



ПРЕДИСЛОВИЕ

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 загнивать с выделением неприятных запахов, а также неоднородность состава и свойств осадков осложняют их обработку.

В настоящее время происходит интенсификация процессов обработки осадков путем применения эффективных методов механического обезвоживания, термической сушки и сжигания. Разработаны новые и усовершенствованы известные методы и аппараты для обработки осадков. Применяют реагентное механическое обезвоживание осадков.

Успешное решение вопросов при проектировании, реконструкции и строительстве водоотводящих систем и очистных сооружений, выполняемых высококвалифицированными специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в этой области, позволит улучшить экологическое равновесие в природе.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство». Профили подготовки: «Водоснабжение и водоотведение» и «Городское строительство и хозяйство».

Автор будет весьма признательна за предложения и замечания по содержанию и сути изложения материала настоящего учебного пособия, которые можно направить по адресу электронной почты ablakorazumova@bk.ru.

ГЛАВА ПЕРВАЯ
**СОСТАВ И СВОЙСТВА
ОСАДКОВ**

**1.1.
КЛАССИФИКАЦИЯ ОСАДКОВ**

В результате очистки сточных вод образуется большое количество осадков. Для осадков городских сточных вод характерны 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 (водо-ем 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 осадков 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 осадков 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 (см. табл. 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 10 мм — 93%, менее 10 мм — 7%
II	Тяжелые примеси	Песколовки	Размеры частиц 0,5–3 мм
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 1 мм — 50–88%
Вторичные осадки			
V	Активный ил	Вторичные отстойники после азротенков, биофильтров, сооружений физико-химической очистки	Частицы размером менее 1 мм — 98%, 1–3 мм — 1,5–1,8%, более 3 мм — 0,4–0,6%
VI	Стабилизированные осадки: анаэробно-сброженные в метантенках, перегнивателях; аэробно-стабилизированные в минерализаторах	Метантенки, осветлители-перегниватели, двухъярусные отстойники, септики	Частицы размером менее 1 мм — 85%, более 1 мм — 15%
		Аэробные стабилизаторы	Частицы размером менее 1 мм — 98–98,5%, 1–3 мм — 1,2–1,6%, более 3 мм — 0,1–3%
VII	Уплотненные осадки, подвергнутые сжатию 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	Сушилки: 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 [10, 19].

Вода осадков подразделяется на три 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 — от 6 до 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/м³. 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 т/м³, влажность — 60%.

Жировые вещества. Количество 2 л/чел·год при влажности 60% и объемной массе 0,6 т/м³.

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

Влажность составляет при двухчасовом отстаивании: 95% — при самотечном удалении, 93,5% — при удалении насосами.

Активный ил (био пленка) задерживается во вторичных отстойниках. Влажность при выгрузке из вторичных отстойников — от 99,2 до 99,7%; после биофильтров — от 96 до 96,5%.

Влажность уплотненного ила после вертикального уплотнителя — 98%, радиального — 97%, флотационного уплотнителя — от 96 до 97%; термогравитационного уплотнителя — от 95 до 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 двух основных типов осадков, представленных в таблице 1.2.

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.

Таблица 1.2

Химический состав осадков

Тип осадка	Зольность	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	С, %	Н, %	S, %	N, %	O ₂ , %
Сырой осадок первичных отстойников	25–35	25–30	25–30	14–16 или 25–30	35,4–87,8	4,5–8,7	0,2–7	1,8–8	7,6–31,4
Избыточный активный ил	$Z_i = 20–30$	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.

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 [19, 20].

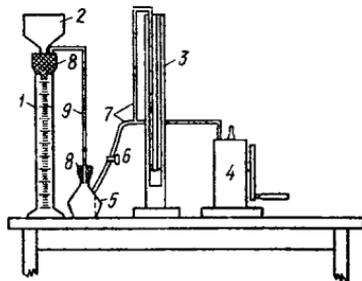
Удельное сопротивление, являющееся определяющим параметром водоотдачи осадков, было предложено Б. К. Карманом и Б. Ф. Рутом и характеризует фильтруемость осадков.

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

Рис. 1.1

Схема установки для определения удельного сопротивления 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.



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, определяется по формуле

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

где τ — продолжительность фильтрации, с; W — объем фильтрата, полученный за период τ , м³.

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

Есть одно очень важное свойство осадков (при условии отсутствия обработки флокулянтами) 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.

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

$$Q_{mud}^{сух} = \frac{Q_{сут}^{mid} \cdot (C_{en} - C_{ex}) \cdot K}{10^6}, \quad (1.3)$$

$$Q_i^s = \frac{(P_i - a_t) \cdot Q_{сут}^{mid} \cdot n}{10^6}, \quad (1.4)$$

где $Q_{сут}^{mid}$ — средний расход сточных вод, поступающих на очистку; C_{en}, C_{ex} — концентрации загрязнений по взвешенным веществам в поступающей на первичные отстойники сточной воде и осветленной; $K = 1, 1-1, 2$ — коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных

Таблица 1.3

Удельное сопротивление осадков

Станции аэрации. Тип осадка	Влажность $P, \%$	Зольность $Z, \%$	Удельное сопротивление $R = r \cdot 10^{-10}, \text{ см/г}$
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

фракций; P_i — прирост активного ила, мг/л, определяют по формуле

$$P_i = 0,8 \cdot C_{ex} + K_g \cdot L_{en}, \quad (1.5)$$

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:

$$Q_{mud} = \frac{Q_{mud}^{сух} \cdot 100}{(100 - P_{mud}) \cdot \gamma}; \quad (1.6)$$

$$Q_i = \frac{Q_i^s \cdot 100}{(100 - P_i) \cdot \gamma}, \quad (1.7)$$

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.

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), стабилизация органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизация ценных продуктов, ликвидация.

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, в 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.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется кратность уменьшения массы осадков городских сточных вод в зависимости от способа обработки?
2. Как классифицируются осадки по их типу?
3. Как характеризуются виды воды осадков?
4. Как определяют влажность осадков и ее изменение в зависимости от типа?
5. Какими показателями характеризуются химический состав сырого осадка первичных отстойников и избыточного активного ила?
6. Как характеризуют и определяют удельное сопротивление осадков фильтрации?
7. Как производится расчет количества сырого осадка первичных отстойников и избыточного активного ила по сухому веществу и фактической влажности?

Пример 1.1. Определить количество сырого осадка первичных отстойников и избыточного активного ила по сухому веществу и фактической влажности по технологической схеме с аэротенками и регенерацией активного ила. Среднесуточный расход поступающих сточных вод $Q_{\text{сут}}^{\text{mid}} = 80\,000 \text{ м}^3 / \text{сут}$, содержание взвешенных веществ $C_{\text{en}} = 240,89 \text{ мг/л}$, БПК_{полн} = 274,03 мг/л, влажность избыточного активного ила $P_{\text{ii}} = 99,54\%$, влажность осадка первичных отстойников $P_{\text{mud}} = 93,5\%$, эффект очистки сточных вод в первичных отстойниках по взвешенным веществам $\Theta_{\text{взв}} = 50\%$, по БПК_{полн} = 15%, объемная масса (плотность) сырого осадка и избыточного активного ила $\gamma = \text{т/м}^3$, БПК_{полн} поступающих сточных вод на аэротенки

$L_{en} = 232,93$ мг/л, БПК_{полн} биологически очищенных сточных вод $L_{ex} = 15$ мг/л, коэффициент сезонной неравномерности прироста активного ила $K_m = 1,25$, концентрация активного ила $C = 4600$ г/м³.

Решение.

1. Количество сырого осадка первичных отстойников по сухому веществу, т/сут:

$$Q_{mud}^{сух} = \frac{Q_{сут}^{mid} (C_{en} - C_{ex}) \cdot K}{10^6};$$

$$Q_{mud}^{сух} = \frac{80\,000 \cdot (240,89 - 120,44) \cdot 1,15}{10^6} = 11,8.$$

2. Количество сырого осадка первичных отстойников фактической влажности, м³/сут:

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

$$Q_{mud} = \frac{11,08 \cdot 100}{(100 - 93,5) \cdot 1} = 170,46.$$

3. Количество избыточного активного ила по сухому веществу, т/сут:

$$Q_i^s = \frac{(P_i - a_i) \cdot Q_{сут}^{mid} \cdot n}{10^6};$$

$$Q_i^s = \frac{(166,2 - 15) \cdot 80\,000 \cdot 1,25}{10^6} = 15,12,$$

где 166,2 — прирост активного ила, P_i , мг/л;

$$P_i = 0,8 \cdot C_{ex} + K_g \cdot L_{en};$$

$$P_i = 0,8 \cdot 120,4 + 0,3 \cdot 232,93 = 166,2.$$

4. Количество избыточного активного ила фактической влажности, м³/сут:

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

$$Q_i = \frac{15,12 \cdot 100}{(100 - 99,54) \cdot 1} = 3265,66.$$

ГЛАВА ВТОРАЯ

УПЛОТНЕНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

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 больше иловой воды будет удалено уплотнением, тем более экономичным окажется весь процесс обезвоживания в целом. Метод гравитационного уплотнения наиболее простой и распространенный. Несмотря на то что уплотнение активного ила приводит к увеличению его удельного сопротивления, как сбразивание, 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 течение часа смеси составляла 92–92,5%, суток — 90%. Совместное уплотнение указанных типов осадков сокращает размеры сооружений по сбразиванию 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 (табл. 2.1).

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, $K_M = 1,2-1,3$; 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

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

где Q — средний расход сточных вод, м³/сут; c — концентрация активного ила, г/м³, к примеру, при влажности 99,6%, $c = 4000$ г/м³, при влажности 99,2%, $c = 8000$ г/м³;

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

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru