность задержания сухого вещества, %	Влажность кека, %
Сырой или сброженный осадок из первичных отстойников	45-55	65-75
Сброженная смесь осадка из первичных отстойников и активного ила:		
в аэробных условиях	25-40	65-67
в анаэробных условиях	25-35	70-80
Сырой активный ил при зольности, %		
28-35	10-15	75-85
38-42	15-25	70-80
44-47	25-35	60-75

Эффективность задержания сухого вещества осадка определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{C_k \cdot C_o - C_\phi}{C_o \cdot C_k - C_\phi} \cdot 100, \quad (5.15)$$

где C_o , C_ϕ , C_k – концентрация сухого вещества соответственно в исходном осадке, фугате и кеке.

Эффективность задержания сухого вещества и влажность кека приведены в таблице 5.4.

Производительность центрифуг по исходному осадку, м³/ч, определяют по формуле

$$q_{cf} = (5 - 20) \cdot l_{rot} \cdot d_{rot}, \quad (5.16)$$

где l_{rot} – длина ротора, м;

d_{rot} – диаметр ротора, м.

Таблица 5.5 – Техническая характеристика серийных центрифуг

Показатели	Значения показателей для центрифуг типов				
	ОГШ-352 К-03	ОГШ-502 К-04	ОГШ-631 К-02	ОГШ-1001 К-01	ОГШ-501 К-10
Расчетная производительность по исходному осадку, м ³ /ч без флокулянтов с флокулянтами	4...7 1...3	6...12 1...3	20...40 15...26	50...80 35...60	15...25 8...15
Наибольший рабочий диаметр ротора, мм	350	500	630	1000	500
Рабочая длина ротора, мм	1000	930	2370	3600	1800
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	2800... 4250	2000... 2650	3000	1000	2650
Габариты центрифуги с электродвигателем, мм:					
длина A	2200	2710	5100	6650	3860
ширина B	1860	1990	2750	3600	2080
высота H	1135	1526	1450	2130	1210
Мощность электродвигателя, кВт	18,5	28, 32	90	110	75

Производительность центрифуг по обезвоженному осадку, м³/ч, определяют по формуле

$$P_{\kappa} = \frac{10 \cdot q_{cf} \cdot (100 - P_{исх}) \cdot \rho \cdot \varepsilon}{100 - P_{\kappa}}, \quad (5.17)$$

где $P_{исх}$ – влажность исходного осадка, %;

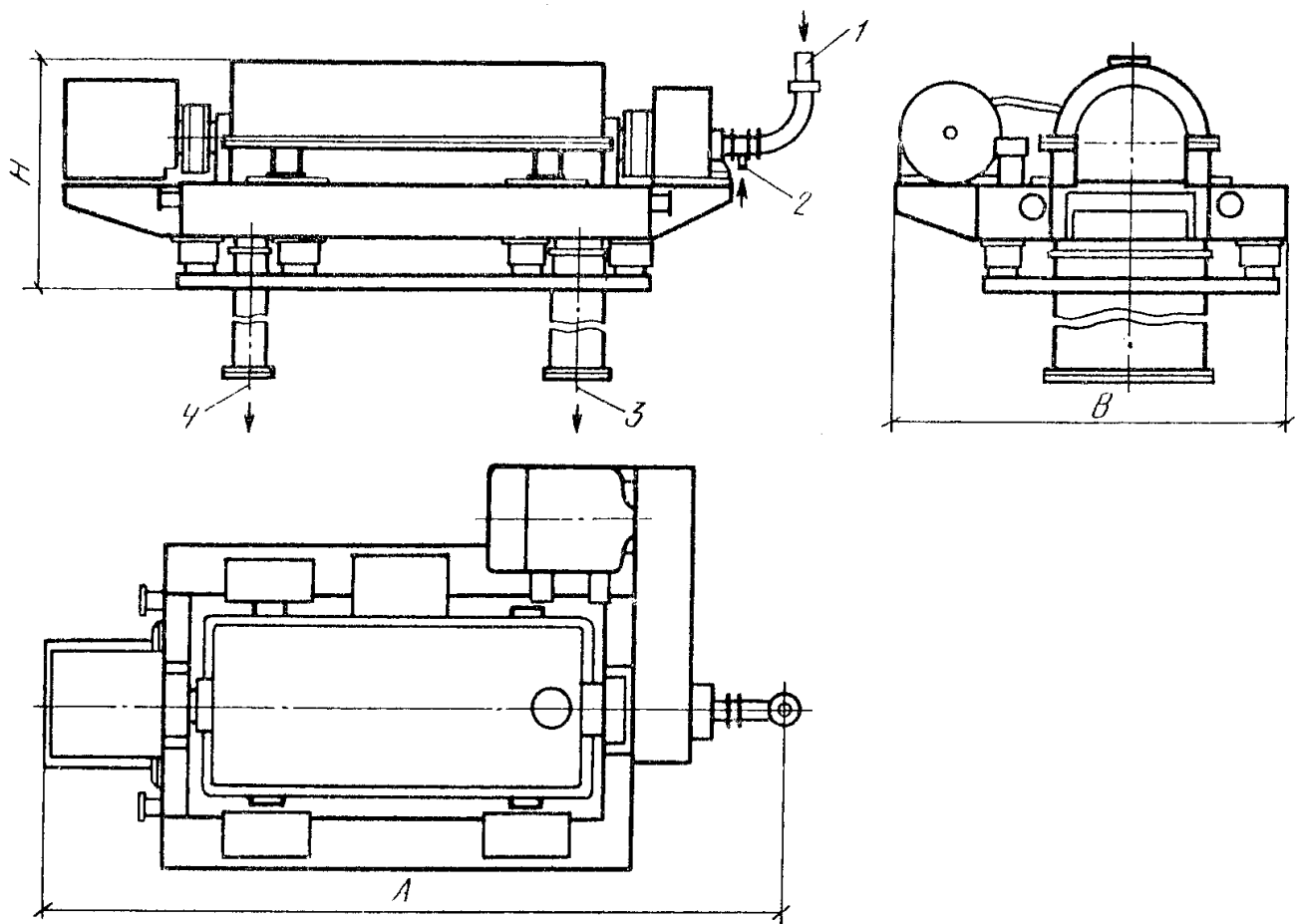
P_{κ} – влажность кека, %;

ρ – плотность исходного осадка, т/м³;

ε – эффективность задержания сухого вещества осадка, %.

Основные технические характеристики отечественных центрифуг приведены в таблице 5.5 и на рисунке 5.20.

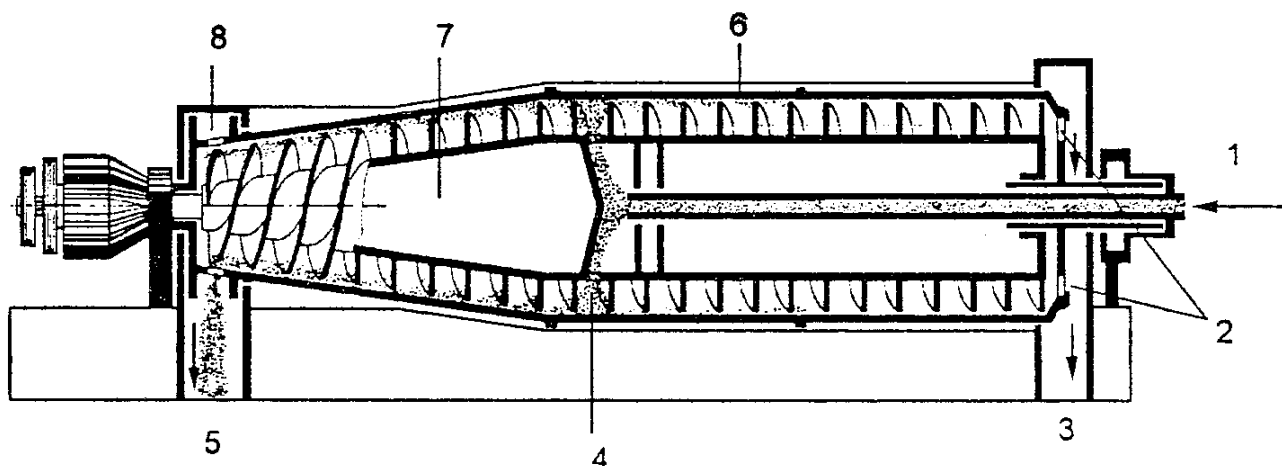
Центрифуги по методу центрифугирования разделяют на осадительные и фильтрующие.



1 – подача осадка; 2 – подача флокулянта; 3 – выгрузка осадка;
4 – слив фугата (размеры приведены в таблице 5.5)

Рисунок 5.20 – Центрифуга ОГШ-501К-10

В отечественной практике для обработки осадков городских сточных вод применяют серийные, непрерывно действующие осадительные горизонтальные центрифуги типа ОГШ (рисунок 5.21).



1 – трубопровод для подачи осадка; 2 – отверстия для выгрузки фугата; 3 – выпуск фугата; 4 – отверстие для поступления осадка в ротор; 5 – выгрузка кека; 6 – ротор; 7 – полый шнек; 8 – отверстия для выгрузки кека

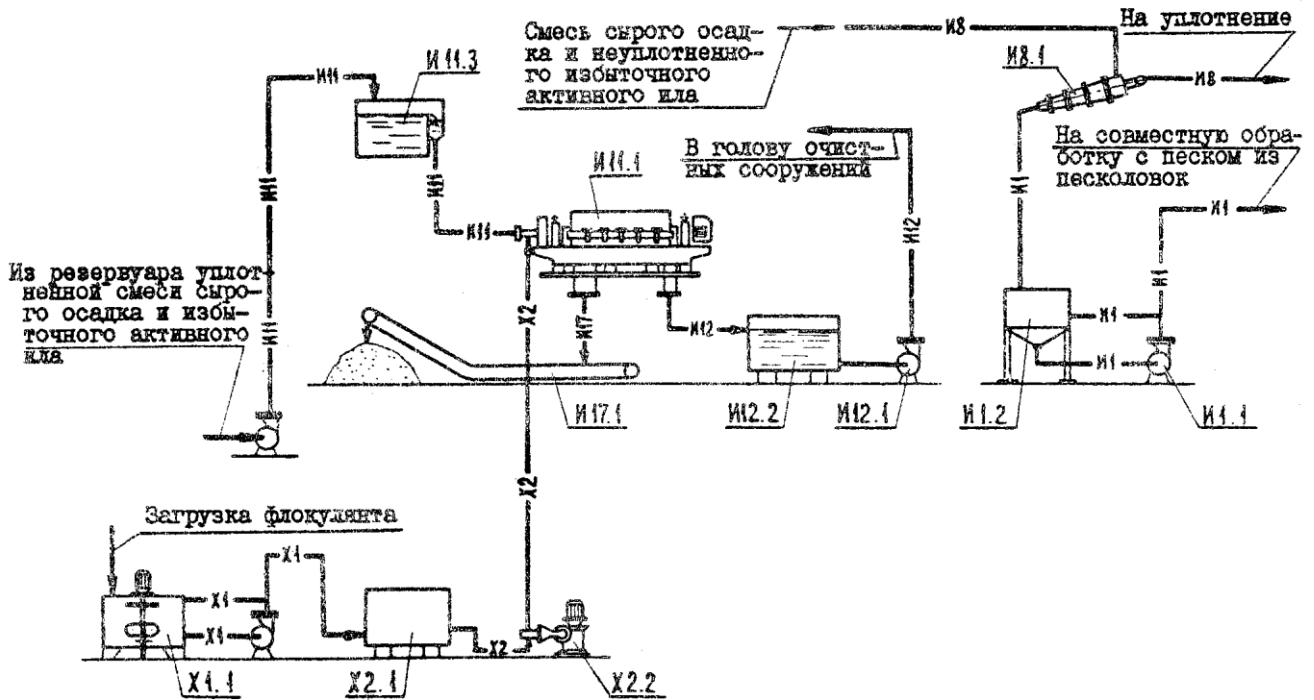
Рисунок 5.21 – Осадительная центрифуга

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками и полый шнек. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Под действием центробежной силы частицы твердой фазы осадка отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстиям в роторе, через которые обезвоженный осадок попадает в бункер кека. Образовавшийся в результате осаждения нерастворенных частиц жидкая фаза (фугат) отводится через отверстия, расположенные с противоположной стороны ротора. Технологическая схема обезвоживания осадков на центрифугах, с предварительным кондиционированием осадков показана на рисунке 5.22.

Эффективность задержания твердой фазы осадков и влажность кека, как было сказано, зависят от характера обезвоживаемого осадка.

Центрипрессы. Перспективным направлением является применение центрипрессов. Центрипрессы имеют по сравнению с центрифугами больший угол наклона конуса, противоточное движение потока в полости ротора, меньший шаг лопастей шнека в его конической части, где осадок подвергается двухмерному прессующему воздействию, а именно прессование в осевом направлении в комбинации с центробежным уплотнением.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

- M8 — Неуплотненная смесь осадков
- M11 — Уплотненная смесь осадков
- M12 — Фугат
- M17 — Обезвоженный осадок
- M1 — Песчаная пульпа
- X1 — 2% раствор флокулянта
- X2 — 0,2% раствор флокулянта

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование и марка	Колич.	Поз.	Наименование и марка	Колич.
M11.1	Центрифуга ОПШ-50IK-10	4	X1.2	Кран подвесной ручной Q = 1 т	1
M11.2	Насос подачи осадка СД-50/10 (ФГ-57.5/9.5)	2	X2.1	Резервуар 0,2% раствора флокулянта	2
M11.3	Бак осадка	1	X2.2	Агрегат дозировочный 0,2% раствора флокулянта ИД 2.5 I600/I6Д I4A	4
M11.4	Кран ручной подвесной Q=2 т	1	K3.1	Насос дренажный ВКС I/I6	2
M12.1	Насос фугата СД 50/10 (ФГ57.5/9.5)	2	M17.1	Конвейер ленточный В-650	2
M12.2	Бак фугата	1	M17.2	Течка осадка	4
M1.1	Насос песчаной пульпы Ш2.5/12.5	2	M17.3	Течка концевая	2
M1.2	Бак песчаной пульпы	1	M17.4	Рама натяжки	2
M8.1	Гидроциклон ГЦР-500	1	M17.5	Рама привода	2
X1.1	Установка для приготовления раствора флокулянта УРН-3	2			

Рисунок 5.22 – Технологическая схема обезвоживания осадков на центрифугах

Эти конструктивные особенности, повышенный фактор разделения центрипрессов в сочетании с подачей органических флокулянтов дают более эффективное обезвоживание в сравнении с центрифугами, при этом концентрация кека на (5-10) % выше. В Санкт-Петербурге установлено на очистных сооружениях шесть центрипрессов фирмы «Хумбольдт-ведаг» марки СР 4-1.1. Начато изготовление центрипрессов марки ЦП-4-1.1 совместного производства «Киров-энергомаш» и фирмы «Хумбольдт-ведаг» с параметрами: диаметр ротора 0,9 м; длина ротора 2,5 м; число оборотов 2200 в минуту.

В НИИ КВОВ разработан ряд технологических схем обезвоживания осадков на центрифугах.

Схема раздельного центрифугирования сырого осадка первичных отстойников и активного ила. По этой схеме фугат сырого осадка сбрасывается в первичные отстойники, фугат активного ила используют в качестве возвратного ила в аэротенках. При подаче фугата сырого осадка в первичные отстойники увеличивают продолжительность отстаивания сточной жидкости до 4-4,5 часов. Из схемы исключают илоуплотнители. На центрифуги подают весь активный ил или его часть.

Схема центрифугирования сырого осадка первичных отстойников с последующей аэробной стабилизацией фугата и смеси уплотненного избыточного активного ила с центрифугированием уплотненной стабилизированной смеси. По этой схеме период аэробной стабилизации составляет 6-8 сут, продолжительность уплотнения стабилизированной смеси 6-8 часов, влажность уплотненного осадка – 97,5 %.

Схема центрифугирования сброженного осадка с подсушиванием фугата на иловых площадках с дренажем. По этой схеме нагрузка на иловые площадки увеличивается в 2-3 раза.

Достоинства центрифугирования те же что и на фильтр-прессах, а именно: автоматизация процесса обезвоживания; отсутствие зависимости от погодных условий; сокращение занимаемых площадей и продолжительности обезвоживания; кроме того дает возможность обезвоживания осадка без предварительной обработки химическими реагентами; получать кек влажностью 50-80 %.

Недостатками центрифугирования являются: большой вынос твердой фазы с фугатом (35-60) %; низкое качество фугата в связи с повышенным содержанием загрязнений и необходимость его дальнейшей обработки с увеличением нагрузки на очистные сооружения; быстрая изнашиваемость вращающихся частей центрифуг.

Глава 6 Термическая сушка осадков сточных вод

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, центрифугах. Ее применение обеспечивает возможность эффективного удаления осадков с территорий очистных сооружений и их дальнейшую утилизацию.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов сыпучий материал влажностью 10-50 %.

Известны следующие способы термической сушки: конвективный, радиационно-конвективный, кондуктивный, сублимационный в электромагнитном поле. Наибольшее применение получил конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия передается высушиваемому материалу непосредственно теплоносителем – сушильным агентом. В качестве сушильного агента используют топочные газы, перегретый пар или горячий воздух. В практике термической сушки осадков сточных вод наибольшее распространение получил способ сушки топочными газами.

Применение топочных газов экономично, так как оно позволяет проводить процесс сушки осадков при высоких температурах (500-800 °С), а с увеличением температуры сушильного агента сокращаются габариты сушильных установок и расход электроэнергии на транспортирование отходящих газов.

Сушилки конвективного типа можно разделить на две большие группы:

I – при продувке сушильного агента через слой материала частицы его остаются неподвижными (относительно)

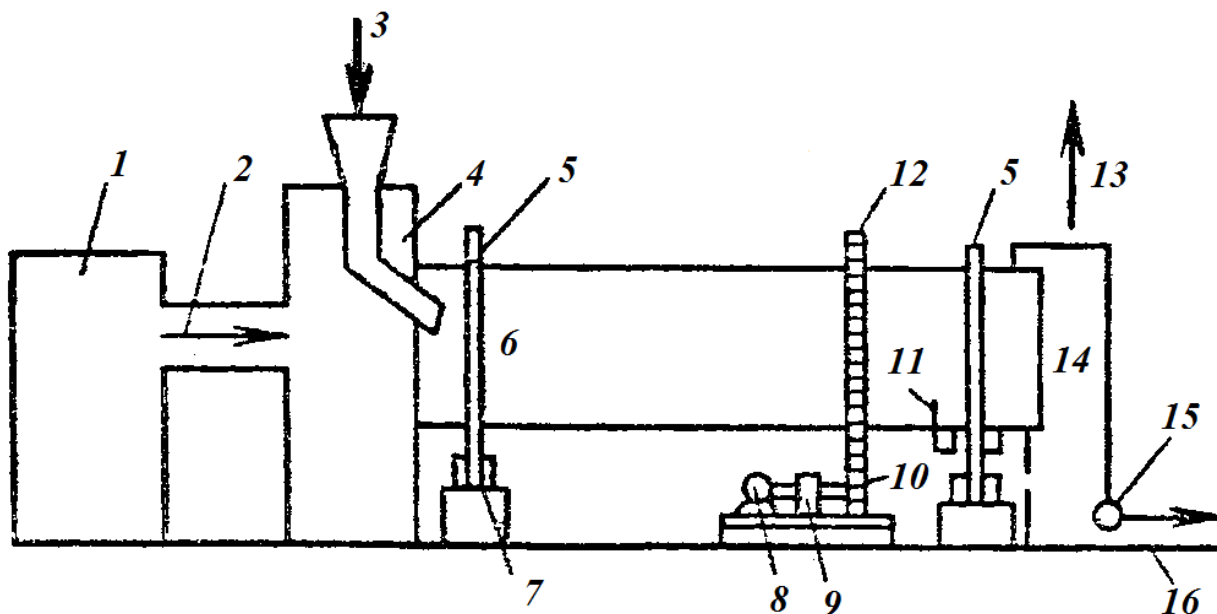
II – частицы материала перемещаются и перемешиваются потоком сушильного агента.

По классификации П.Г.Романкова и Н.Б.Рашковской, к первой группе относятся сушилки барабанные, ленточные, петлевые и др., ко второй группе сушилки со взвешенным слоем (кипящим и фонтанирующим, вихревым и пневмосушилки). В сушилках второй группы сушильный агент имеет гораздо более полный контакт с частицами высушиваемого материала. Поэтому интенсивность сушки в них выше, а продолжительность процесса меньше, чем в аппаратах первой группы.

В практике сушки обезвоженных осадков сточных вод нашли применение сушилки как первой, так и второй группы.

6.1 Барабанные сушилки

Барабанные сушилки, выпускаемые отечественными заводами диаметром 1-3,5 м и длиной 4-27 м, работают по первой схеме с прямоточным движением осадка и сушильного агента, в качестве которого применяют топочные газы, имеющие температуру на входе в сушилку 600-800 °С, на выходе из нее – 170-250 °С. Основными элементами сушилки (рисунок 6.1) являются вращающийся барабан, загрузочная камера, соединенная с топкой и выгрузочная камера. Частота вращения барабана 1,5-8 об/мин. Для отсоса отработанных газов устанавливают вентилятор. Барабан установлен наклонно к горизонту с углом 3-4 °, уложен на катках и имеет привод, от которого осуществляется вращение. Осадок перед загрузкой в барабан должен иметь влажность не более 50 % во избежание прилипания к внутренней поверхности. Для снижения влажности поступающего осадка к нему добавляют ранее высушенный осадок. Перемещению осадка внутри барабана способствует движение топочных газов. Для измельчения и перемешивания осадка в начале и конце сушилки устанавливают корабельные цепи, свободно подвешиваемые к внутренней поверхности барабана, а для равномерного распределения осадка по сечению насадки (винтовая, лопастная, секторная).

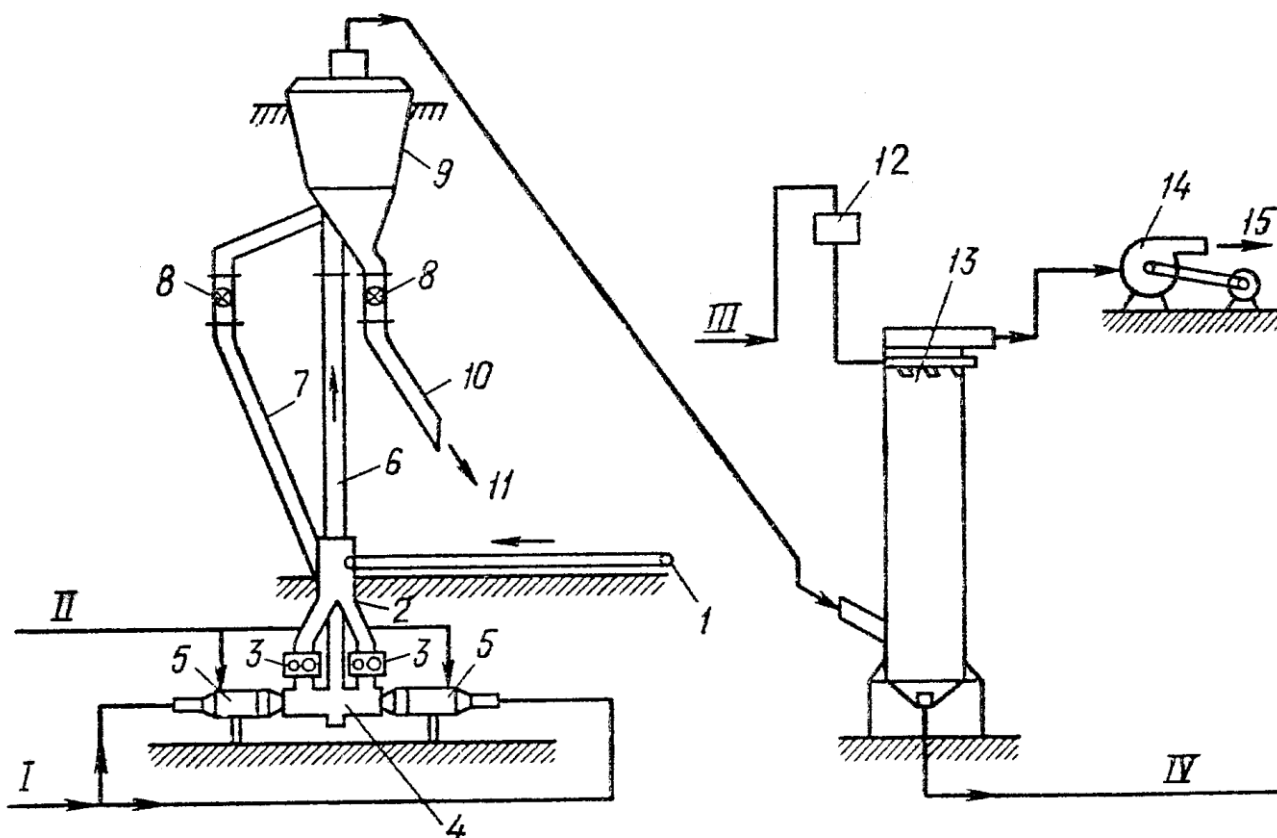


- 1 – топка; 2 – топочные газы; 3 – подача кека; 4 – загрузочная камера;
5 – бандаж; 6 – барабан; 7 – опорные ролики; 8 – электродвигатель;
9 – редуктор; 10 – ведущая шестерня; 11 – упорные ролики; 12 – зубчатый венец; 13 – отработавшие газы; 14 – выгрузочная камера; 15 – шлюзовый затвор; 16 – выпуск сухого осадка

Рисунок 6.1 – Схема барабанной сушилки

После сушки в барабанной сушилке осадок не загнивает, не содержит гельминтов и патогенных микроорганизмов, имеет влажность 20-30 %. Расчетная нагрузка на 1 м³ барабанной сушилки составляет 10 кг влаги в 1 час.

Барабанные сушилки имеют большую единичную производительность, но малое напряжение по влаге, что обуславливает их большие габариты, массу и металлоемкость. Они имеют низкий КПД, требуют высоких капитальных затрат и относительно сложны в эксплуатации.



- 1 – ленточный конвейер для подачи осадка; 2 – приемная камера; 3 – двух-валковые шнековые питатели; 4 – сушильная камера с разгонными трубами; 5 – камеры сгорания; 6 – вертикальный стояк; 7 – трубопровод для ретур; 8 – шлюзовые затворы; 9 – сепаратор воздушно-проходного типа; 10 – трубопровод сухого осадка; 11 – подача осадка в бункер готового продукта; 12 – напорный бак; 13 – водяной скруббер; 14 – вентилятор; 15 – отвод очищенных газов в атмосферу; I – воздух; II – топливо (газ); III – вода; IV – шлам в канализацию

Рисунок 6.2 – Схема установки для термической сушки механически обезвоженных осадков в сушилке со встречными струями

6.2 Сушилki со встречными струями

Метод сушки осадков во встречных струях газозвеси является одним из наиболее эффективных, так как процесс происходит во взвешенном состоянии осадка и относится ко II группе.

Сущность метода сушки во встречных струях заключается в том, что частицы материалов, находясь во взвешенном состоянии в горючем газовом потоке, т.е. образуя с ним газозвесь, движутся по соосным горизонтальным трубам навстречу друг другу и в результате ударной встречи струй вступают в колебательное движение, проникая из одной струи в другую. Это приводит к увеличению истинной концентрации материалов в зоне сушки. При высоких скоростях сушильного агента происходит измельчение материала, при этом увеличивается суммарная поверхность тепло- и массообмена.

Установка работает в переменном режиме встречных струй и аэрофонтанирования. Схема сушилki со встречными струями (СВС) показана на рисунке 6.2.

Сушилka является двухступенчатым аппаратом, нижняя ступень которого – элемент со встроенными струями 4, а верхняя аэрофонтанный аппарат 9.

Механически обезвоженный осадок подается при помощи ленточного транспортера 1 в приемную камеру 2, затем при помощи двухвалковых шнековых питателей 3 в сушильный элемент 4 со встречными струями, выполненный в виде двух горизонтальных разгонных труб, врезанных соосно в вертикальный стояк 6. При этом сушка производится по ретурной схеме с добавкой мелких высушенных частиц 7 к механически обезвоженному осадку. Выгрузка сухого гранулированного осадка 11 производится непосредственно из аэрофонтанного аппарата 9. Кек с ретуром смешивается в двухвалковом шнековом питателе 3, обеспечивающем выдачу однородной по составу и влажности смеси. Добавление ретура снижает влажность, улучшает условия прохождения смеси через питатель и сушилку.

В качестве второй ступени сушки (аэрофонтана) целесообразно использовать серийно выпускаемые промышленностью сепараторы воздушно-проходного типа 9, они предназначены для разделения сыпучих материалов на фракции, но в них происходит и досушка материалов.

По сравнению с барабанными сушилками применение сушилок со встречными струями позволяет сократить капитальные затраты в 3-

4 раза, а эксплуатационные в среднем на 15 %. При этом значительно сокращается требуемая площадь для строительства установок и численность обслуживающего персонала.

Промышленностью выпускаются установки СВС-1,4-2,2; СВС-3-5,5; СВС-9-10 производительностью по испаряемой влаге соответственно 1,4...2,2; 3,5...5; и 9...10 т/ч. Корпус термической обработки с двумя агрегатами СВС-3,5-5 имеет размеры в плане 30×12 м и высоту 14,4 м (частично 7,0 м).

Термически высушенный осадок представляет собой обеззараженный сыпучий полидисперсный продукт с преобладающим размером частиц 1...7 мм.

Техническая характеристика сушилок со встречными струями приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Техническая характеристика сушилок со встречными струями

Показатель	Значение
Влажность осадков, %:	
до сушки	65...85
после сушки	30...50
Производительность установок по испаряемой влаге, т/ч	0,7...10
Температура сушильного агента, °С	
начальная	500...800
конечная	100...150
Давление воздуха перед соплами, МПа	0,11...0,15
Скорость истечения газов из сопла, м/с	100...400
Удельные расходы на 1 кг испаряемой влаги теплоты, МДж	3,4...3,9
условного топлива, кг	0,114...0,128
сухого воздуха, кг	4...5
электроэнергии, кВт·ч	0,02...0,06
Напряжение объема по испаряемой влаге, кг/(м ² ·ч)	700...1000

Серийный выпуск СВС осуществляется Глазовским заводом химического машиностроения. Установки работают в городах Орехово-Зуеве, Воскресенске, Коломне, Санкт-Петербурге.

Расчет установок со встречными струями

Определяют общее количество осадка по сухому веществу, подаваемого на сушилки, т/сут, по формуле

$$Q_{\text{сух}} = Q_{\text{муд}} + Q_i^s, \quad (6.1)$$

Производительность сушильной установки по исходному осадку, т/ч, определяют по формуле

$$G_{\text{вл}} = Q_{\text{сух}} \cdot \frac{100}{100 - P_1} \cdot \frac{1}{\tau}, \quad (6.2)$$

где P_1 – влажность осадка до сушки, %;

τ – продолжительность работы сушилки, час.

Производительность установки по высушенному осадку, т/ч, определяют по формуле

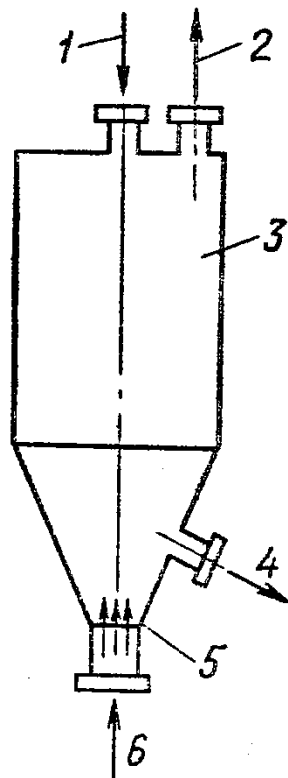
$$G_{\text{выс}} = Q_{\text{сух}} \cdot \frac{100}{100 - P_2} \cdot \frac{1}{\tau}, \quad (6.3)$$

где P_2 – влажность высушенного осадка, %.

Производительность установок по испаренной влаге, т/ч, определяют по формуле

$$G_w = G_{\text{вл}} - G_{\text{выс}}, \quad (6.4)$$

Принимают типовую сушилку СВС и определяют их количество.



1 – подача осадка; 2 – отвод отходящих газов в циклон; 3 – камера;
4 – выпуск сухого осадка; 5 – решетка; 6 – подача сушильного агента

Рисунок 6.3 – Схема цилиндрикоконической сушилки с фонтанирующим слоем

6.3 Цилиндроконическая сушилка с фонтанирующим слоем

Высокоэффективными сушильными аппаратами являются сушилки кипящего слоя с механическим перемешиванием, сушилки виброкипящего и фонтанируемого слоев, вакуумные комбинированные и др.

Принципиальная схема цилиндрической сушилки, работающей в режиме фонтанирования, показана на рисунке 6.3

Сушильный агент, подаваемый в камеру под решетку, проходит вверх, преимущественно по оси камеры, подхватывает частицы осадка, подаваемого в пространство над решеткой, увлекает их за собой и фонтаном отбрасывает к периферии. По боковым поверхностям конуса частицы сползают вниз к решетке, где вновь подхватываются потоком сушильного агента. Циркулируя по сушильной камере, осадок высушивается. Высушенный материал выводится внизу из конической части аппарата. Регулируя уровень выгрузки готового продукта, можно изменить продолжительность обработки осадка.

6.4 Вакуумные сушилки

Вакуумные сушилки рекомендуется применять на очистных сооружениях производительностью до 50 тыс. м³/сут. Вакуум-сушку применяют для сырого осадка первичных отстойников, активного ила и их смеси, которые перед сушкой должны быть обезвожены, например на центрифугах.

На рисунке 6.4 показана технологическая схема вакуум-сушки осадков с предварительным центрифугированием уплотненного активного ила до влажности 70-80 %. Сырой осадок поступает в резервуар смеситель из первичных отстойников. В сушильные аппараты поступает смесь осадка и центрифугированного ила влажностью 90-92 % с помощью плунжерных насосов.

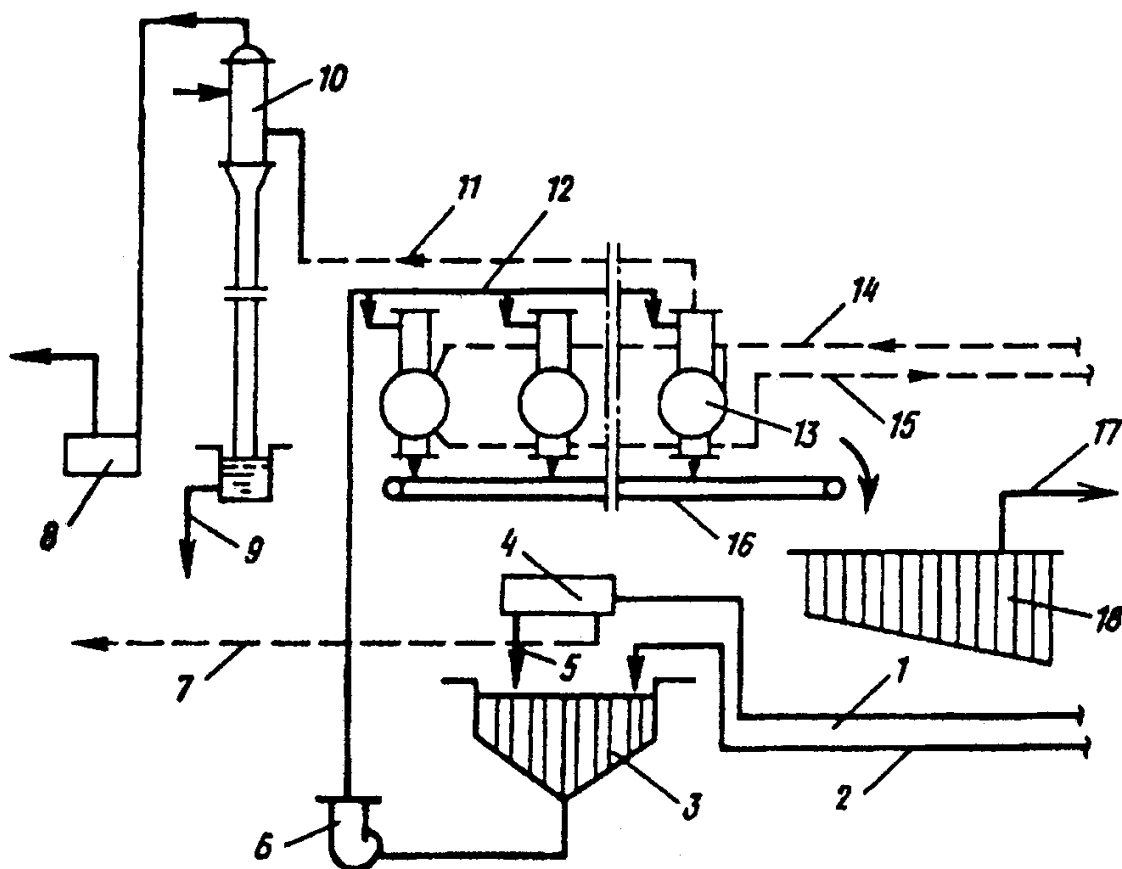
Обычно применяют барабанные вакуум-сушилки гребкового типа.

После вакуум-сушки осадки имеют гранулированный вид с влажностью 30-40 %.

Сушка осадка производится с помощью обогревающих рубашек с водяным паром и температурой насыщения 150 °С.

Сушильные аппараты периодически заполняются осадком не более чем на половину рабочего объема. Затем включается система обогрева сушилок и вакуум-насосы, создающие разрежение в аппарате. Вторичный пар, образующийся вследствие испарения воды осадка, по-

стует в барометрический конденсатор и оттуда в виде конденсата направляется на очистные сооружения.



1 – уплотненный избыточный активный ил; 2 – сырой осадок из первичных отстойников; 3 – резервуар-смеситель; 4 – центрифуга; 5 – центрифугированный активный ил; 6 – насос для подачи осадка в сушилку; 7 – фугат в аэротенки; 8 – вакуум-насос; 9 – конденсат вторичного пара; 10 – барометрический конденсатор; 11 – вторичный пар в конденсатор; 12 – исходный осадок в сушилки; 13 – вакуум-сушилки; 14 – пар от котельной; 15 – конденсат в котельную; 16 – конвейер сухого осадка; 17 – сухой осадок; 18 – бункер сухого осадка

Рисунок 6.4 – Технологическая схема вакуум-сушки осадков

Температура осадка в процессе сушки изменяется от 50-85 °С (кипение) до 30-40 °С (в конце сушки). При температуре около 85 °С происходит дегельминтизация осадка. После окончания сушки вакуум отключается, и сухой продукт выгружается на конвейер системой гребков реверсивного вращения.

Цикл вакуум-сушки осадков составляет 5-10 часов и зависит от исходной и конечной влажности осадков.

Так как термическая сушка жидких осадков требует большого расхода теплоты на испарение влаги, она может быть экономически це-

лесообразна для сушки относительно небольших объемов осадков, например, для сушки активного ила и использования его в качестве кормовой добавки к рациону сельскохозяйственных животных. Для такой сушки обычно применяют распылительные сушилки и сушилки со взвешенным слоем при температуре теплоносителя не более 250 °С.

Глава 7 Сжигание осадков

На Международном конгрессе в Москве по переработке и утилизации отходов, который состоялся в июне 2005 г. большое количество докладов было посвящено снижению влагосодержания осадков городских сточных вод, а главный упор был сделан на их сжигание. Это объяснимо и понятно, так как с каждым годом становится все меньше свободных земель для размещения, в частности, осадков городских сточных вод, и технология их ликвидации (сжигания) становится все более актуальной. Масса осадка при сжигании уменьшается примерно в 150 раз.

Сжигание осадков осуществляют, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна.

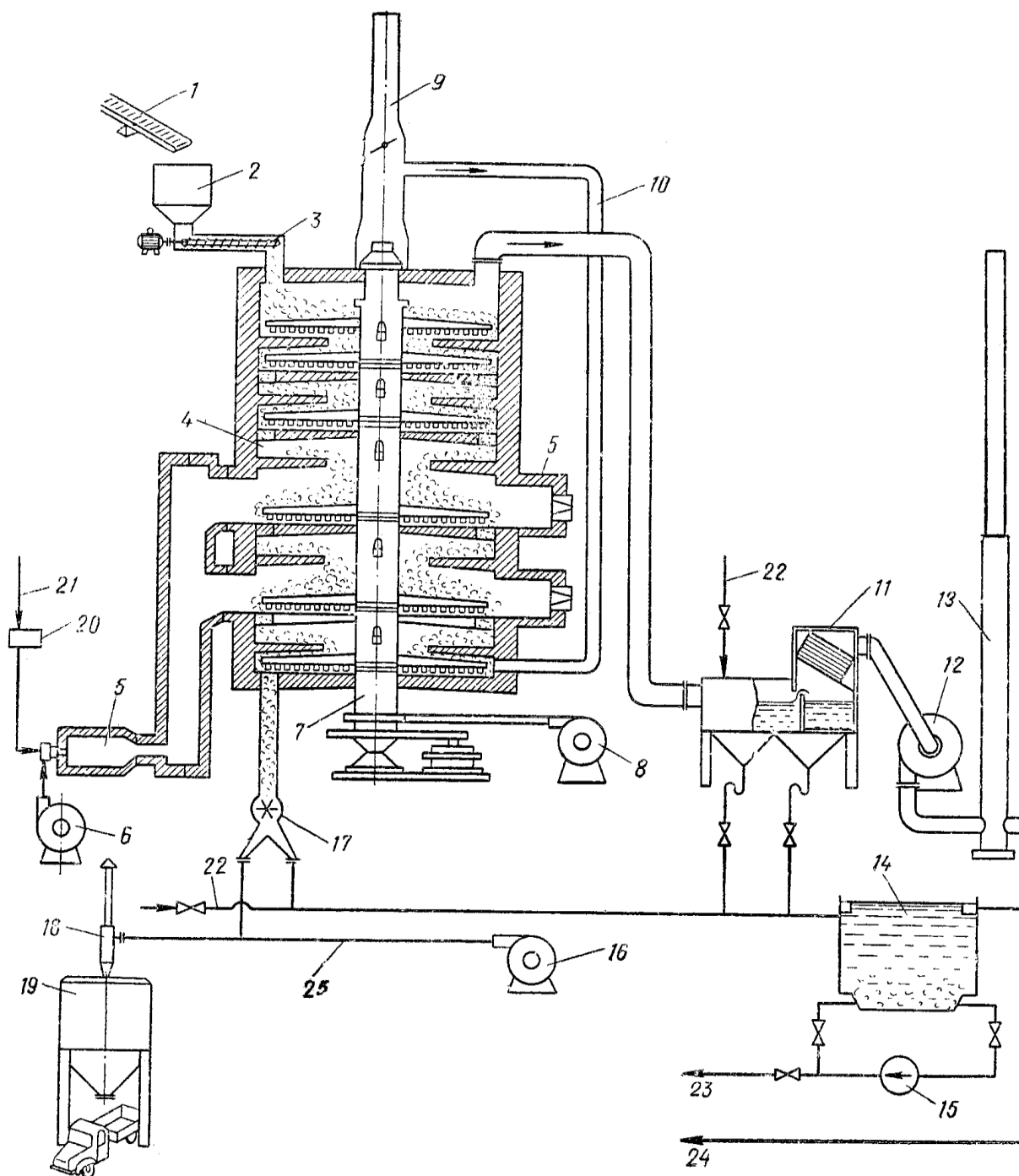
Сжигание – процесс окисления органической части осадков при повышенной температуре до нетоксичных газов (двуокись углерода, водяные пары и азот) и выделения минеральной части в виде расплава или сухого порошка (зола). Осадки городских сточных вод целесообразно сжигать после их механического обезвоживания или термической сушки, или они могут пройти оба процесса.

Возможное присутствие в газах при сжигании осадков токсичных компонентов может вызвать трудности при их очистке перед выбросом в атмосферу.

Возгорание осадка происходит при температуре 200-500 °С. Прокаливание зольной части завершается его охлаждением. Температура в топке печи должна быть в пределах 700-1000 °С.

Установки для сжигания осадков должны обеспечивать полноту сгорания органической части осадка и утилизацию теплоты отходящих газов.

Для сжигания осадков наибольшее распространение получили **многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.**



1 – транспортер ленточный; 2 – бункер загрузки осадка; 3 – питатель шнековый; 4 – многоподовая печь; 5 – наружная топка; 6 – дутьевой вентилятор; 7 – вал печи; 8 – вентилятор охлаждения; 9 – труба атмосферная; 10 – рециркуляционный трубопровод; 11 – пылеуловитель мокрый; 12 – дымосос; 13 – труба дымовая; 14 – золовая емкость; 15 – насос перекачки золовой воды; 16 – вентилятор пневмотранспорта; 17 – питатель шлюзовый; 18 – разгрузитель циклонный; 19 – бункер выгрузки золы; 20 – газорегуляторная установка; 21 – трубопровод топливного газа; 22 – водопровод; 23 – золопровод; 24 – канализационный трубопровод; 25 – воздуховод

Рисунок 7.1 – Схема сжигания осадков в многоподовой печи

7.1 Многоподовые печи

Корпус многоподовой печи (рисунок 7.1) представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Топочное пространство печи разделено по высоте на семь-девять горизонтальных подов. В центре печи имеется вертикальный вал, на котором укреплены горизонтальные фермы гребковых устройств. Каждый под имеет отверстия, расположенные у одного пода по периферии, а у другого – в центральной части.

Осадок подается конвейером через загрузочный люк в верхнюю камеру печи, перемещается гребками к пересыпному отверстию, сбрасывается на лежащий ниже под и т.д. Вертикальный вал и фермы гребковых механизмов выполняются полыми и охлаждаются воздухом, подаваемым вентилятором.

На верхних подах осадок сушится, на средних – органическая часть осадка сгорает при температуре 600-900 °С, а на нижних – охлаждается зола перед сбросом в бункер. Из печи газы отводятся в мокрый пылеуловитель и дымососом выбрасываются в атмосферу.

Многоподовые печи просты и надежны в эксплуатации. К их недостаткам относятся высокая строительная стоимость, большие габариты, частый выход из строя гребковых устройств.

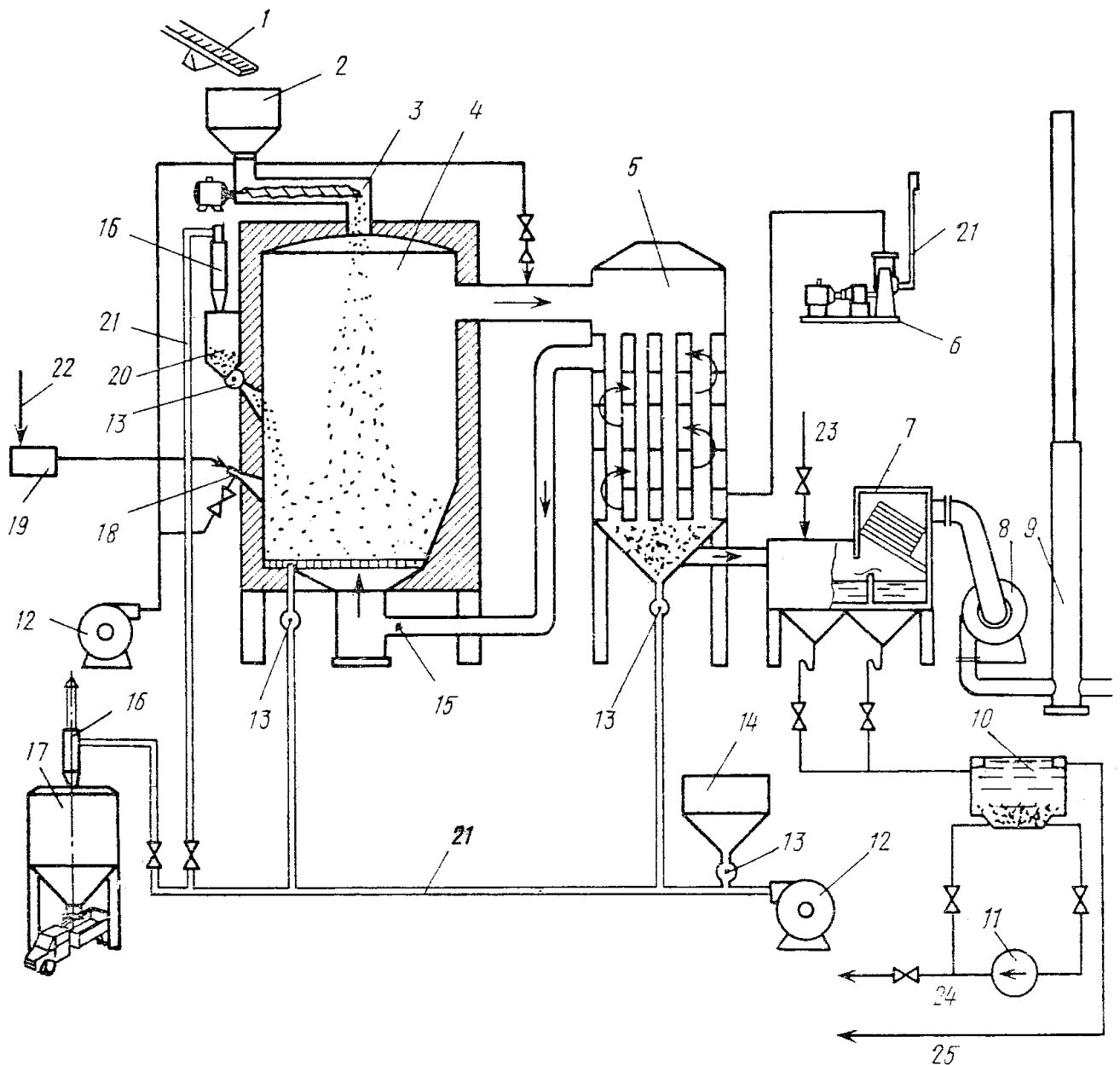
7.2 Печи кипящего слоя

Процесс сжигания осадков в условиях псевдосжиженного слоя значительно эффективнее, чем в стационарном слое.

Печь кипящего слоя представляет собой вертикальный стальной цилиндр, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Внутри печи имеется топочная камера, конусная часть с воздухораспределительной беспровальной решеткой и куполообразным сводом (рисунок 7.2).

На решетке насыпан песок крупностью 0,6-2,5 мм слоем 0,8-1,0 м. Кипящий слой песка создается при продувании воздуха через решетку со скоростью, при которой частицы взвешиваются в газовом потоке. Воздух подается воздуходувкой, нагревается в рекуператоре дымовыми газами и подается под решетку. Осадок подается в печь через загрузочный бункер и шнековый питатель.

В кипящем слое происходит интенсивное перемешивание осадка с кварцевым песком, мгновенное испарение влаги и выделение летучих органических веществ. Весь процесс длится 1-2 мин.



1 – ленточный транспортер; 2 – бункер загрузки осадка; 3 – шнековый питатель; 4 – печь КС; 5 – рекуператор; 6 – воздуходувка; 7 – мокрый пылеуловитель; 8 – дымосос; 9 – дымовая труба; 10 – золовая емкость; 11 – насос перекачки золовой воды; 12 – вентилятор; 13 – шлюзовый питатель; 14 – бункер для песка; 15 – заслонка; 16 – циклонный разгрузатель; 17 – бункер выгрузки золы; 18 – газовая горелка; 19 – газорегуляторная установка; 20 – бункер-дозатор; 21 – воздуховод; 22 – трубопровод топливного газа; 23 – водопровод; 24 – золопровод; 25 – канализационный трубопровод

Рисунок 7.2 – Схема сжигания осадков в печи кипящего слоя

Мелкая зола и пыль выносятся из печи потоком отходящих газов, поступающих в рекуператор (воздухонагреватель). Для охлаждения отходящих газов между входом в рекуператор подается холодный воздух. Из рекуператора под давлением нагретый воздух, проходя с оп-

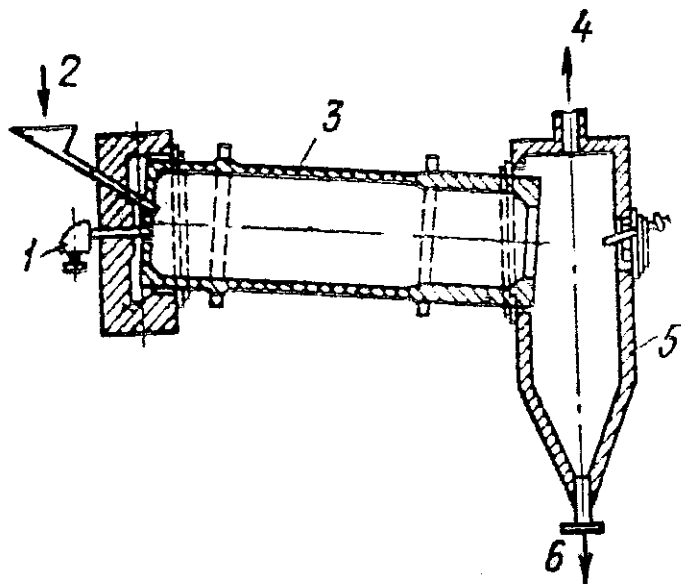
ределенной скоростью через решетку, обеспечивает поддержание псевдосжиженного слоя.

Дымовые газы, охлажденные в рекуператоре, проходят мокрую пылеочистку, освобождаются от золы, пыли и выбрасываются в атмосферу.

Достоинством печей кипящего слоя являются компактность установок, интенсивность процесса, возможность сжигания осадков различной влажности, недостатками – большая запыленность отходящих газов и необходимость устройства рекуператоров.

7.3 Барабанные вращающиеся печи

В отличие от барабанной сушилки, барабан вращающейся печи наклонен в сторону топки. Обезвоженный осадок загружается с противоположного от топки конца барабана (рисунок 7.3).



1 – горелка; 2 – подача обезвоженных осадков; 3 – барабанная печь; 4 – выход отходящих газов; 5 – камера дожигания и осаждения золы; 6 – выпуск золы

Рисунок 7.3 – Вращающаяся барабанная печь

По мере продвижения внутри барабана осадок сначала подсушивается, а затем сгорает. Горячая зола из топки поступает в воздушный охладитель и оттуда пневмотранспортом направляется в приемный бункер и вывозится. Отходящие газы отсасываются дымососом, проходят мокрый пылеуловитель и выбрасываются в атмосферу. Температура газов в зоне сушки 200 °С, а в зоне сжигания 900-1000 °С. Барабан в зоне сжигания футерован огнеупорным кирпичом. Скорость его вращения составляет 0,8-2 мин⁻¹. В зоне сушки внутри барабана устроены на-

садки для перемешивания и дробления осадка.

Барабанные печи имеют небольшую запыленность отходящих газов и могут располагаться на открытом воздухе, кроме топочной части и камеры загрузки. Недостатками вращающихся барабанных печей является громоздкость, большие капитальные затраты и относительная сложность эксплуатации.

Глава 8 Обеззараживание и обезвреживание осадков сточных вод

Многочисленные исследования санитарного состояния осадков городских сточных вод показали, что они содержат большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов.

Для обеззараживания осадков применяют следующие методы: термический, химический, биотермический, биологический, физический.

8.1 Термический метод обеззараживания

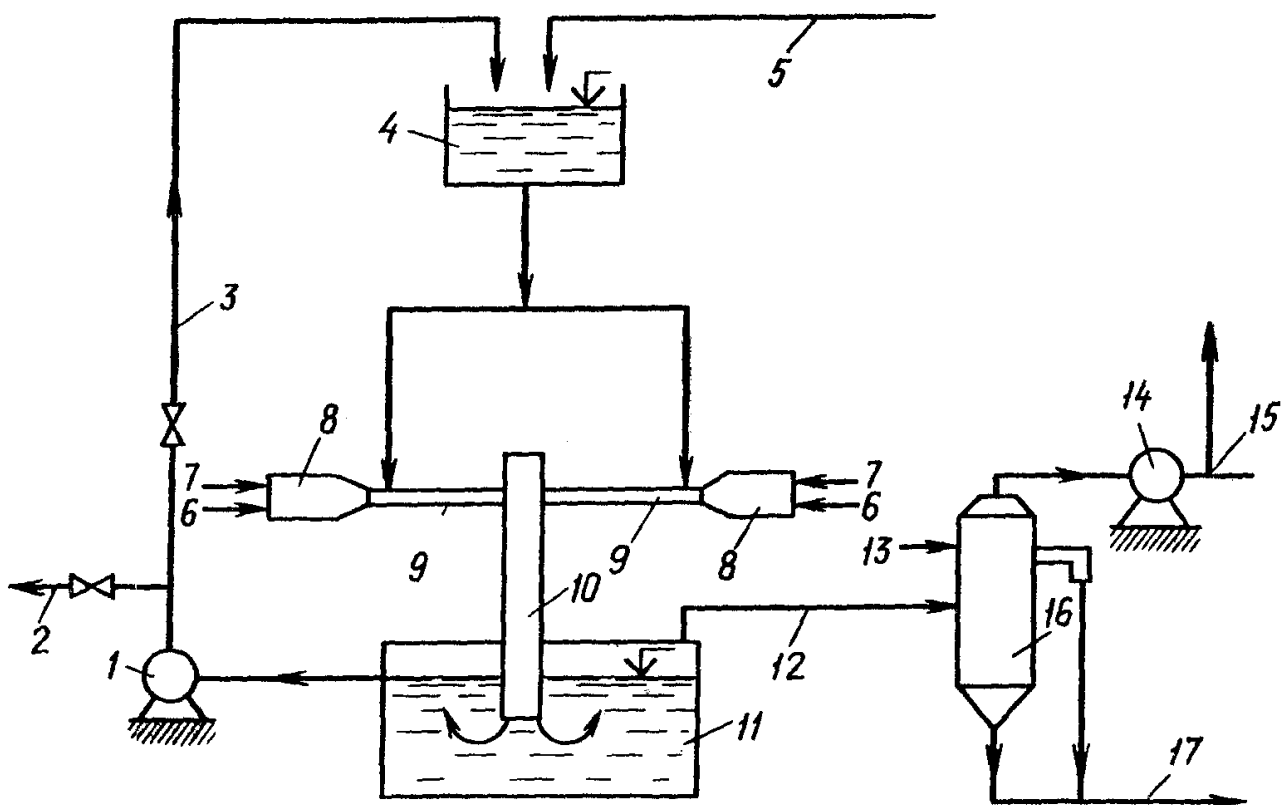
Термический метод обеззараживания в общем виде включает прогревание, сушку, сжигание.

При сушке и сжигании осадков, изложенных в главах 6, 7 и п. 2.4 происходит полное обеззараживание (дегельминтизация) осадков.

При нагревании жидких осадков до температуры 52-56 °С в течение 5 минут погибают многие патогенные бактерии, при температуре нагрева до 62-74 °С и продолжительности 30 минут отмирают вирусы. Термическая обработка опасных в санитарном отношении осадков должна являться обязательной стадией их обработки, особенно в технологических процессах, предусматривающих утилизацию осадка.

НИИ КВОВ АКХ им. К.Д.Памфилова разработан способ нагрева жидкого осадка во встроенных струях газозвеси. Схема показана на рисунке 8.1.

Осадок эжектируется двумя направленными навстречу друг другу струями топочных газов с температурой (600-800) °С. Скорость выхода газа из сопел камер сгорания, в которых сжигается жидкое или газообразное топливо, составляет более 100 м/с. Для увеличения времени контакта теплоносителя с осадком и сокращения потерь тепла с отходящими газами предусмотрена дополнительная обработка осадка путем пропуска его в смеси с топочными газами через слой ранее нагретого осадка.



1 – насос; 2, 3 – трубопроводы нагретого осадка; 4 – резервуар осадка; 5 – трубопровод жидкого осадка; 6 – воздуховод; 7 – подача топлива; 8 – камера сгорания; 9 – диспергационно-нагревательная камера; 10 – пневмотруба; 11 – бак нагретого осадка; 12 – газоход; 13 – трубопровод технической воды; 14 – дымосос; 15 – выброс отработавших газов в атмосферу; 16 – газоочиститель; 17 – выпуск шлама в канализацию

Рисунок 8.1 – Схема нагревателя со встречными струями для обеззараживания жидких осадков

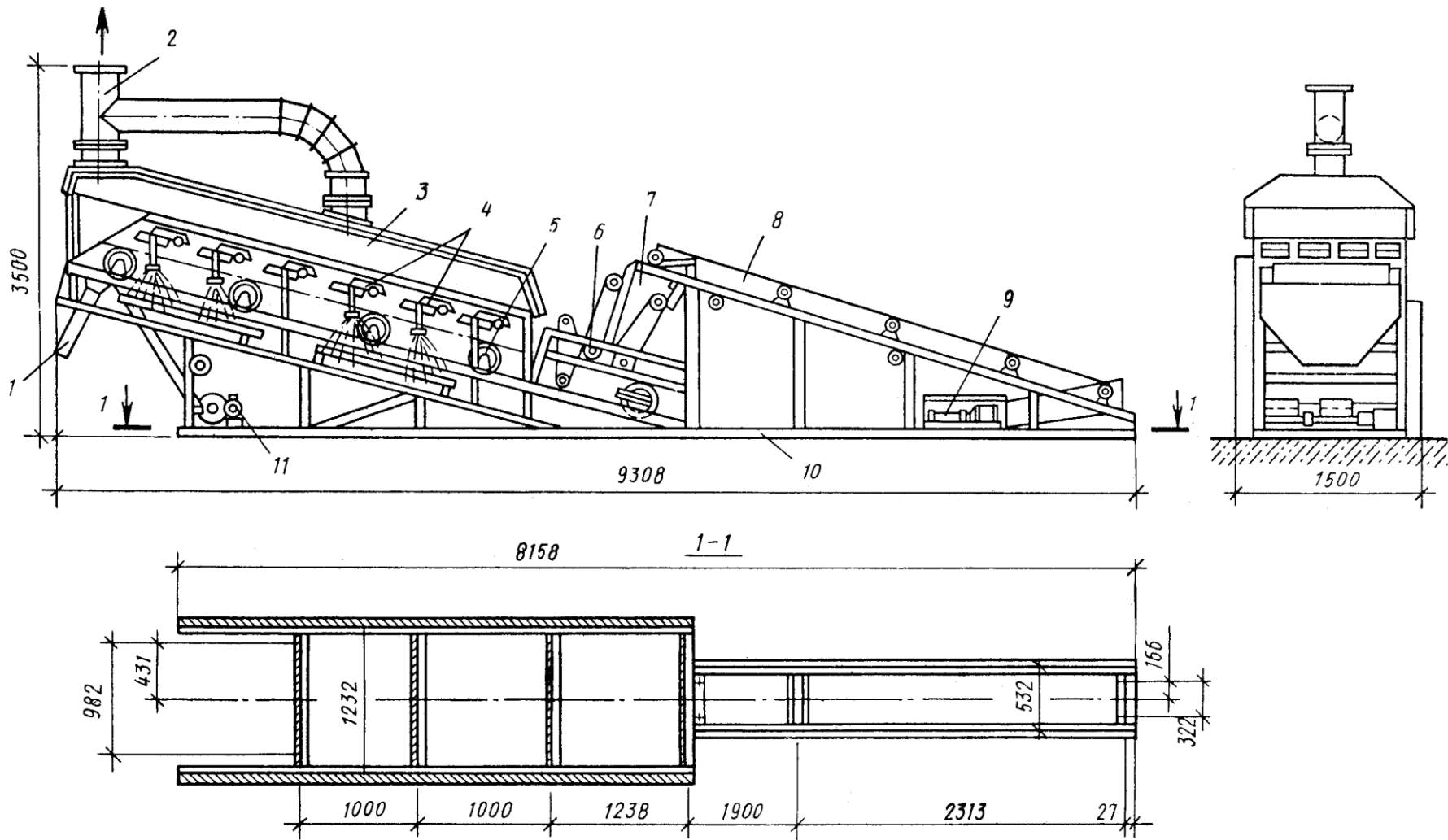
Для гарантирования требуемых параметров нагрева предусмотрена рециркуляция осадка с многократным пропуском его через зону нагрева.

Обеззараживание жидких осадков термическим методом получило широкое применение за рубежом.

Дегельминтизация обезвоженных осадков

Наиболее эффективное обезвреживание механически обезвоженных осадков достигается термической сушкой. Для очистных сооружений производительностью до (20-30) тыс. м³/сут и при транспортировании осадков на небольшие расстояния дегельминтизация путем кратковременного прогревания оказывается экономически выгоднее термо-сушки.

Туровским И.С. предложен радиационный способ дегельминтизации обезвоженных осадков с источниками инфракрасного излучения.



104

1 – лоток сброса обработанного осадка; 2 – вентиляционная система; 3 – зонт; 4 – газовые горелки; 5 – ленточный транспортер; 6 – регулировочные валы; 7– приемный бункер; 8 – транспортер; 9, 11 – электродвигатели; 10 – металлическая рама

Рисунок 8.2 – Дегельминтизатор типа КГДМ

Метод отличается от контактного, в котором передача теплоты к обрабатываемому осадку производится путем теплопроводности тем, что инфракрасные лучи, проникая в осадок, превращаются внутри его в тепловую энергию, при этом поток теплоты увеличивается по сравнению с потоком теплоты при конвективной сушке. Схема камер дегельминтизации показана на рисунке 8.2.

Осадок, обезвоженный на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах или центрифугах, ленточным транспортером подается в приемный бункер, из которого поступает на металлический конвейер, где с помощью газовых горелок инфракрасного излучения прогревается до заданной температуры. Температура прогрева осадка регулируется скоростью движения ленты, числом работающих горелок и толщиной слоя осадка на ленте. Для создания слоя требуемой толщины бункер имеет подвижные стенки из листовой резины и регулировочные валы. Основным определяющим параметром в этом процессе является время прогрева осадка до заданной температуры. На продолжительность процесса дегельминтизации большое влияние оказывает толщина слоя осадка, его удельная теплоемкость, мощность и высота установки источников излучения, глубина проникания лучей и т.д.

Более эффективногреваются осадки, имеющие более рыхлую, рассыпчатую структуру. В среднем продолжительность обработки составляет от 2 до 8 минут и зависит от температуры нагрева и толщины слоя осадка, которая может составлять 10-30 мм. Техническая характеристика камеры дегельминтизации приведена ниже.

Техническая характеристика камеры дегельминтизации

Производительность по обезвоженному осадку, м ³ /ч...	0,4-0,6
Длина, мм:	
транспортера с металлической лентой	5480
ленты по осям барабанов	4500
Скорость движения ленты металлического транспортера, м/мин	
	0,7
Толщина слоя кека, мм	10-25
Ширина, мм:	
ленты	1200
камеры	1600
Давление газа в сети, МПа (мм.вод.ст.)	0,007-0,024 (70-250)
Расход газа на одну горелку, м ³ /ч	0,56-1,06

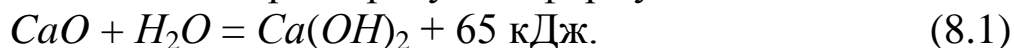
Число горелок ГК-27-У1	24
Высота установки горелок над слоем кека, мм	100-200
Вид топлива	Природный газ

8.2 Химический метод обеззараживания

Химическое обеззараживание осадков можно производить как жидких, так и обезвоженных. Для химического обеззараживания осадков применяют известь, аммиак, тиазон, формальдегид и мочевины. Остаточное количество этих веществ в осадках предотвращает реактивацию патогенных микроорганизмов и поддерживает стабильность осадков.

Обеззараживание осадков известью

Доказано, что введение в осадки извести повышает их рН до 10 и более, при этом сырые осадки теряют запах и подавляется в них развитие санитарно-показательных микроорганизмов (кишечной палочки и энтерококка), но щелочная среда не оказывает существенного влияния на яйца гельминтов. Дегельминтизация происходит при введении в осадки негашеной извести, которая наряду с повышением щелочности обеспечивает повышение температуры осадков. В процессе гашения 1 моля (56 г) окиси кальция, содержащейся в извести, выделяется 65 кДж тепла. Процесс гашения характеризуется формулой



При гашении 1 кг химически чистой извести, содержащей 100 % CaO , выделяется соответственно 1152 кДж тепла. При этом расходуются 320 г воды.

Необходимое количество тепла, кДж, для нагревания осадка негашеной известью можно определить из выражения

$$Q_{mp} = (M_{oc} \cdot C_{oc} + M_u \cdot C_u) \cdot \Delta T, \quad (8.2)$$

где M_{oc} и M_u – масса осадка и извести соответственно, кг;

$C_u = 0,92$ – удельная теплоемкость извести, кДж/(кг·град);

ΔT – разность температур исходной и необходимой для обеззараживания осадка, °С.

Удельная теплоемкость осадка C_{oc} определяется по формуле

$$C_{oc} = 1,8 \cdot (1 + 0,85 \cdot P_{oc}), \quad (8.3)$$

где 1,8 – теплоемкость сухого осадка влажностью 5-10 %, кДж/(кг·град);

P_{oc} – влажность осадка, доли единицы.

Количество тепла, кДж, получаемого при гашении извести с учетом ее активности по CaO , составит

$$Q_u = 1152 \cdot a \cdot M_u, \quad (8.4)$$

где a – активность извести, доли единицы.

Массу негашеной извести, необходимую для нагрева осадка на ΔT , °С, определяют по формуле

$$M_u = \frac{M_{oc} \cdot C_{oc} \cdot \Delta T}{1152 \cdot a - C_u \cdot \Delta T}. \quad (8.5)$$

Повышение температуры ΔT_p , при введении в осадок определенной дозы извести определяют из уравнения материального баланса по формуле

$$\Delta T_p = \frac{1152 \cdot a \cdot M_u}{M_{oc} \cdot C_{oc} + M_u \cdot C_u}, \quad (8.6)$$

Исходя из условия полного гашения активной извести в осадке, влажность осадка после добавления к нему извести определяют по формуле

$$P_k = 1000 \cdot P_{oc} - \frac{0,32 \cdot a \cdot M_u}{M_{oc} + M_u}, \quad (8.7)$$

где P_k – влажность осадка, получаемая после добавления к нему извести, доли единицы.

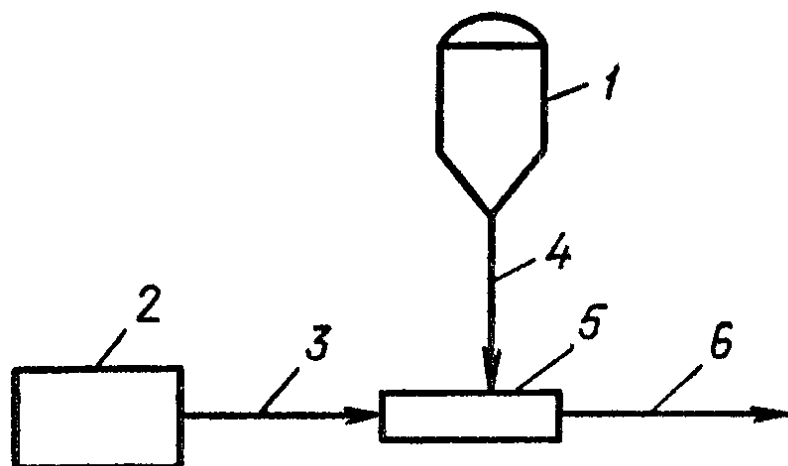
Необходимое количество извести M_u , кг, которое нужно ввести в 1 т осадка для снижения его влажности до требуемой величины определяют по формуле

$$M_u = \left(\frac{P_{oc} - P_k}{0,32 + W_k} \right) \cdot \frac{1000}{A}, \quad (8.8)$$

Вследствие того, что гашение извести может быть неполным, из-за ее неоднородности по крупности и качеству приведенные формулы можно использовать для предварительных расчетов, требующих корректировки.

Для снижения расхода извести, зависящего от объемов обрабатываемых осадков их необходимо предварительно сгущать или обезвоживать.

На рисунке 8.3 показана технологическая схема обеззараживания осадка негашеной известью, разработанная для станции аэрации г. Первоуральска.



1 – емкость для хранения негашеной извести; 2 – корпус обезвоживания осадка; 3 – конвейер обезвоженного осадка; 4 – трубопровод пневматической подачи извести; 5 – двухвальный смеситель осадка с известью; 6 – выгрузка обеззараженного осадка

Рисунок 8.3 – Технологическая схема обеззараживания осадка негашеной известью

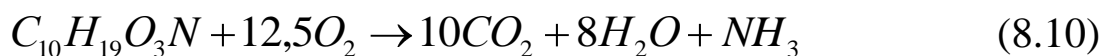
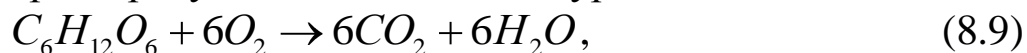
По данным Института медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И.Марциновского, полное обеззараживание обезвоженных осадков происходит при добавлении аммиачной воды в количестве 5 % по аммиаку от массы осадка и контакте не менее 10 сут. Применение безводного аммиака вместо аммиачной воды более эффективно, так как требуется его меньший расход. Обеззараживание осадков безводным аммиаком достигается при дозе 3 %. Для смешения осадка с аммиаком применяют двухвальные шнековые или лопастные смесители непрерывного действия.

Обеззараживание тиазоном осадков было исследовано на Курьяновской станции аэрации. Тиазон в количестве 0,2 ÷ 2 % от массы осадка и продолжительности 3-10 сут оказывает губительное действие не только на яйца гельминтов, но и на патогенные бактерии. Это обеспечивает получение эпидемиологически безопасного, пригодного для удобрения осадка. Внесение обработанного тиазоном осадка в почву позволяет также осуществлять основную функцию тиазона – уничтожение возбудителей инфекций, плесени, фитонематоды и сорняков.

8.3 Биотермическая обработка осадков сточных вод

Биотермическая обработка осадков сточных вод (компостирование) – это биотермический процесс разложения органических веществ осадков, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с

целью обеззараживания, стабилизации и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения. Аэробный процесс разложения органического вещества характеризуется обобщенными уравнениями



и сопровождается выделением теплоты.

Компостирование позволяет сократить топливно-энергетические расходы на обеззараживание осадков и улучшить их санитарно-гигиенические показатели (вследствие гибели болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух). В процессе жизнедеятельности аэробных микроорганизмов происходит потребление и расход органических веществ, поэтому этот метод наиболее эффективен при компостировании сырых несброженных осадков или в комбинации с мезофильно-сброженным осадком.

В связи с тем, что процесс эффективен лишь при определенной влажности осадков (60-80 %), компостированию целесообразно подвергать осадки механически обезвоженные или подсушенные на иловых площадках.

Для создания пористой структуры осадка требуемой влажности и оптимального соотношения углерода и азота ($C:N = 20:1 - 30:1$), обеспечивающих проведение биотермического процесса в аэробных условиях, компостирование осадков следует осуществлять в смеси с наполнителями. В качестве разрыхляющей и влагопоглощающей добавки используют размолотую древесную кору, листья, солому, древесные опилки, торф, сухой осадок и другие подобные компоненты.

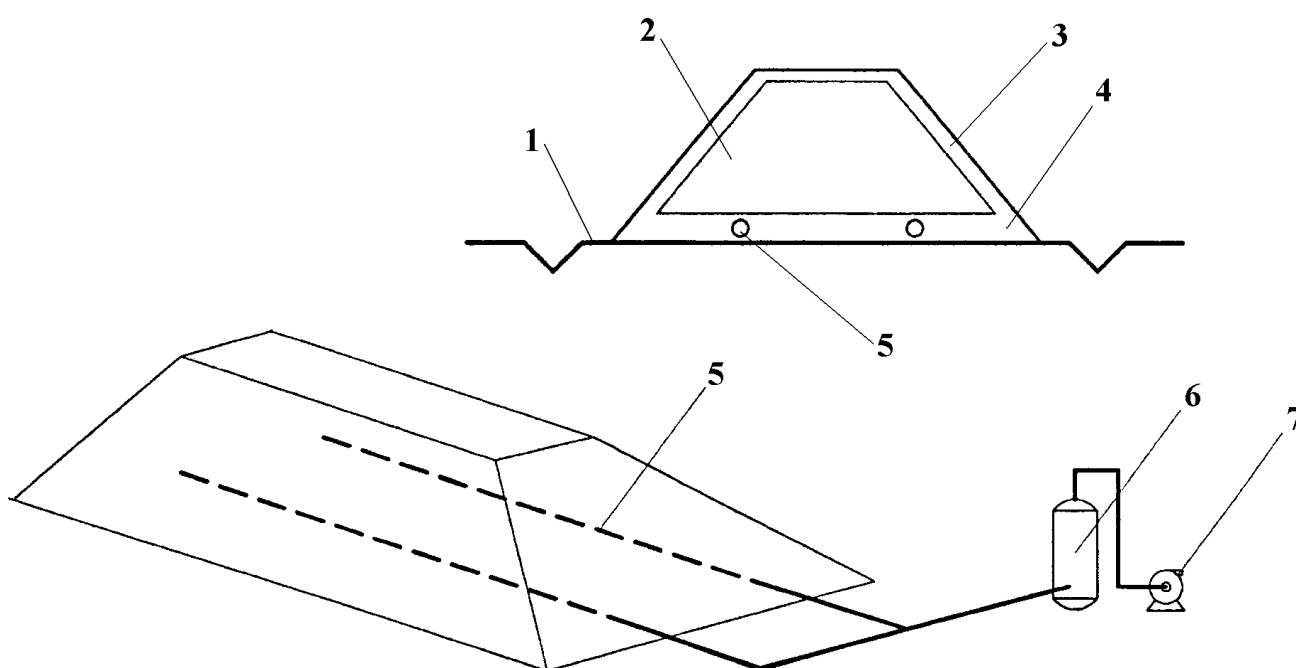
Процесс ферментации состоит из двух фаз. Первая фаза протекает в течение 1 – 3 недель, сопровождается интенсивным развитием микроорганизмов, при этом температура повышается до 50-80 °С.

Вторая фаза – фаза созревания компоста – более длительная, от двух недель до 3-6 месяцев, в весенне-летнее время за 1,5-2 месяца, сопровождается развитием простейших и членистоногих организмов и снижением температуры до 40 °С и ниже. Для равномерного прогревания и обеспечения микроорганизмов воздухом в период компостирования необходимо 2-3-разовое переполачивание компостируемой массы. В зависимости от состава осадков, продолжительности и условий компостирования количество органических веществ сокращается на 25-40 %.

В результате биотермической обработки получают компост в виде сыпучего материала влажностью 40-50 %.

В последние годы компостирование находит широкое применение, различными способами, среди которых компостирование грядами, статическими кучами и механическое компостирование. Основные операции процесса во всех системах компостирования аналогичны.

Наибольшее применение получило компостирование статическими кучами. На площадках с водонепроницаемым основанием (асфальтированным или бетонным) формируют штабеля трапециевидальной формы с использованием крана или бульдозера-экскаватора. Высота штабеля 1-3 м (при естественной аэрации и до 5 м при принудительной аэрации), ширина по низу от 6 до 12 м, длина не ограничивается (рисунок 8.4).



- 1 – асфальтированная площадка; 2 – штабель; 3 – укрывающий слой;
 4 – подстилающий слой; 5 – перфорированные трубы; 6 – каплеотделитель;
 7 – вытяжной вентилятор

Рисунок 8.4 – Схема статической кучи компостирования с принудительной аэрацией

При искусственной аэрации в основание штабеля укладывают перфорированные трубы диаметром 100-200 мм с размером отверстий 8-10 мм. Расход воздуха принимается 10-25 м³ на 1 т органического вещества смеси. Воздух подается воздуходувной установкой или отсасывается вентилятором. По контуру площадки устраивают лотки для сбора стока. Для предотвращения размножения мух и грызунов и обеспечения теплоизоляции предусматривается укрытие компостируемой

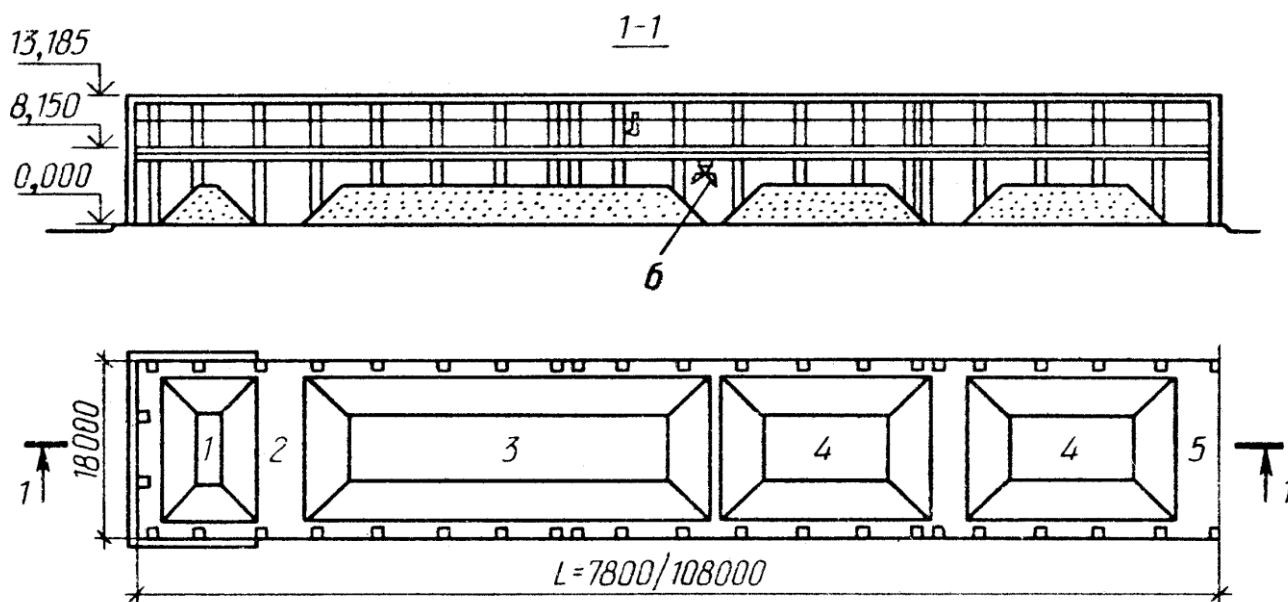
массы готовым компостом слоем 20 см и более.

Таблица 8.1–Показатели методов обеззараживания осадков сточных вод

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м ³ обезвоженного осадка	Влажность после обработки, %	Основные преимущества метода	Основные недостатки метода	Предпочтительная область применения
Обработка в камерах дегельментизации	600-700	60-70	Простота эксплуатации, невысокий расход топлива	Относительно высокие влажность и стоимость транспортировки осадка	Сооружения по очистке сточных вод пропускной способностью до 20 тыс м ³ /сут
Термическая сушка в сушилках со встречными струями	1900-2800	35-40	Сокращаются транспортные расходы, упрощается утилизация как удобрения, так и топлива	Высокий расход топлива, потребность в квалифицированном персонале, необходимость очистки отходящих газов	То же, пропускной способностью более 100 тыс м ³ /сут
Биотермическая обработка (компостирование)	–	45-50	Сокращаются топливно-энергетические и транспортные расходы, готовится качественное удобрение	Необходимость устройства площадок с водонепроницаемым покрытием и применения наполнителей (бытовых отходов, готового компоста, торфа, опилок и т.п.)	То же, пропускной способностью до 200 тыс м ³ /сут
Сжигание с использованием получаемой теплоты	от -300 до +1800	–	Значительно сокращаются транспортные расходы, возможно получение дополнительной теплоты	Необходимость эффективной очистки отходящих газов, потребность в квалифицированном персонале	Сооружения по очистке сточных вод при отсутствии потребителей удобрений из осадков или высокой их токсичности

Разработаны типовые сооружения компостирования осадка с подачей воздуха от воздуходувной станции. При количестве обезвоженного осадка по сухому веществу 5 т/сут длина сооружения составляет 78 м; 7 т/сут – длина 108 м. Смешение и перемещение компоста осуществляется мостовым грейферным краном (5 т) и бульдозерами ДЗ-37 (Д579).

Площадки компостирования показаны на рисунке 8.5.



1 – закрытая площадка для хранения присадочного материала; 2 – площадка для погрузки готового компоста; 3 – площадка дозревания; 4 – площадка компостирования; 5 – площадка смешения осадка с присадочным материалом; б – кран

Рисунок 8.5 – Типовое сооружение компостирования осадка

8.4 Биокomпостирование осадков городских сточных вод

Переработка осадков сточных вод (ОСВ) требует особого подхода и применения технологий, позволяющих их утилизировать, в результате чего из отходов можно получить ценное удобрение.

Многочисленные исследования, проведенные в лаборатории «Вермитехнологии» СибГИУ, а также освещенные в литературе, свидетельствуют о высокой агрохимической ценности осадков, которые по содержанию азота, фосфора, органических веществ находятся на уровне навоза животноводческих комплексов.

В связи с особым вниманием в последние годы к проблемам экологии, вермикультивирование является одной из наиболее перспективных, экологически чистых, экономически малозатратных и безотходных технологий, биологическая основа которой исключает опасность

загрязнения среды, **снижает содержание тяжелых металлов и дегельминтизирует осадки.** Наиболее эффективными для вермикультивирования являются черви, относящиеся к виду красных червей. В лаборатории «Вермитехнологии» СибГИУ работают два штамма этих животных – это Ивано-Франковский и корпорации «ГринПик» г. Владимир.

Черви, поглощая ОСВ или субстраты на их основе, выделяют вместе с копролитами большое количество собственной микрофлоры, ферментов и других биологически активных веществ, которые обладают антисептическими свойствами. Они препятствуют развитию патогенной флоры, выделению зловонных газов и обеззараживают почву. Вермикультура способна накапливать в теле тяжелые металлы и переводить их в связанные формы, недоступные для растений, что позволяет расширить спектр применения конечного продукта переработки.

Таблица 8.2 – Химический анализ субстратов

Наименование показателей	Единицы измерения	ОСВ		ОСВ:СВК		ГОСТ Р 17.4.3.07-2001
		До обработки ВМК	Вермикомпост на основе ОСВ	До обработки ВМК	Вермикомпост на основе ОСВ:СВК	
Органическое вещество	%	31-33,92	33,5-35,1	32-34,85	32,2-35,1	не менее 20
рН		6,5-6,8	6,6-6,9	6,25-6,5	6,4-6,89	5,5-8,5
Массовая доля общего азота	%	1,89-2,1	1,93-2,8	1,5-1,74	1,8-1,96	не менее 0,6
Доля общего фосфора	%	2,9-3,155	3,18-3,45	2,9-3,105	3,1-3,12	не менее 1,5
Свинец	Мг/кг	44,4-47,2	29,8-30,1	34-43,5	28,1-31,0	250
Кадмий	Мг/кг	0,92-1,03	0,84-0,91	–	–	15
Никель	Мг/кг	112,9-118	82,7-88,9	100-120	76,8-79,3	200
Хром	Мг/кг	18,02-24,0	13,1-15,4	12,1-19,3	7,4-10,2	500
Цинк	Мг/кг	640,21-670	420-431,5	431-500,2	330,4-380,7	1750
Медь	Мг/кг	19,41-21,6	15,7-16,8	18,6-19,8	14,6-15,7	750
Мышьяк	Мг/кг	4,15-4,8	3,5-3,9	3,5-4,18	2,3-3,3	10
Марганец	Мг/кг	593,3-600,8	412,4-465	537,5-580	395,6-471,5	2500*
Кобальт	Мг/кг	–	–	8,5-10	6,4-7,6	100*

Примечание – Показатели не определялись

* – Экологические нормативы для вермикомпостов по Орлову, Садовниковой.

В лаборатории проводились многочисленные исследования по переработке вермикультурой осадков сточных вод (ОСВ), а также в сочетании с перегноем свиного комплекса (СВК) и крупного рогатого скота. Для получения более рыхлого копролита в ОСВ добавлялся перегной СВК в соотношениях от 5:1 до 1:1.

Химический анализ субстратов до обработки вермикультурой и после (вермикомпоста) приведены в таблице 8.2.

Токсикологическая оценка вермикомпоста, приведенная по суммарному содержанию валовых и подвижных форм тяжелых металлов выявила значительное уменьшение их содержания при переработке осадка городских сточных вод и отходов животноводческих комплексов вермикультурой. При этом вермикомпост имеет рыхлую структуру, не содержит яиц гельминтов и не имеет запаха.

Глава 9 Утилизация отходов городских сточных вод

В настоящее время значительно расширились возможности использования осадков городских сточных вод вследствие принятия ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Это позволяет сделать решительный поворот к их утилизации и поиску новых направлений по наиболее полному использованию осадков.

Основными направлениями утилизации осадков городских сточных вод являются:

- использование осадков в качестве **удобрений** в жидком, обезвоженном, сухом видах;
- получение **кормовых продуктов** на базе избыточного активного ила;
- получение **товарных продуктов** методом **пиролиза** (пирокарбоната, смолы, бензина, керосина, воска);
- получение **товарных продуктов** (мыла и жиров);
- получение материалов для строительной промышленности (зола для добавок цемента);
- получение и утилизация **газа метантенков (биогаза)** в установках для получения тепловой, механической и электрической энергии;
- приготовление топливных брикетов из сырых осадков и активного ила;

9.1 Утилизация осадков в качестве удобрений

Разработаны международные требования к составу утилизируемых осадков городских сточных вод. В отечественной практике требования к составу термически высушенных осадков, используемых в качестве удобрения, должны быть согласованы с органами здравоохранения, сельскохозяйственными, ЖКХ и «Роспотребнадзора», а также соответствовать ГОСТ Р 17.4.3.07-2001.

Осадки городских сточных вод представляют ценное удобрение, значительно повышающее урожайность овощных, зерновых, плодовых, цветочных и кормовых сельскохозяйственных культур. Ограничением является содержание тяжелых металлов, максимальное значение которых регламентируется ГОСТ.

На кафедре «Водоснабжение и водоотведение» СибГИУ были проведены исследования по изучению химического состава осадков южного региона Кузбасса. Результаты исследований приведены в таблице 9.1.

Как видно из таблицы 9.1, осадки имеют высокие агрохимические показатели, а содержание тяжелых металлов в них значительно ниже указанных в ГОСТ.

Использование осадков при условии соответствия состава их техническим требованиям, в том числе по обеззараживанию, имеет большое народно-хозяйственное значение:

- существенно помогает увеличить плодородие почв;
- устраняет загрязнение окружающей среды;
- сокращает расходы химикатов на удобрения, снижает затраты на дорогостоящие водоохраные объекты;

Осадки содержат все основные питательные вещества, необходимые для удобрения, уступая навозу лишь по содержанию калия.

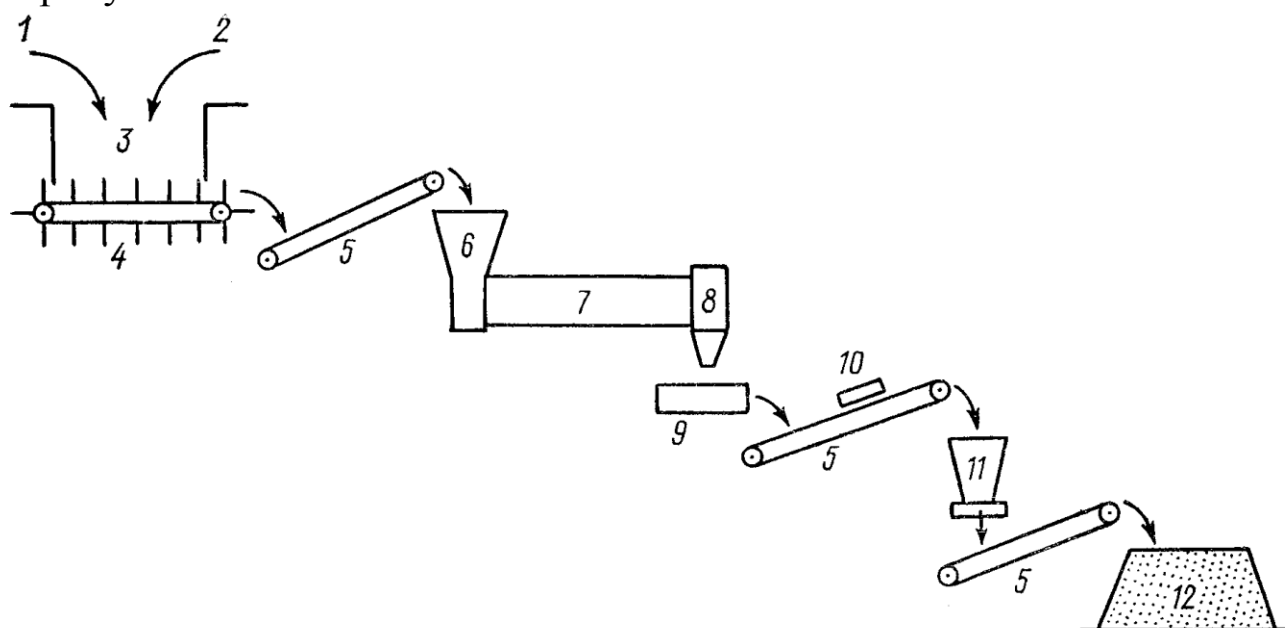
9.1.1 Совместная переработка обезвоженных осадков сточных вод (ОСВ) и твердых бытовых отходов (ТБО). В последние годы проводится много исследований по получению компоста из осадков сточных вод и органической части ТБО. Получаемое при этом компостное удобрение положительно влияет на структуру почвы, улучшает ее физико-химические, биологические и противозерозионные свойства. Компост успешно применяется для обогащения истощенных земель, рекультивации почв, увеличивает влагоемкость, улучшает биологическую активность и сопротивляемость растений болезням.

Таблица 9.1 – Химический состав осадков городских сточных вод

Наименование показателя	Таштагол	Осинники	Междуреченск	Прокопьевск	Новокузнецк	ГОСТ Р17.4.3.07-2001
Органическое вещество на сухой продукт, %	85,53	70,30	83,56	54,71	33,42	не мен. 20
Водородный показатель, рН	4,88	6,34	6,80	6,20	6,30	5,5-5,6
Массовая доля общего азота (<i>N</i>) на сухое вещество, %	1,23	2,54	0,69	0,88	1,89	не мен. 0,6
Массовая доля общего фосфора (<i>P₂O₅</i>) на сухое вещество, %	1,67	2,63	2,44	2,04	3,155	не мен. 1,5
Цинк, <i>Zn</i> , (мг/кг) сухого вещества	471,2-593,3	826-1059,4	201,4-269,71	335,5-600	640-810	1750
Медь, <i>Cu</i> , (мг/кг) сухого вещества	296,3-334	258-288,38	63-78,6	169,5-230	119,4-210	750
Свинец, <i>Pb</i> , (мг/кг) сухого вещества	31,67-44,8	39,0-51,52	32,4-36,49	45,62-49,6	44,4-53,8	250
Кадмий, <i>Cd</i> , (мг/кг) сухого вещества	< 0,0104	0,249	0,429	3,78	0,92	15
Хром, <i>Cr</i> , (мг/кг) сухого вещества	4,14-17,4	5,31-19,3	8,24-12,62	28,16-46	38,02-51,3	500
Кобальт, <i>Co</i> , (мг/кг) сухого вещества	1,8-6,5	1,6-4,8	1,27-2,029	1,988-5,21	8,5-12	** 20-100
Марганец, <i>Mn</i> , (мг/кг) сухого вещества	205,2-328,5	441,03-690	767,12-900,2	646,56-891,6	593,3-780	*** 2000
Никель, <i>Ni</i> , (мг/кг) сухого вещества	24-36,21	20,8-29,98	5,4-26,79	49,2-55,42	90-112,9	200
Примечание – * – для осадков I группы. ** – по зарубежным данным. *** – СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. М., 1997						

С одной стороны ОСВ обогащают ТБО органическими веществами, с другой ТБО повышает пористость ОСВ, что улучшает биотермический процесс и качество компоста, при этом сокращаются энергетические затраты, становится проще и дешевле процесс и технология получения удобрения, подробно процесс биотермического разложения описан в п. 8.3. в естественных условиях.

В биобарабанных вращающихся ферментаторах процесс компостирования в аэробных условиях сокращается до 2-4 суток, для чего кроме ОСВ и ТБО (без дробления) добавляют небольшое количество зрелого компоста, что помогает микроорганизмам хорошо и быстро адаптироваться. Технологическая схема подготовки компоста показана на рисунке 9.1.



1 – выгрузка твердых бытовых отходов; 2 – выгрузка механически обезвоженного осадка сточных вод; 3 – приемный бункер; 4 – пластинчатый питатель; 5 – ленточный конвейер; 6-8 – биобарабаны; 9 – цилиндрический грохот; 10 – электромагнитный сепаратор; 11 – дробилка; 12 – склад компоста

Рисунок 9.1 – Технологическая схема совместной обработки осадков сточных вод и твердых бытовых отходов для получения компостного удобрения

9.1.2 Совместное компостирование жидких осадков сточных вод и ТБО. При совместном компостировании жидких или уплотненных ОСВ и ТБО более полно используются ценные качества осадков (органические вещества, белковые соединения, витамины, аминокислоты), которые обогащают ТБО и улучшают качество смеси как удобрения. При таком компостировании исключается не только термическая сушка

осадков, но также механическое обезвоживание их, что значительно упрощает процесс обработки осадков и снижает его стоимость.

При совместном компостировании средняя влажность компоста должна быть в пределах 50-60 %, так как происходит наиболее интенсивное биотермическое разложение, в дальнейшем при вызревании компостного удобрения влажность будет уменьшаться до 45-50 %. Если по условиям влажности необходимо уменьшить ее в ОСВ, применяют уплотнение.

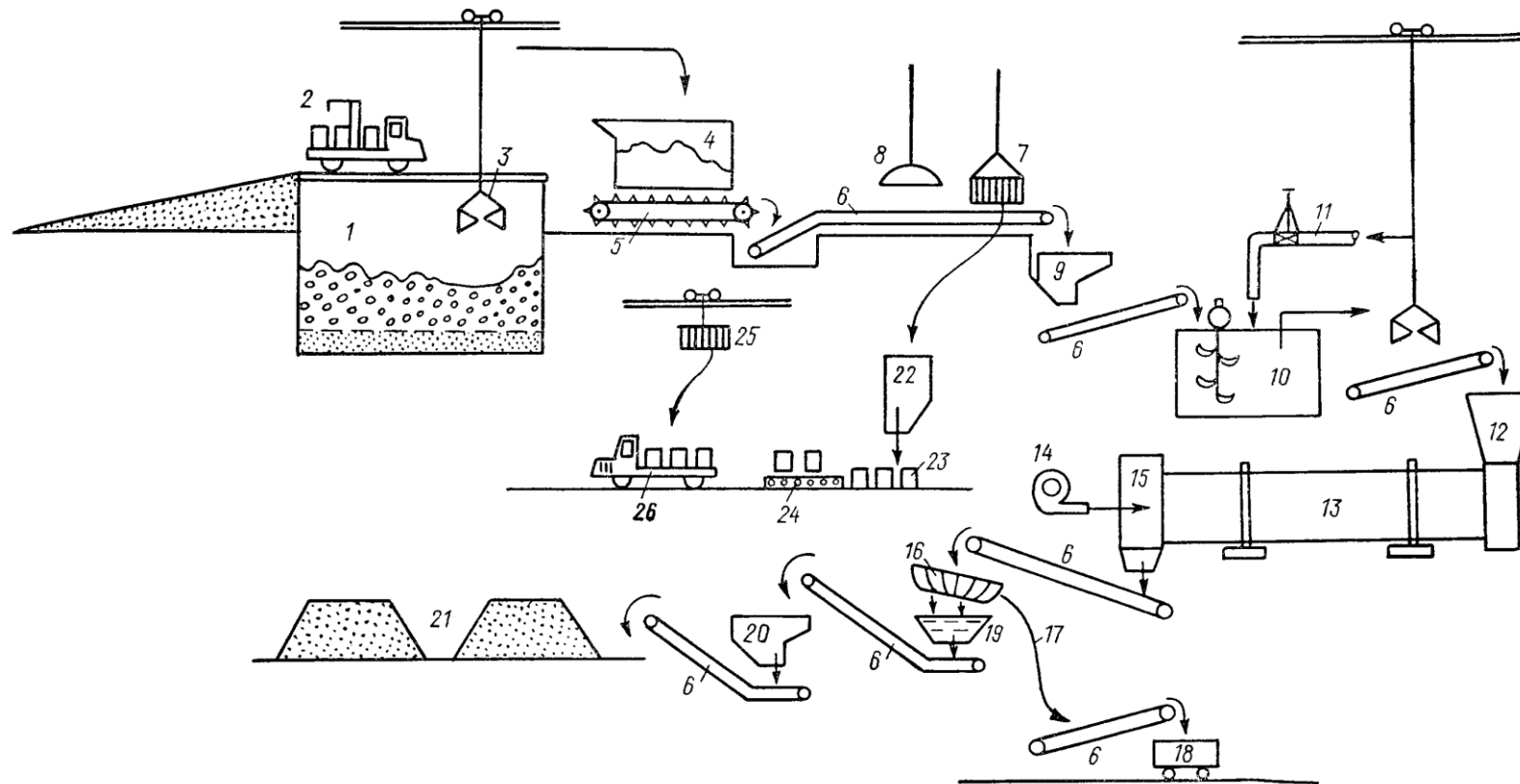
Жидкие и уплотненные осадки легко перекачиваются по трубам на большие расстояния в любой пункт назначения. Этот вид транспортировки осадков является наиболее производительным, экономичным и гигиеничным.

Смешение осадков с твердыми бытовыми отходами улучшает структуру осадков, делает их более пористыми. ТБО оказывают воздействие на жидкие осадки сточных вод подобно ретуре, облегчая их совместную обработку.

Технологическая схема совместного компостирования жидких и уплотненных ОСВ и ТБО показана на рисунке 9.2.

На схеме ТБО до смешения с ОСВ самостоятельно обрабатываются, начиная с бункера накопителя, куда мусоровозы сбрасывают мусор. ТБО сортируются, освобождаясь от черного металла и некомпостируемых предметов. После первого измельчения ТБО поступают в бункер-смеситель, куда подаются по трубам ОСВ. Полученная смесь с помощью грейферного крана транспортера подается в загрузочную камеру вращающегося биобарабана. Компост из барабана подается по ленточному транспортеру на виброгрохот для сортировки и выделения балласта. Диаметр отверстий верхнего ситогрохота – 80 мм, нижнего – 50 мм. После грохота компост доизмельчается на шахтной мельнице, а затем поступает на склад в штабели для дозревания, хранения и выдачи потребителю.

9.1.3 Получение азотистого удобрения из иловой воды после метантенков. Иловая вода, выделяемая метантенками или получаемая после механического обезвоживания сброженных осадков, содержит большое количество аммонийных солей. Эту воду направляют на очистку, между тем она отличается высокой щелочностью и из нее можно выделить аммонийный азот, который использовать затем как удобрение. По данным исследований в 1 л иловой воды после метантенков содержится до 600-800 мг азота аммонийных солей.



1 – бункер-накопитель (ТБО); 2 – контейнер-мусоровоз; 3 – грейферный кран; 4 – дозирующий бункер; 5 – пластинчатый питатель; 6 – ленточный транспортер; 7 – магнитный сепаратор; 8 – отбор некомпостируемых предметов; 9 – измельчение ТБО; 10 – бункер-смеситель ТБО с ОСВ; 11 – подача ОСВ по трубам; 12 – загрузочная камера; 13 – биобарабан; 14 – вентилятор; 15 – камера выгрузки; 16 – виброгрохот; 17, 18 – удаление и отвозка отходов после грохота; 19, 20 – измельчение компоста; 21 – штабеля компоста; 22 – емкость для сбора черного металла; 23 – загрузка металлом передвижной тары; 24 – отвозка черного металла на склад; 25, 26 – отделение и отвозка некомпостируемых предметов

Рисунок 9.2 – Технологическая схема совместного компостирования жидких (уплотненных) осадков сточных вод с твердыми бытовыми отходами

В лаборатории треста «Мосочиствод» извлечение и связывание аммонийного азота производилось без добавления в иловую воду каких-либо химических реагентов. Если иловую воду, нагретую до 70-75 °С, продувать воздухом, то за 1 час можно получить 37,5 % аммиака от полного его содержания в иловой воде, за 3 часа – 61,2 % и за 5 часов – 62,2 %. Выделяемый аммиак поглощается обезвоженным осадком (после метантенков) с целью повышения его удобрительных качеств. При этом после однократного насыщения количество азота в осадке увеличивалось на 9,4 % по сравнению с исходным, после повторного насыщения – на 13,7 %.

9.2 Получение кормовых продуктов на базе избыточного активного ила

9.2.1 Получение из активного ила белвитамила. При биологической очистке сточных вод образуется большое количество избыточного активного ила, который может быть использован как полноценный кормовой продукт, названный «белвитамил» (белково-витаминный ил). Этот термин был предложен учеными в 1976 году, он лаконичен, удобен в написании и полностью характеризует природу продукта и указывает на его иловое происхождение.

Бактериальная природа активного ила обуславливает высокое содержание в нем белковых веществ, аминокислот, микроэлементов, витаминов группы В, в том числе В₁₂. Такой продукт является высокоэффективным при кормлении животных, птиц, рыб, пушных зверей.

Таблица 9.3 – Химический состав активного ила и некоторых кормовых продуктов, % к абсолютно сухой массе

Источники активного ила и кормовые продукты	Протеин	Жироподобные вещества	БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества)	Зольность	Азот
Люблинская станция аэрации (Москва)	34,2	10	4,92	32,6	5,46
Курьяновская станция аэрации (Москва)	40,5	14,4	2,7	27,8	6,5
Городские стоки (Германия)	32-41	5-12	9,1	15,6	-
Мясокостная мука	37,2	14,4	48,4	32,9	-
Кормовые дрожжи	44,6	0,5	53,4	8,3	-

В результате десятилетней работы многих институтов в 1974 году были утверждены технические условия на кормовые продукты с добавкой активного ила и зарегистрированы Госстандартом СССР.

Химический анализ состава активного ила, приведенный в таблице 9.3. подтверждает ценность активного ила как кормового продукта.

В работах А.З.Евилевича, М.А.Евилевича приведены подробные результаты исследований по химическому составу активного ила, эффективности применения в качестве кормовых добавок и технологические схемы получения белвитамила.

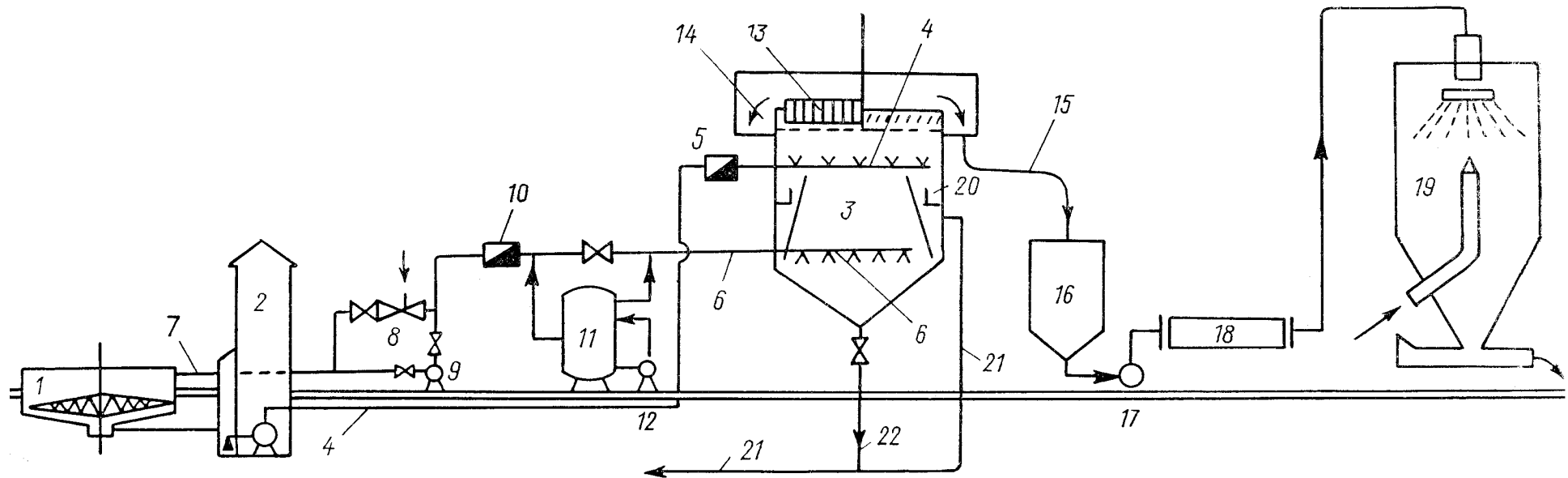
9.2.2 Технологические схемы производства белвитамила. Производство белвитамила широко исследовалось в производственных условиях по линии гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности. Эти разработки можно использовать для активного ила городских сточных вод.

Технологическая схема производства белвитамила с флотационным уплотнением и термической сушкой

Технологическая схема приведена на рисунке 9.3.

Избыточный активный ил поступает из вторичных отстойников на иловую насосную станцию, откуда по распределительному трубопроводу во флотационный уплотнитель. Туда же поступает рабочая жидкость, проходя узел с эжектором и напорный бак с рециркуляцией жидкости. Уплотненный до концентрации 30-40 г/л активный ил спиральным скребком сдвигается в периферийный лоток, откуда попадает в сборный резервуар, а затем в плазмолизатор, где подогревается до температуры 70-90 °С. После плазмолизатора ил с большей текучестью поступает в распылительную сушилку, превращаясь в сухой кормовой продукт влажностью 10 %.

Предлагаемый метод «напорной флотации» является более эффективным для уплотнения осадков сточных вод. Здесь подъем и уплотнение иловых частиц осуществляется не прямым насыщением воздухом всей массы уплотняемого ила, а введением под напором рабочей жидкости, представляющей собой водную среду, диспергированную воздухом. При соотношении объемов рабочей жидкости и активного ила 2:1 и 3:1 достигается минимальное содержание взвешенных примесей в иловой воде и более высокий эффект уплотнения.



1 – вторичный отстойник; 2 – иловая насосная станция; 3 – флотационный уплотнитель; 4 – распределительный иловой трубопровод; 5 – расходомер; 6 – распределительный трубопровод рабочей жидкости; 7 – поступление воды; 8 – узел с эжектором; 9 – насос; 10 – расходомер; 11 – напорный бак; 12 – рециркуляционный насос; 13 – скребок для сбора ила; 14 – лоток для сбора уплотненного ила; 15 – труба, отводящая ил; 16 – сборник ила; 17 – винтовой насос; 18 – плазмоллизатор; 19 – распылительная сушилка; 20, 21 – отвод иловой воды на ОС; 22 – опорожнение флотатора

Рисунок 9.3 – Технологическая схема производства белвитамина с флотационным уплотнением и термической сушкой

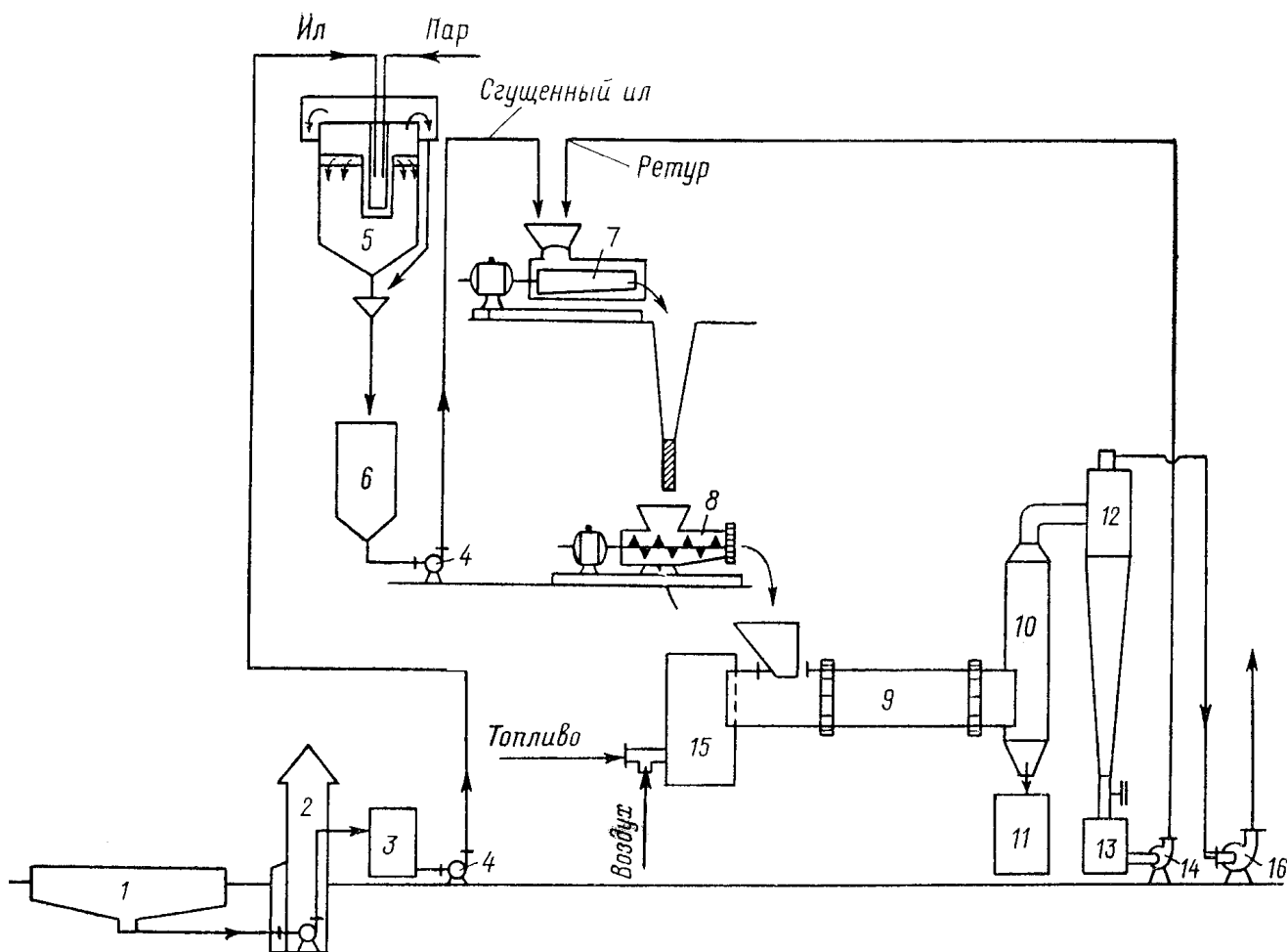
Насыщение рабочей жидкости воздухом осуществляется водовоздушным эжектором при давлении в напорной линии 0,2-0,4 МПа. Дополнительное смещение воздуха с рабочей жидкостью и растворение его в ней происходит в напорном баке с помощью циркуляционного насоса. Объем напорного бака рассчитан на 4-8-минутное пребывание рабочей жидкости. Количество подаваемого воздуха равно 50-80 л на 1 м³ рабочей жидкости. Скорость истечения жидкости из дырчатых отверстий 1,8-2,3 м/с, а активного ила – 0,7-1 м/с. Время пребывания суммарных объемов рабочей жидкости и активного ила во флотаторе 0,7-1 ч. Накопление и уплотнение всплывшего ила происходит в течение 2-4 ч. Для сохранения текучести ила влажность его должна быть не менее 94-95 %.

Применение флотационных илоуплотнителей вызывает затруднения, связанные с транспортированием плотной малоподвижной пенистой массы. Из круглого флотатора массу удаляют скребком, который, погружаясь в ил на 10-15 см, передвигает пенистую массу от центра в периферийный лоток, откуда она удаляется в сборный резервуар и далее по схеме, приведенной на рисунке 9.3.

Технологическая схема получения гранулированного белвитамила. На рисунке 9.4 приведена схема получения гранулированного белвитамила: интенсивное уплотнение на термогравитационном и термофлотационном уплотнителе, безреагентное механическое обезвоживание, гранулирование ила и термическая сушка.

На схеме избыточный активный ил из вторичных отстойников перекачивается в термогравитационный и термофлотационный илоуплотнитель, где с помощью пара и узла с эжектором может уплотняться до влажности 94-93 %. После уплотнения сгущенный ил подается на центрифугу, туда же подается ретур для надлежащего обезвоживания. Ретур состоит из продуктовой пыли, выделенной в циклоне и переданной вентилятором из сборника. Добавка ретура позволяет добиться требуемого обезвоживания, необходимого для гранулирования, без добавки реагентов.

После грануляции и термической сушки в барабанной сушилке продукт поступает в камеру выгрузки, откуда затаривается в мешки и отвозится на склад. Из циклона отходящие газы отсасываются через трубу в атмосферу.



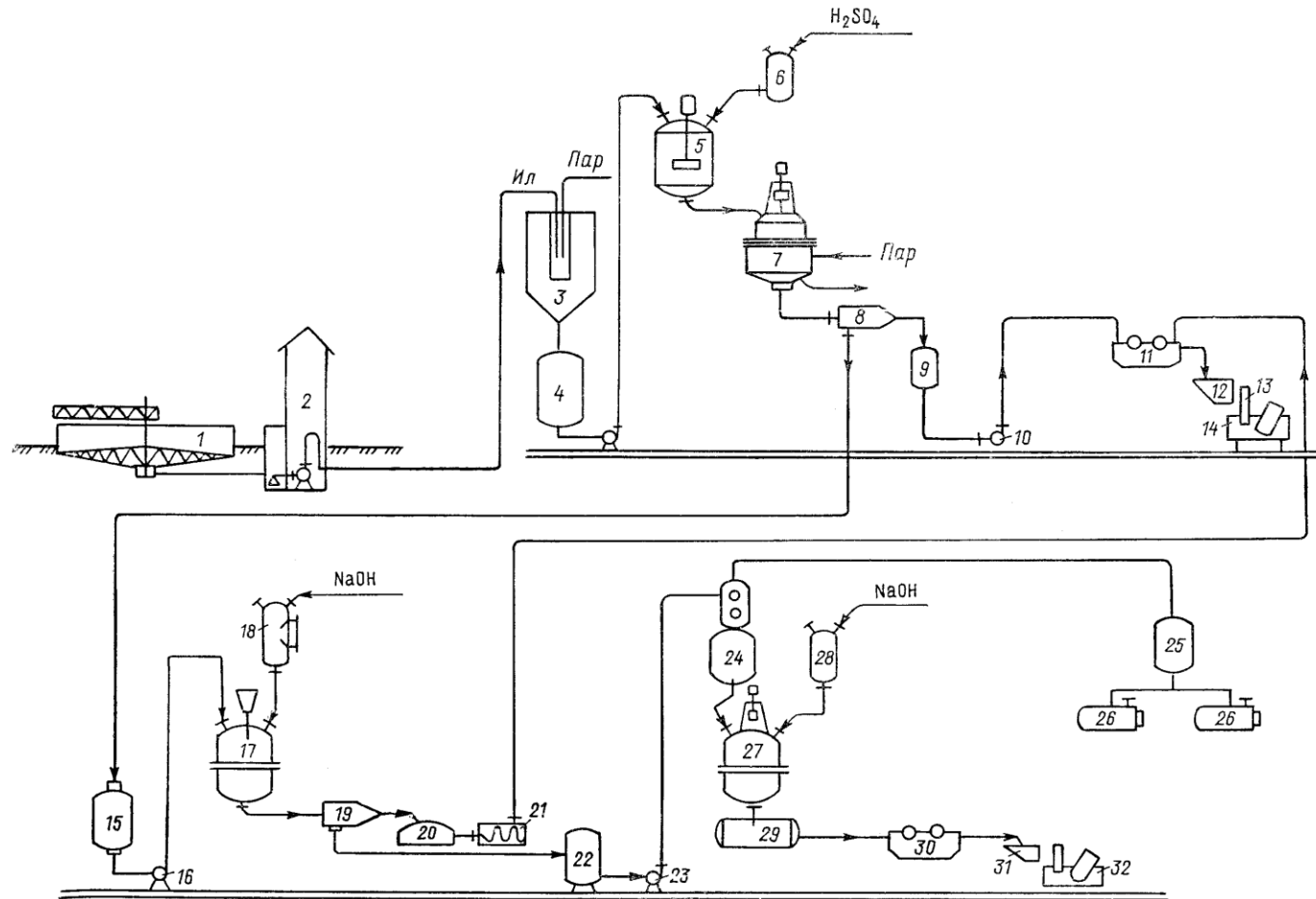
- 1 – вторичный отстойник; 2 – иловая насосная станция; 3 – емкость;
 4 – насос; 5 – термогравитационный и термофлотационный уплотнитель;
 6 – емкость; 7 – центрифуга; 8 – гранулятор; 9 – барабанная сушилка;
 10 – камера выгрузки; 11 – машина для затаривания продукта; 12 – циклон;
 13 – сборник; 14 – вентилятор для подачи ретура; 15 – топка; 16 – дымосос

Рисунок 9.4 – Технологическая схема производства гранулированного белвитамила

9.2.3 Получение технического витамина В₁₂ и белка из активного ила. Витамин В₁₂ (кобаламин), получаемый из сложных белков, является самым мощным антианемическим средством для человека, животных, птиц, рыб. Он стимулирует процесс кроветворения, оказывает действие на рост и т.д.

Формула витамина В₁₂ – $C_{63}H_{88}O_{14}PCo$, молекулярный вес 1357.

Активный ил используют как исходное сырье, если применять его с содержанием В₁₂ 8-20 мкг/г, для чего активный ил уплотняют в термогравитационном уплотнителе, затем перекачивается в сборный резервуар и далее по схеме, приведенной на рисунке 9.5.



1 – вторичный отстойник; 2 – насосная станция; 3 – илоуплотнитель; 4 – сборный резервуар; 5 – смеситель; 6 – реагент; 7 – реактор; 8 – центрифуга; 9 – емкость; 10 – насос; 11 – двухвальцовая сушилка; 12 – дробилка; 13 – дозатор; 14 – тарные мешки; 15 – сборник; 16 – насос; 17 – коагуляторы; 18 – мерник; 19 – центрифуга; 20 – сборник; 21 – винтовой насос; 22 – сборник; 23 – насос; 24 – вакуумвыпарная установка; 25 – ресивер; 26 – вакуумнасосы; 27 – мерник; 28, 29 – сборники; 30 – двухвальцовая сушилка; 31 – дробилка; 32 – готовый продукт

Рисунок 9.5 – Технологическая схема производства витамина В₁₂ из активного ила

Получение белка из активного ила

Активный ил является одним из богатых источников белка (до 50 % в расчете на абсолютно сухой вес). В нем находятся почти все необходимые аминокислоты, микроэлементы и витамины группы В, в том числе В₁₂, по получению которых разработаны технологические схемы.

В тех случаях, когда по санитарно-гигиеническим условиям нельзя использовать активный ил для приготовления кормовых продуктов, является перспективной его утилизация для получения жизненно-важных аминокислот или комплекс-амин, используемых в качестве добавок в комбикормовой промышленности, парфюмерной и т.д.

9.3 Получение ценных продуктов методом пиролиза

Пиролиз, или сухая перегонка, представляет собой процесс термической переработки осадков путем высокотемпературного нагрева без доступа воздуха. В результате такой переработки осадков получают по отношению к абсолютно сухим веществам около 50 % твердых остатков (уголь, полукокс, или пирокарбон), примерно 25 % жидких продуктов (смола или первичный деготь) и 12-15 % смеси газообразных продуктов. Наиболее ценными продуктами пиролиза являются пирокарбон и смола, или деготь. При современных технологических разработках они являются целевыми продуктами или полуфабрикатами для дальнейшей химической переработки.

Производство углеродистых материалов из осадков сточных вод приобретает особо важное значение в связи с острой нехваткой углеродистого сырья вообще. Углерод, как химический элемент, представляет собой важнейшую составную часть всех органических веществ в природе. Утилизация осадков сточных вод путем пиролизной переработки открывает новые возможности перспективного использования всех осадков, особенно в тех случаях, когда по содержанию токсичных или других вредных веществ не представляется возможным их использовать как удобрение или кормовой продукт.

В таблице 9.4. приведены результаты работы по пиролизу осадков при температуре 500 °С.

Общая продолжительность пиролиза при температуре до 450 °С колебалась от 5 до 6 часов, при максимальной температуре 480-500 °С пиролиз длился 1,5-2 часа.

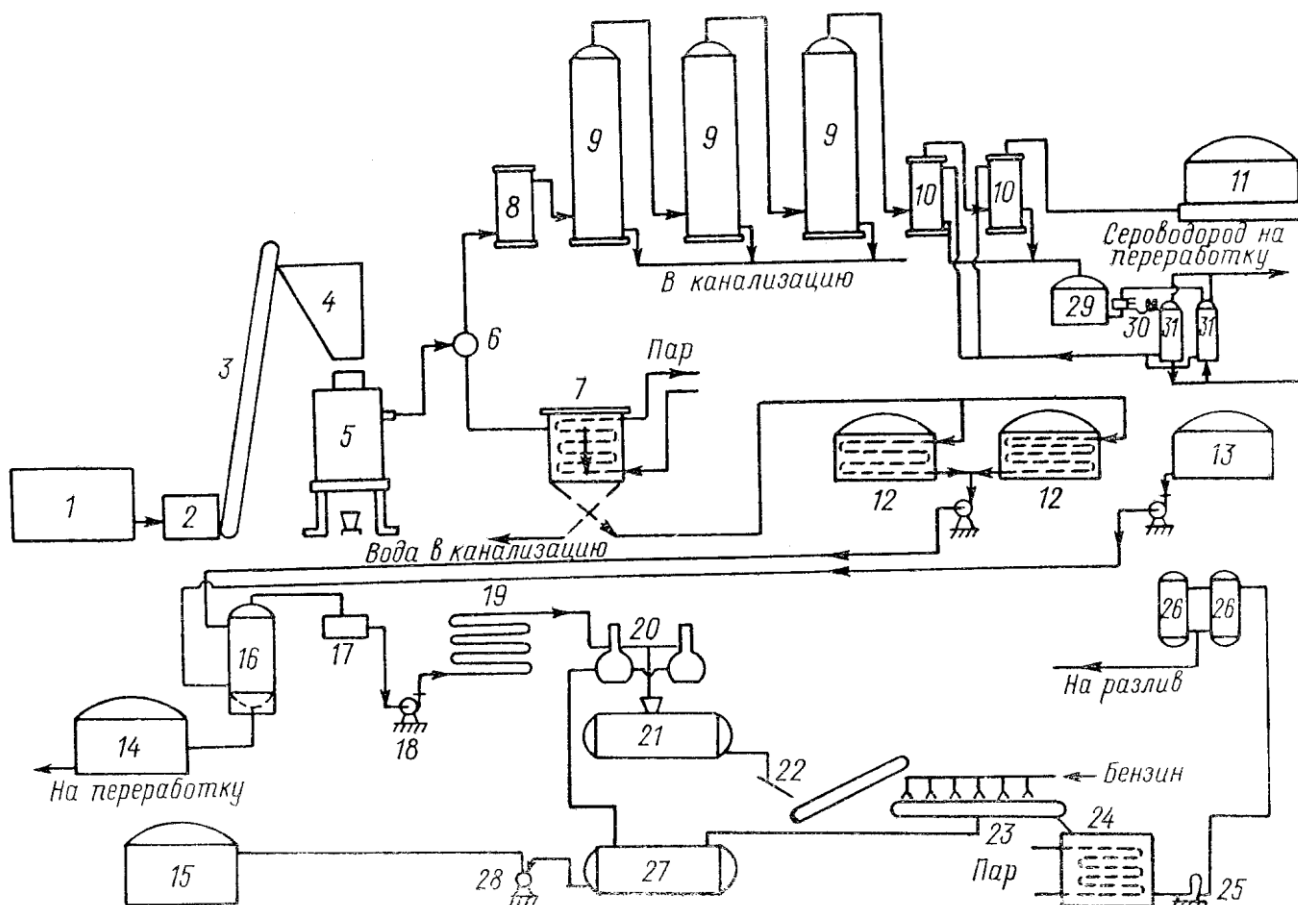
Таблица 9.4 – Результаты пиролиза осадков в % от абсолютно сухого вещества

Тип осадка	Полу-коксы	Первичный деготь	Газообразные продукты	Вода разложения	Потери
Сырой первичный осадок после иловых площадок	43,5-44,7	15,1-21,5	11,3-11,5	15,5-16,5	7,3-13,4
Сброженный первичный осадок после иловых площадок	46-49	7,3-14,5	8,9-9,5	10,3-10,8	16,2-27,5

На рисунке 9.6 приведена технологическая схема пиролиза осадков сточных вод производительностью 125 т в сутки сухого осадка с получением пирокарбона, первичного дегтя, газа, а также технического воска.

На схеме сухой осадок влажностью 10 % поступает в складское помещение площадью 1500 м², которое рассчитано на 15-суточное хранение сухого осадка при объемной массе 0,6. После двух дробилок производительностью по 6 т/ч каждая, осадки наклонными транспортерами подаются в верхний загрузочный бункер, обслуживающий все три печи, которые обогреваются газом с расчетной температурой 450-500 °С. В результате пиролиза выделяется полукоксы, удаляемый через нижнее разгрузочное устройство печи. Газообразные продукты, смола (первичный деготь) и пары воды из печи поступают в газосборник. Отсюда жидкая смола и вода стекают в водоотделители. Из газосборника первичный газ поступает в охладитель. Очистка газа осуществляется в скрубберах. Удаление сероводорода и углекислоты достигается промывкой газа сначала известковым молоком, а затем железосодовым раствором, который после использования сливается в промежуточную емкость, а затем для регенерации перекачивается насосом в два барботера. Здесь для очистки от сероводорода раствор продувается воздухом. Очищенный газ поступает в мокрый газгольдер, откуда расходуется как топливо. Из водоотделителей, снабженных змеевиками для обогрева паром и лучшего отстаивания, подсмольная вода и механические примеси, загрязняющие смолу, сбрасываются в канализацию, а смола направляется в два хранилища емкостью по 250 м³. Пиролизный завод обслуживается насосным отделением, состоящим из четырех центробеж-

ных насосов и двух дозирующих поршневых насосов, здесь же размещаются два эксгаузера, которые осуществляют систему конденсации.



- 1 – склад сухого осадка; 2 – дробилка; 3 – транспортер; 4 – загрузочный бункер; 5 – пиролизная печь; 6 – газосборник; 7 – водоотделитель; 8 – охладитель первичного газа; 9 – скруббер для CO_2 ; 10 – скруббер для H_2S ; 11 – мокрый газгольдер; 12 – хранилище смолы; 13 – хранилище бензина; 14 – отходы воска для переработки; 15 – резервуар для бензина; 16 – экстрактор; 17 – промежуточная емкость; 18 – насос; 19 – кристаллизаторы; 20 – центрифуги; 21 – резервуар для плавления воска; 22 – транспортер; 23 – закрытый транспортер для промывки воска; 24 – резервуар вторичного плавления; 25 – насос; 26 – фильтры; 27 – емкость для бензина; 28 – насос; 29 – промежуточная емкость; 30 – насос; 31 – барботеры для регенерации железосодового раствора

Рисунок 9.6 – Технологическая схема пиролиза осадков сточных вод с выделением пирокарбона, первичного дегтя, газа, воска

Выделение воска из смолы осуществляется с помощью бензина с последующей кристаллизацией в аппарате-экстракторе. В верхнюю часть экстрактора насосом подается смола, а в нижнюю – бензин, получаемый в технологической схеме, по пиролизу первичного дегтя. Раствор воска в бензине из верхнего штуцера переходит в промежуточную

емкость, откуда насосом подается в кристаллизаторы, охлаждаемые рассолом хлористого кальция до 5-8 °С. После этого раствор воска поступает на центрифуги, затем воск для плавки попадает в подогреваемый резервуар, а отделенный бензин – в другую емкость, откуда насосом перекачивается в сборный резервуар для бензина, предназначенный для экстракции воска.

Разработана также технологическая схема для переработки смолы (первичного дегтя) в целях получения бензина, керосина, пека, органических оснований, кислого гудрона.

В отходах процесса пиролиза осадков можно выделить дополнительные продукты, которые можно использовать в народном хозяйстве: серу, азот, фосфор.

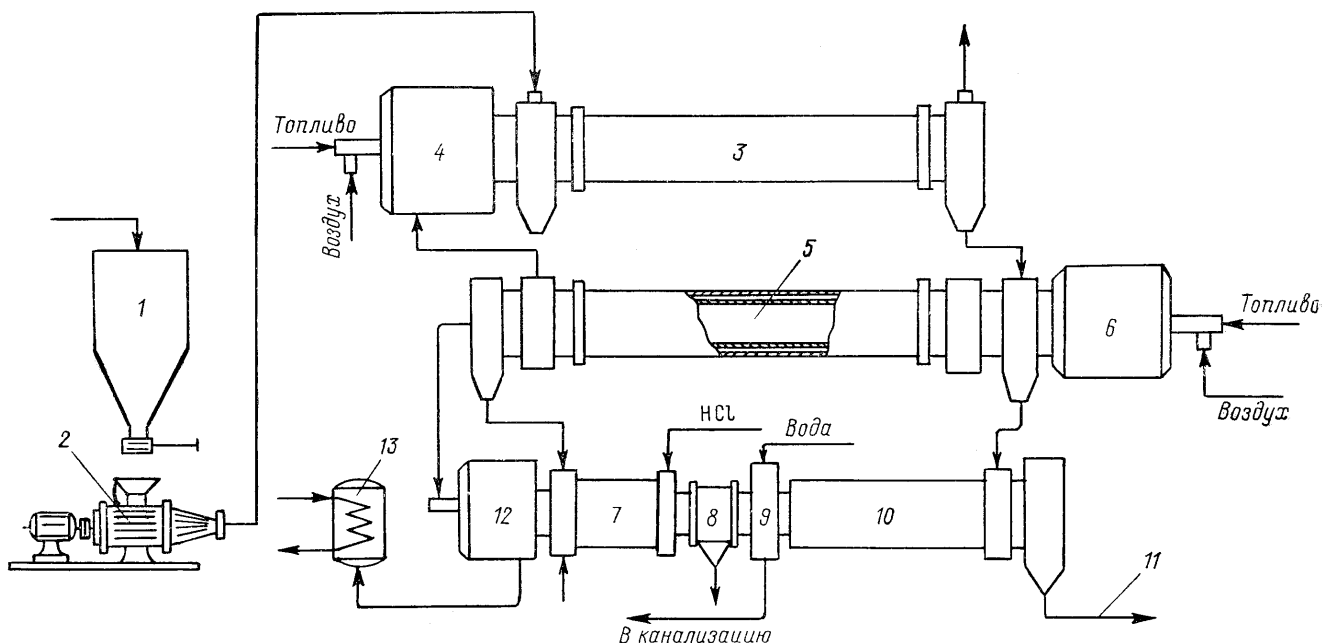
В ОАО НИИ ВОДГЕО были проведены большие исследования по использованию активного ила как сырья для получения активированного угля (АУ) для осветления сточных вод. Был применен пиролиз избыточного активного ила для получения активированного угля как сорбента. Для производства АУ в мировой практике используются такие органические материалы, как древесина и древесный уголь, торф, ископаемые угли, нефтяные остатки и т.д.

Исследования после изучения состава активного ила, основную массу которого составляют органические вещества, в том числе много белков и выше 50 % углерода, показали перспективность использования активного ила для получения АУ.

Разработаны технологические схемы получения активированных углей, проверенные на промышленных установках, которые могут быть использованы при переработке избыточного активного ила. Одна из этих схем приведена на рисунке 9.7.

По схеме активный ил, обезвоженный до влажности (50-55) %, из сборника поступает в гранулятор, после чего гранулы высушиваются в барабанной сушилке до влажности 10 %. Дальше сухие гранулы подвергаются пиролизу во вращающейся печи. Для активации гранулы обрабатываются в камере водяным паром, а для обеззоливания промываются 10 %-ным раствором соляной кислоты. После промывки активированного угля в камере и сушки он поступает на упаковку как товарный сорбент.

При обработке и утилизации осадков сточных вод широко применяют их совместную обработку с другими отходами, при этом методом пиролиза получают воск из торфа и осадка.



- 1 – сборник обезвоженного активного ила; 2 – гранулятор; 3 – сушилка; 4 – печь сушилки; 5 – вращающаяся печь пиролиза; 6 – топка для пиролизной печи; 7 – камера активации; 8 – камера обеззоливания; 9 – камера промывки; 10 – сушильная камера; 11 – активированный уголь на упаковку; 12 – топка дожигания; 13 – котел-утилизатор тепла

Рисунок 9.7 – Технологическая схема получения активированного угля из активного ила методом пиролиза

9.4 Получение товарных продуктов

9.4.1 Получение мыла и жиров. Выделение жировых веществ из сточных вод, не говоря о народнохозяйственном значении данного мероприятия, являются делом весьма важным для самой очистки сточных вод, обработки осадков и эксплуатации очистных сооружений в целом.

В бытовых сточных водах всегда содержатся жировые вещества. Преобладающая их часть находится в осадках в виде тончайшей эмульсии, остальная – в виде всплывающей корки. Количество жировых веществ в бытовых стоках, по данным С.Н.Строганова составляет 1 г на одного человека в сутки, или 3-5 мг/л. Из 1 м³ осадков влажностью 95 % можно извлечь от 7 до 10 кг жира. Для малых очистных станций утилизация жира нецелесообразна, а для крупных и средних может не только существенно повлиять на снижение себестоимости очистки, но и повысить эффект работы очистных сооружений.

При производительности очистных сооружений 1 млн м³ в сутки количество утилизируемого жира составляет не менее 1400-1800 т/год.

Использование технического жира из осадков сточных вод.

Технический жир из примесей сточных вод рентабельно использовать для производства высококачественного хозяйственного мыла. Из 1 т технического жира можно получить 1,5 т мыла.

Поступающий на мыловаренный завод технический жир не является химически чистым и содержит много примесей. Для получения чистого продукта его подвергают рафинации.

Процесс производства хозяйственных твердых мылов состоит из следующих операций: подготовки сырья и материалов; приготовления мыльного клея; выделение ядра для мыльного клея (для ядрового мыла); охлаждение мыла; разделка мыла (резка, подсушка, штамповка, упаковка).

Для очистной станции производительностью 1 млн м³ в сутки при выделении 1600 т технического жира в год можно получить 2400 т хорошего мыла.

Получение консистентных смазок из жировых веществ активного ила. В активном иле, выделяемом в результате биологической очистки сточных вод, обнаружено около 60 % неомыляемых жиров типа нефтепродуктов. Эти вещества обладают высокой вязкостью, позволяющей использовать их для производства смазок и лучше всего консистентных (типа «тавот»). Консистентные смазки – это растворы натриевых, кальциевых мыл жирных кислот в некоторых минеральных смазочных маслах; они применяются для тяжело нагруженных механизмов, работающих под большим давлением или высоких температурах. Обычное масло здесь непригодно, так как выдавливается из узлов смазочных устройств.

9.4.2 Получение материалов для строительной промышленности.

Осадки городских и производственных сточных вод могут использоваться для многих целей, в том числе и для получения строительных материалов. Зола от сжигания осадков используется в качестве добавок при производстве цемента; обезвоженный песок с песковых площадок для планировки территорий в дорожном строительстве. Утилизация осадков производственных сточных вод после соответствующей обработки может применяться для коагуляции осадков городских сточных вод. Поэтому вопрос утилизации осадков сточных вод необходимо решать на стадии проектных разработок одновременно с решением вопросов очистки сточных вод, стремясь к созданию безотходных технологий.

9.5 Утилизация газа метантенков (биогаза)

В последние годы возрос интерес к использованию газа метантенков не только для больших и средних городов в энергетических целях, но и для промышленных комплексов.

Наиболее простым способом использования биогаза метантенков является превращение его в источник тепловой, механической и электрической энергии.

На очистных сооружениях широко применяют сжигание метанового газа в топках котельных в целях обогрева самих метантенков, а также помещений, расположенных на территории очистных станций. Для сжигания газа в котельной специального оборудования не требуется. Газ из метантенков поступает в газгольдеры и далее в сыром виде (без очистки и сушки) в топку котла с газовой горелкой, где и сжигается. Использование этого газа для целей отопления и горячего водоснабжения позволяет ежегодно экономить тысячи тонн условного топлива. Теплотворная способность газа от 5000 до 6500 ккал на 1 м^3 , а после удаления углекислоты, составляющей (26-34) % достигает 8000 ккал/ м^3 . Температура горения чистого метана 1300-1400 °С.

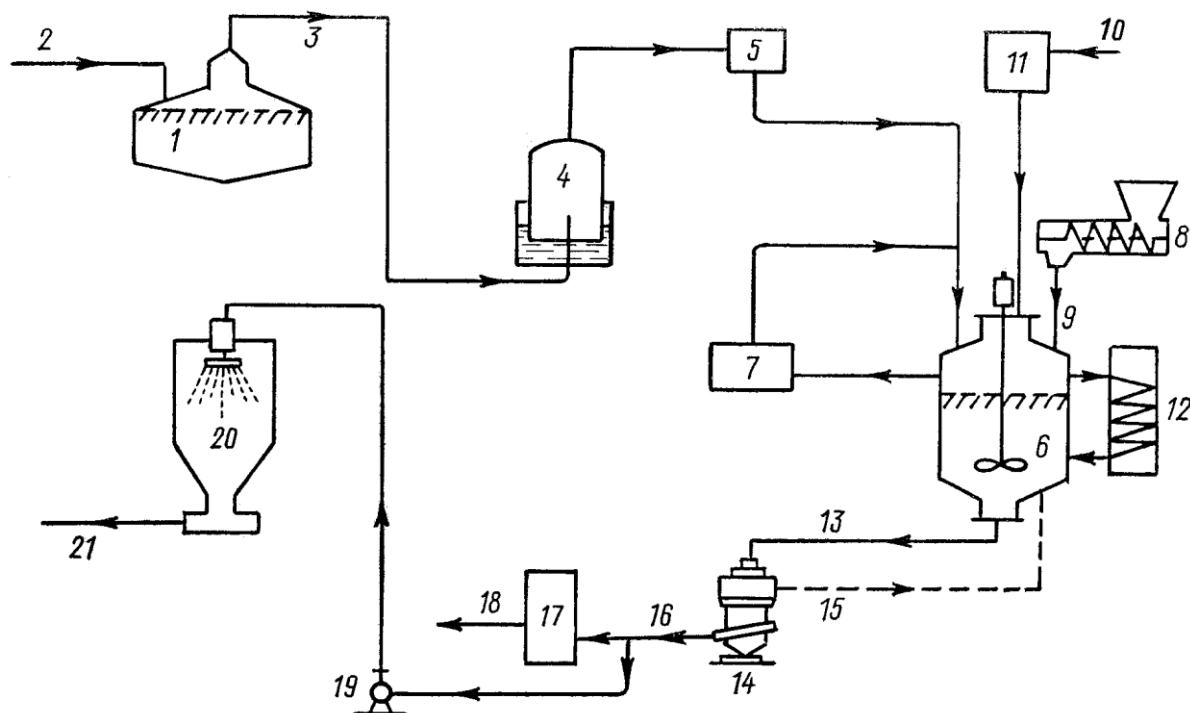
Использование газа метантенков для получения механической и электрической энергии может привести к созданию собственной энергетической базы, полностью обеспечивающей эксплуатационные нужды очистной станции.

Газ метантенков может использоваться как заменитель бензина. Перевод автотранспорта на местное газообразное топливо с повышенными эксплуатационными данными является эффективным. Для транспортабельности газ сжимают под давлением 20-30 МПа и хранят в баллонах, установленных на автомашинах.

Использование биогаза в целях получения кормового белка. Исследования и разработки, проведенные в Москве рядом научно-исследовательских организаций позволили получить практический материал и разработать технологическую схему переработки биогаза в целях получения кормового белка (рисунок 9.8).

В качестве сырья используют биогаз, получаемый в результате сбраживания осадка в метантенках. В отличие от природного газа в биогазе практически отсутствуют ингибиторы процесса, что позволяет использовать биогаз непосредственно в биосинтезе, минуя операции очистки природного газа от тяжелых углеводородов, газов меркаптанового ряда и других сопутствующих компонентов. Биогаз превращается

в белково-витаминный концентрат при помощи аэробных метанооксиляющих бактерий, жизнедеятельность которых поддерживается в ферментере при подаче воздуха в соотношении с биогазом 2:1. Кроме того в ферментер подают минеральные компоненты питания.



- 1 – метантенк; 2 – подача осадка; 3 – биогаз; 4 – газгольдер; 5 – конденсационная очистка; 6 – ферментер; 7 – блок очистки и нормализации абгаза; 8 – дозатор; 9 – подача минеральных добавок; 10 – подача воздуха; 11 – фильтр; 12 – охладитель; 13 – культурная биомасса; 14 – центрифуга; 15 – культурная осветленная жидкость; 16 – уплотненная биомасса; 17 – плазмолизатор; 18 – белковый продукт в кормовой цех; 19 – насос; 20 – распылительная сушилка; 21 – сухой готовый продукт на склад

Рисунок 9.8 – Технологическая схема переработки биогаза с получением кормового белка

Процесс микробиологического окисления проводится при температуре 37-45 °С и рН = 5,5-7. После ферментера культуральную жидкость разделяют на центрифуге, доводя плотность биомассы до 48 г/л. Осветленную культуральную жидкость направляют обратно в ферментер, а сгущенную биомассу подвергают обработке при температуре 90 °С, после чего она может быть использована в качестве белковой добавки в корм животных и птиц. По расчетам из биогаза, полученного при сбраживании 1 м³ осадка влажностью до 96 % может быть получено 0,8-1,2 кг белка, что эквивалентно 12 кг зерна.

Перспективы использования биогаза метантенков показаны на рисунке 9.9.

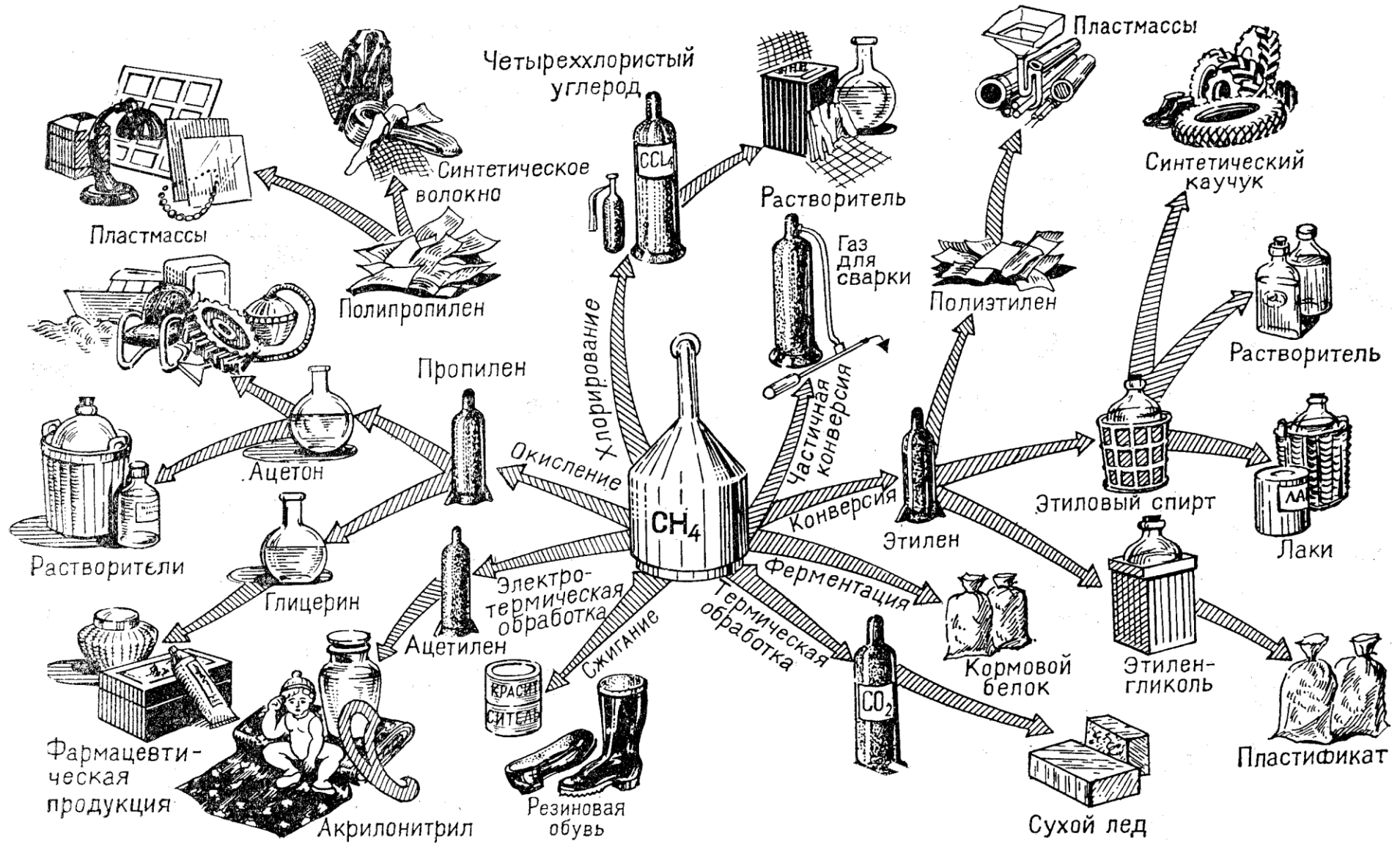


Рисунок 9.9 – Продукты химической переработки метана

9.6 Изготовление топливных брикетов из осадков городских сточных вод

В НПП «Экоуголь» ЗСМК были проведены исследования по изучению топливных свойств осадков сточных вод, образующихся на городских очистных сооружениях г. Новокузнецка.

Одно из перспективных направлений сжигание обезвоженных осадков с рекуперацией тепла для производства пара или горячей воды.

Были исследованы:

- 1 Сырой осадок первичных отстойников;
- 2 Активный ил;
- 3 Смесь сырого осадка первичных отстойников и избыточного ила (ОСВ).

Топливные свойства материалов оценивали при влажности, приемлемой для эффективного сжигания 5,1-7,4 %. Результаты исследований приведены в таблице 9.5. Для сравнения в таблице представлены показатели для твердых горючих ископаемых (ТГИ) низкой стадии углефикации.

Как показали результаты исследований, теплота сгорания осадков сточных вод в большинстве случаев выше, чем ТГИ.

Таблица 9.5 – Топливные свойства материалов

Наименование материалов	Теплота сгорания ккал/кг	
Сырой осадок (СО)	6060	3500
Активный ил (АИ)	7010	3460
Смесь СО и АИ	5400	3100
Торфы	5200-5900	2000-2600
Бурые угли	6000-7000	2500-4000
Сапропели	5400-6200	1500-2000

По значениям нижней теплоты сгорания рабочей массы теплоэнергетическая ценность исследуемых материалов равна 3100-3500 ккал/кг. Наибольшей энергетической ценностью обладает активный ил, высшая теплота сгорания которого 7010 ккал/кг, так как его органическая масса содержит наибольшее количество горючих компонентов ($C + H$) – 70,7 % при наименьшем содержании балласта ($N + O$) – 29,0 %. Органическая масса сырого осадка и смеси его с активным илом содержит соответственно 65,5 и 62,1 горючих компонентов и 33,6 и 36,9 % балластных.

Динамика горения отходов исследовалась методом комплексного термического анализа на дериватографе системы МОМ фирмы «Паулик – Эрдеи – Паулик». Горение органической массы ОСВ протекает в области температур 350-550 °С, что совпадает с интервалом горения бурых углей и торфов 300-450 °С.

Применение сухих осадков городских сточных вод является эффективным при использовании их в качестве топлива.

Библиографический список

1 Авторское свидетельство № 789438. Иловая площадка. / Благоразумова А.М. Госкомизобретений СССР, август 1980 г.

2 Авторское свидетельство № 827423. Способ обработки осадков сточных вод. / Благоразумова А.М., Ж. «Открытия изобретения. Промышленные образцы и товарные знаки» № 171981.

3 Благоразумова А.М. Переработка осадков сточных вод вермикультивированием. «Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность». Труды VIII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 2005 г.

4 Благоразумова А.М. Обработка осадков сточных вод в Южном регионе Кузбасса. «Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность». Труды IX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 2006 г.

5 Воронов Ю.В., Саломеев В.П., Ивчатов А.Л. Реконструкция и интенсификация работы канализационных сооружений. – М. : Стройиздат, 1989. – 72 с.

6 Волчек Ю.К. Биотермическое обезвоживание осадков сточных вод и твердых бытовых отходов // Водоснабжение и санитарная техника. 1983, № 9.

7 Гольдфарб Л.Л., Туровский И.С., Беляева С.А. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения. – М. : Стройиздат, 1983.

8 ГОСТ Р 17.4.3.07 -2001. «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

9 Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М. : Стройиздат, 1991. – 129 с.

10 Евилевич А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд., 1988. – 248 с.

11 Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / под ред. В.Н. Самохина. – Изд. 2-е. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.

12 Кудашкина С.И., Волынкина Е.П., Благоразумова А.М. Тепловые характеристики отходов от очистки сточных вод. Сборник научных трудов. Новые строительные технологии. Новокузнецк, 2000.

13 Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных очистных сооружений. Учебное пособие для вузов. – М. : Стройиздат, 1987. – 256 с.

14 Проектирование установок с фильтр-прессами для обезвоживания осадков сточных вод. / Всесоюз. комплекс Н. – И. конструктор. – технолого. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – М. : Стройиздат, 1990 (Справочное пособие к СНиП).

15 СанПиН – 2.1.7.573-96, Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М., 1997.

16 СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., ЦИТП., 1986.

17 Справочник по очистке природных и сточных вод / Л.Л. Паладь, Я.Я. Кару, Х.А. Мельдер, Б.Н. Репин. – М. : Высш.шк., 1994. – 336 с., : ил.

18 Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с., : ил, – (Охрана окружающей природной среды).

19 Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. / Учебник для вузов: – М. : АСВ, 2004. – 704 с.

Учебное издание

Благодарумова Анастасия Михайловна

**ОБРАБОТКА И ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ
ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

Учебное пособие

Редактор

Компьютерный набор

Компьютерная верстка

Подписано в печать _____ 10 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 10,98. Уч.-изд. л. 11,82. Тираж ____ экз. Заказ ____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ