

Европейский Союз – Центральная Азия: сотрудничество в области водных ресурсов, окружающей среды и изменения климата:

Управление качеством очистки сточных вод: опыт ЕС

Принципы управления иловыми осадками,
используемые в ЕС

*Юрис Лайцанс
Эксперт WESCOOP*

Состав

- Требования к утилизации ила;
- Виды обработки ила;
- Виды утилизации ила;
- Выбор технологий обработки и утилизации ила;



ЕТЬ



Параметры ила и их объяснение

Параметр	Единица	Пояснения
Сухое вещество (DS) Общее содержание твердых веществ (TS)	кг, г, мг	Масса (общее количество твердых веществ / веществ) сухого осадка, оставшегося после указанного процесса сушки. Определяется вычитанием содержания воды.
Общее содержание твердых частиц (TSR)	кг/м ³ , г/л	Общее количество твердых веществ, содержащихся в заданном объеме.
Сухой остаток (DR)	%	Измерение содержания твердых веществ в образце нефильтрованного ила или доли общего количества твердых веществ в общем веществе ила. Определяется по испарению воды.
Содержание воды	%	Измерение содержания воды в общем осадке. Определяется по испарению воды.
Остаток зажигания (IR)		Мера содержания неорганических или минеральных веществ в общем твердом осадке сточных вод. Определяется сжиганием сухого остатка.
Потери зажигания (IL)	%	Доля органических веществ в общем твердом осадке сточных вод. Определяется воспламенением всего твердого остатка.
Значение pH	-	Отрицательный десятичный логарифм активности ионов водорода.
Тип осадка	-	Рабочие данные. Классификация осадков сточных вод по месту их происхождения.
Возраст осадка	сутки	Рабочие данные. Определение как отношение бактериальной массы, присутствующей в пуле, к бактериальной массе, ежедневно извлекаемой из избыточного ила.



WESCOOP

EU – Central Asia Cooperation on

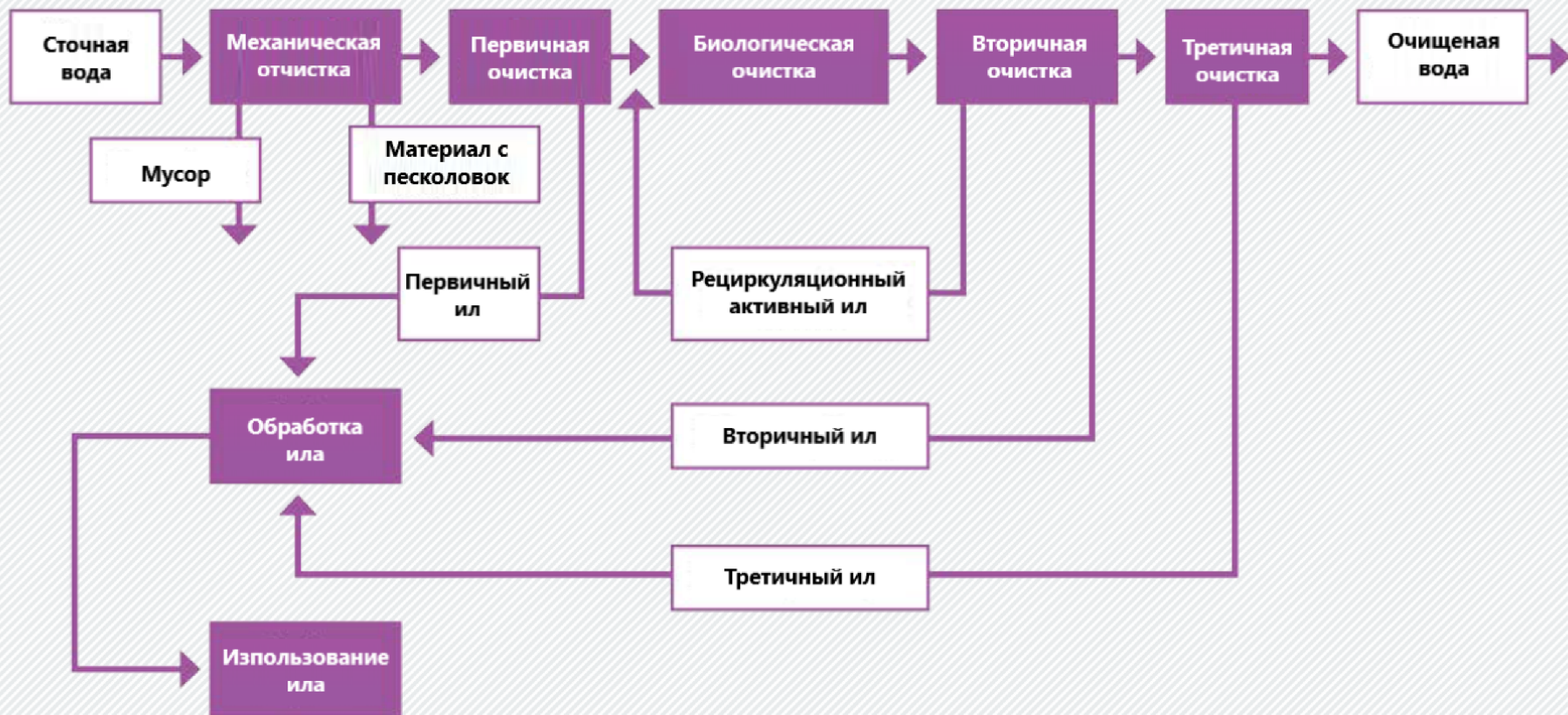
Water – Environment – Climate Change

Funded by the European Union



This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal Kredit Public Consulting as the consortium partners.

Производство осадка на очистных сооружениях в зависимости от стадии очистки



Требования к утилизации ила

- Директива 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 г. о промышленных выбросах (комплексное предотвращение и контроль загрязнения);
- Директива 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 г. о свалке отходов, поправки 2018/850 от 30 мая 2018 г. (экономика замкнутого цикла);
- Директива 86/278/ЕЕС от 12 июня 1986 года об охране окружающей среды, в частности почвы, при использовании осадка сточных вод в сельском хозяйстве.

Директива 86/278/ЕЕС об использовании осадка сточных вод в сельском хозяйстве

- Устанавливает правила того, как фермеры могут использовать осадок сточных вод в качестве удобрения, чтобы предотвратить его нанесение вреда окружающей среде и здоровью человека, путем обеспечения учета потребностей растений в питательных веществах и недопущения ухудшения качества почвы, поверхностных и грунтовых вод.
- С этой целью устанавливает предельные значения допустимой концентрации в почве 7 тяжелых металлов, которые могут быть токсичными для растений и людей:
 - кадмий
 - медь
 - никель
 - свинец
 - цинк
 - ртуть
 - хром.
- Запрещает использование осадка сточных вод, в результате которого концентрация этих тяжелых металлов в почве превышает предельно допустимые значения.

Директива 86/278/ЕЕС об использовании осадка сточных вод в сельском хозяйстве (II)

- Конкретные предельные значения перечислены в приложениях к директиве:
 - Приложение IA - тяжелые металлы в почве,
 - Приложение IB - тяжелые металлы в илах,
 - Приложение IC - максимальные годовые количества тяжелых металлов, которые могут быть добавлены в почву.
- Обычно перед использованием в сельском хозяйстве ил необходимо обработать. Однако в некоторых странах ЕС фермерам может быть разрешено использовать необработанный ил, если он вносится в почву.
- В определенных ситуациях ил вообще нельзя использовать в сельском хозяйстве:
 - на пастбищах, на которых будут пастись животные, или на кормовых культурах, подлежащих уборке, если не прошло как минимум 3 недели после внесения,
 - на плодовых и овощных культурах в период вегетации. Это правило не распространяется на фруктовые деревья,
 - на почве, используемой для выращивания фруктовых и овощных культур, которые обычно находятся в непосредственном контакте с почвой и употребляются в сыром виде. Этот запрет действует за 10 месяцев до сбора урожая и во время самого сбора урожая.
- Ответственность за обеспечение того, чтобы использование ила фермерами не превышало установленных законом ограничений, лежит на национальных властях, которые должны отбирать и анализировать ил и почву, на которой он используется, и вести актуальные записи о:
 - сколько ила производится и используется в сельском хозяйстве,
 - состав и свойства шлама,
 - как был обработан ил,
 - где используется ил и кто его использует.

Директива 86/278/ЕЕС об использовании осадка сточных вод в сельском хозяйстве (III)

Параметры	Допустимые концентрации в почве, mg/kg DS ЕС	Допустимые концентрации в иле, mg/kg DS ЕС	Допустимые концентрации в иле и в компосте, mg/kg DS Латвия
Cd, кадмий	1-3	20-40	10
Cu, медь	50-140	1000-1750	800
Ni, никель	30-75	300-400	200
Pb, свинец	50-300	750-1200	500
Zn, цинк	150-300	2500-4000	2500
Hg, ртуть	1-1,5	16-25	10
Cr, хром	-	-	600

Допустимые концентрации тяжёлых металлов в почве – национальные требования (I)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Directive 86/278 /EEC	1-3	100-150	50-140	1-1,5	30-75	50-300	150-300
Austria							
- Lower Austria	1,5	100	60	1	50	100	200
- Upper Austria	1	100	100	1	60	100	300/150
- Burgenland	2	100	100	1,5	60	100	300
- Vorarlberg	2	100	100	1	60	100	300
- Steiermark	2	100	100	1	60	100	300
- Carinthia							
if 5<pH<5,5	0,5	50	40	0,2	30	50	100
if 5,5<pH<6,5	1	75	50	0,5	50	70	150
if pH>6,5	1,5	100	100	1	70	100	200
Belgium							
Flanders	0,9	46	49	1,3	18	56	170
Walloon	2	100	50	1	50	100	200
Bulgaria							
pH=6-7,4	2	200	100	1	60	80	250
pH>7,4	3	200	140	1	75	100	300
Cyprus	1-3	100-150	50-140	1-1,5	30-75	50-300	150-300
Denmark	0,5	30	40	0,5	15	40	100
Finland	0,5	200	100	0,2	60	60	150
France	2	150	100	1	50	100	300
Germany							
Clay	1,5	100	60	1	70	100	200
Loam/silt	1	60	40	0,5	50	70	150
Sand	0,4	30	20	0,1	15	40	60

Допустимые концентрации тяжёлых металлов в почве – национальные требования (II)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Directive 86/278 /EEC	1-3	100-150	50-140	1-1,5	30-75	50-300	150-300
Estonia	3	100	50	1,5	50	100	300
Hungary	1	75	75	0,5	40	100	200
Latvia	0,5-0,9	40-90	15-70	0,1-0,5	15-70	20-40	50-100
Lithuania	1,5	80	80	1	60	80	260
Malta							
pH 5<6	0,5	30	20	0,1	15	70	60
pH 6-7	1	60	50	0,5	50	70	150
pH >7	1,5	100	100	1	70	100	200
Netherland	0,8	10	36	0,3	30	35	140
Portugal							
Soil pH<5,5	1	50	50	1	30	50	150
5,5<soil<7	3	200	100	1,5	75	300	300
Soil pH>7	4	300	200	2	110	450	450
Poland							
Light soil	1	50	25	0,8	20	40	80
Medium soil	2	75	50	1,2	35	60	120
Heavy soil	3	100	75	1,5	50	80	180
Romania	3	100	100	1	50	50	300
Slovakia	1	60	50	0,5	50	70	150
Slovenia	1	100	60	0,8	50	85	200
Spain							
Soil pH<7	1	100	50	1	30	50	150
Soil pH>7	3	150	210	1,5	112	300	450
Sweden	0,4	60	40	0,3	30	40	100

Другие опасные загрязнения различного происхождения

- **Токсичное органическое соединение:** полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ), алкилфенолы, полихлорированные бифенилы (ПХБ), хлорорганические пестициды, моноциклические ароматические соединения, хлорбензолы, ароматические и алкиламины, полихлорированные диоксины, фенолы, лекарственные препараты, гормоны и др.
- **Патогенные бактерии, вирусы и простейшие,** а также другие паразитические гельминты - могут представлять потенциальную опасность для здоровья людей, животных и растений (*Escherichia coli* (*E.coli*) и *Salmonella*, вирус гепатита А и паразитические черви.
- **Наноматериалы:** это материалы, в которых не менее 50% частиц в числовом распределении по размерам имеют как минимум внешний размер в диапазоне от 1 до 100 нанометров (нм), что соответствует примерно одной тысячной диаметра человеческого волоса. Компоненты потребительских товаров или продуктов из электронной промышленности, фармацевтики, медицины, косметики, отделки поверхностей или химии
- **Пластмассы:** частицы, называемые макропластом (> 25 мм), удаляются уже механическим способом при первичной обработке, например, с помощью фильтров. Мезо- (микрочастицы пластика размером 5-25 мм) и микропластик (<5 мм) проходят через очистные сооружения и остаются в осадке сточных вод.

Опасные микроорганизмы в иле

	Salmonella	Other pathogens
Denmark	No occurrence	Faecal streptococci: < 100 g
France	8 MPN/10 g DS	Enterovirus: 3 MPN/10 g of DS Helminths eggs: 3/10 g of DS
Finland (539/2006)	Not detected in 25 g	Escherichia coli < 1000 cfu
Italy	1000 MPN/g DS	
Luxembourg		Enterobacteria: 100 g no eggs of worm likely to be contagious
Poland	Sludge cannot be used in agriculture if it contains salmonella	
Bulgaria	not detected in 20 g	Escherichia coli, Clostridium perfringens < 1g titer Helminths eggs 1/1000 g DS



Funded by the European Union

WECCOOP

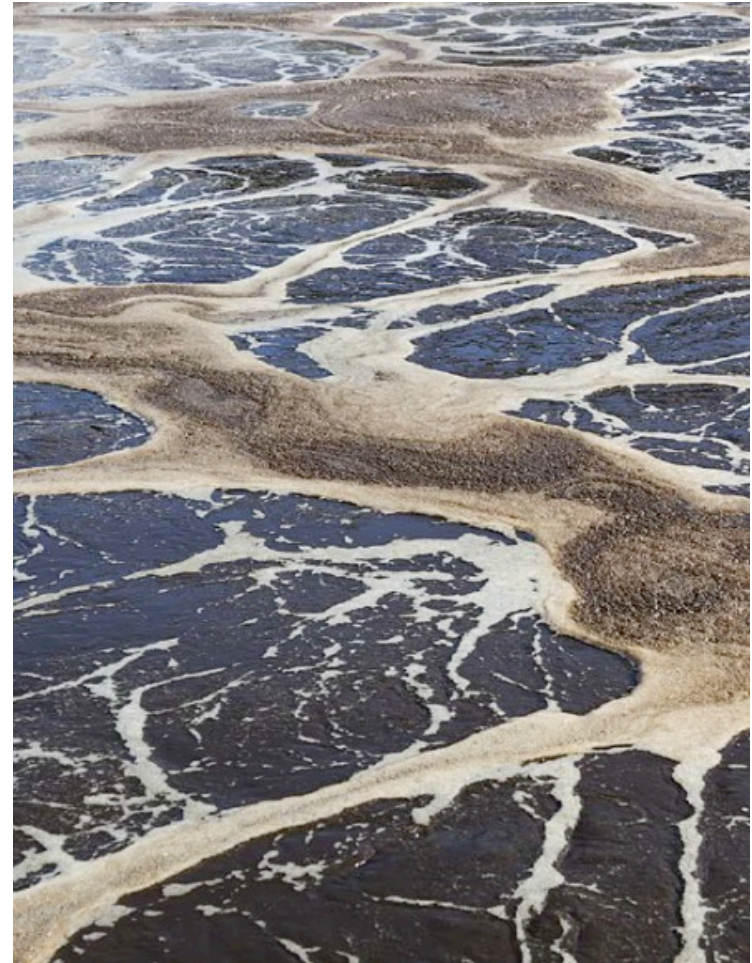
EU – Central Asia Cooperation on
Water – Environment – Climate Change



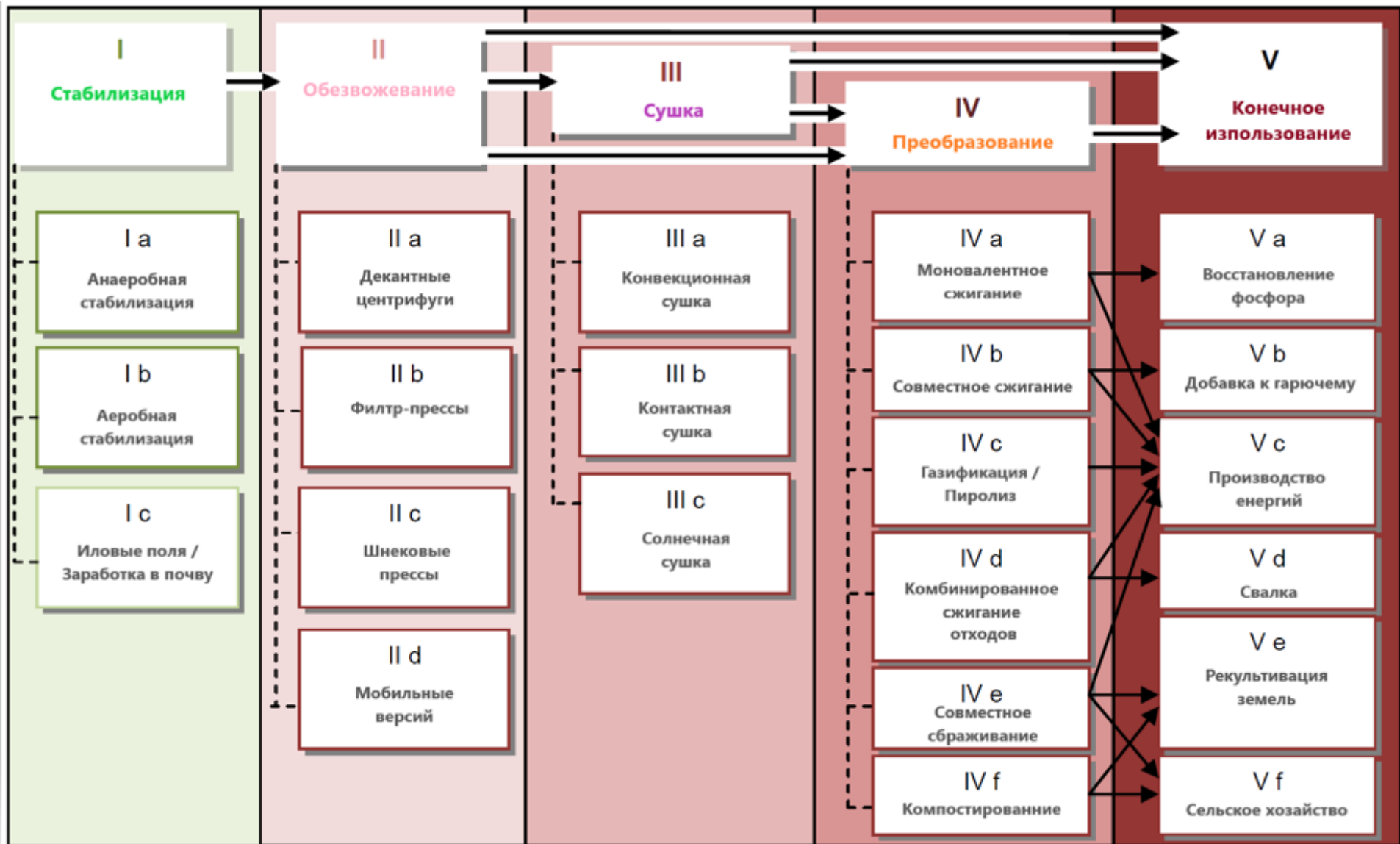
This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal kredit Public Consulting as the consortium partners.

Обработка осадка

- Уплотнение;
- Обеззараживание;
- Дезинтеграция ила;
- Биологическая стабилизация ила;
- Обезвоживание;
- Сушка;
- Термическая обработка.



Обзор возможных вариантов процессов обработки и использования ила



Обеззараживание

- Цель обеззараживания - уменьшить количество патогенных организмов (таких как бактерии, вирусы, простейшие или яйца глистов) в осадке сточных вод, чтобы минимизировать риск заражения людей, животных и окружающей среды при внесении в почву.



Процессы обеззараживания осадка сточных вод (I)

Тип процесса	Процесс	Описание
Достижение температуры обработки за счет внешнего нагрева	Пастеризация осадка	Ил нагревается до температуры более 70 °С в течение 60 минут выдержки.
	Тепловое кондиционирование	Процес происходит при давлении не менее 15 бар, температуре не менее 80 °С и времени выдержки не менее 45 минут в емкости для реакции осадка.
Достижение температуры обработки за счет самонагрева / тепла химической реакции	Аэробная термофильная стабилизация ила (ATS)	Активная подача воздуха / кислорода запускает экзотермическую микробную деградацию и метаболические процессы, которые приводят к нагреванию и повышению pH примерно до 8. Установки ATS, работающие полунепрерывно, должны иметь как минимум в два этапа. Только минимальная температура 55 °С и время выдержки во втором контейнере не менее 22 часов могут обеспечить достаточное сокращение вредных организмов.
	Компостирование ила в штабелях или реакторах	Ил становится компостом при микробном аэробном разложении. Необходимое тепло обеспечивается только этими процессами разложения. В осадок добавляются дополнительные материалы, такие как солома, опилки и т. Д. Первоначальное содержание воды в смеси 40–60% - идеальные условия для идеального процесса компостирования.
	Добавление негашеной извести	Добавление СаО к обезвоженному осадку сточных вод нагревает смесь по меньшей мере до 55 °С из-за экзотермических реакций оксида кальция с присутствующей водой при условии, что реактор имеет достаточную теплоизоляцию. Начальный pH смеси извести и осадка должен быть не менее 12,8, а время обработки должно длиться не менее 3 часов при минимальной температуре 55 °С.

Процессы для обеззараживания осадка сточных вод (II)

Тип процесса	Процесс	Описание
Изменение значения pH	Добавление гашеной извести при кондиционировании и осадка	Добавление $\text{Ca}(\text{OH})_2$ к жидкому илу приводит к увеличению pH. Для этого требуется добавление не менее 0,2 кг $\text{Ca}(\text{OH})_2$ / кг сухого вещества, а начальное значение pH смеси извести и ила должно быть не менее 12,8. Смесь необходимо хранить не менее трех месяцев до использования.
Процессы длительного хранения, обеспечивающие сокращение количества вредных организмов	Обработка в иловых грядах с растительностью	Камыши поглощают органические вещества, содержащиеся в жидком иле, и минерализуют их. Камыши способствуют вентиляции илового слоя. Кроме того, их высокая испарительная способность способствует обезвоживанию осадка сточных вод. Процедура должна проводиться на модульных иловых площадках, загрузка которых производится в шахматном порядке. Это обеспечивает минимальное время обработки и время без загрузки.
Процесс сушки	Сушка при высокой температуре	Осушающая среда (воздух, вода и т. Д.) Нагревается до температуры выше 100 ° C, таким образом осушая осадок сточных вод.

Дезинтеграция ила

- Процессы дезинтеграции осадка сточных вод нацелены на разрушение структур и микроорганизмов, содержащихся в неочищенном осадке, тем самым обеспечивая ускоренное и продолжающееся разложение.
- Цели дезинтеграции осадка сточных вод также включают в себя целенаправленный перенос компонентов осадка сточных вод, таких как фосфор, в свободную воду, для достижения более высокого выхода биогаза, уменьшения массы осадка, предотвращения образования пены или увеличивающегося осадка или для улучшения обезвоживания осадка.
- Используемые процессы включают механические (например, высокое давление, ультразвук), химические / биохимические (например, кислоты, щелочи, окислители, ферменты) и термические (нагревание) процессы или комбинации процессов.

Биологическая стабилизация ила

- Анаэробная – сбраживание (метантенки, иловые лагуны или пруды);
- Аэробная - аэрация ;
- Анаэробно/аэробная – гумосаффикация – компостирование.

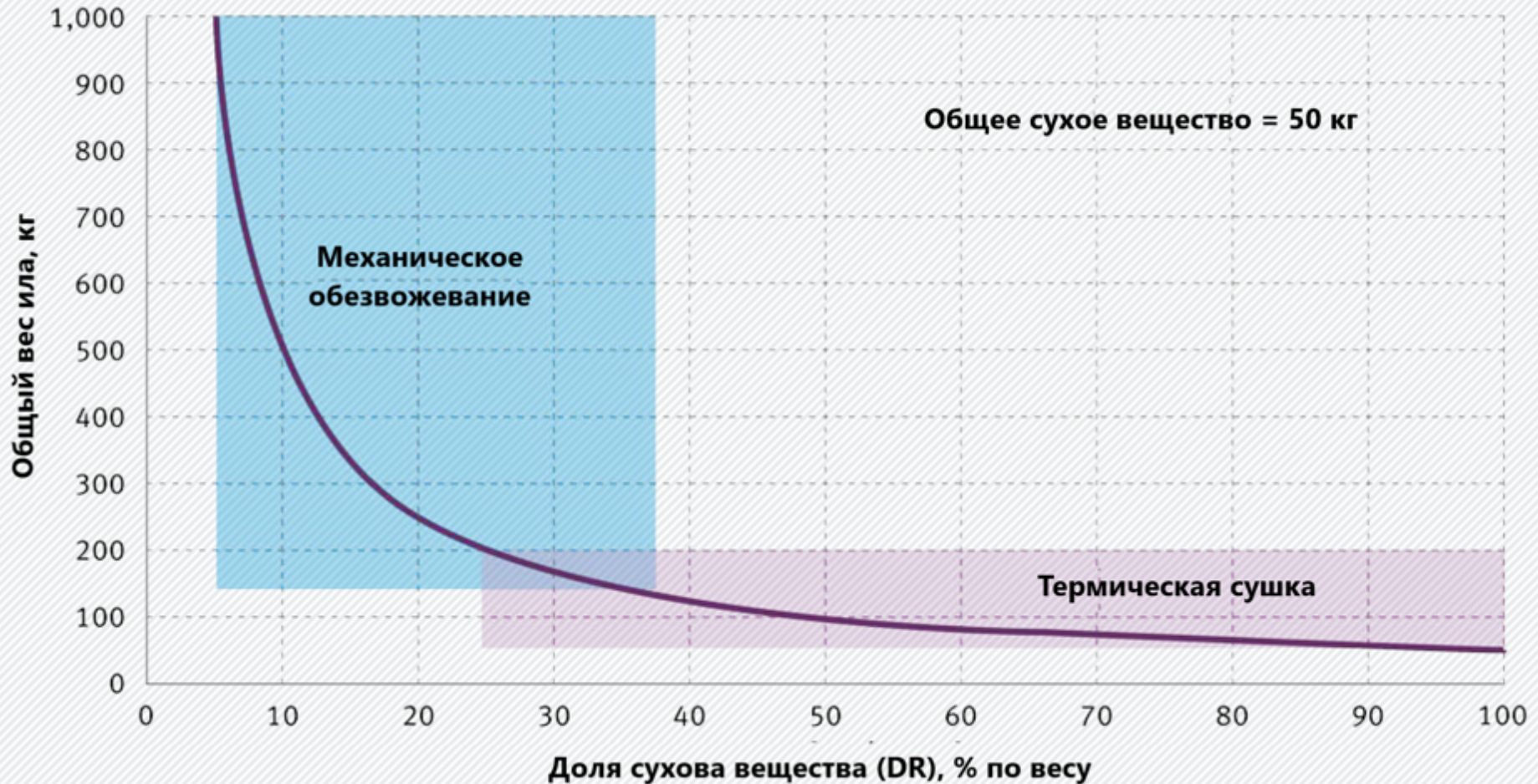


Механическое обезвоживание

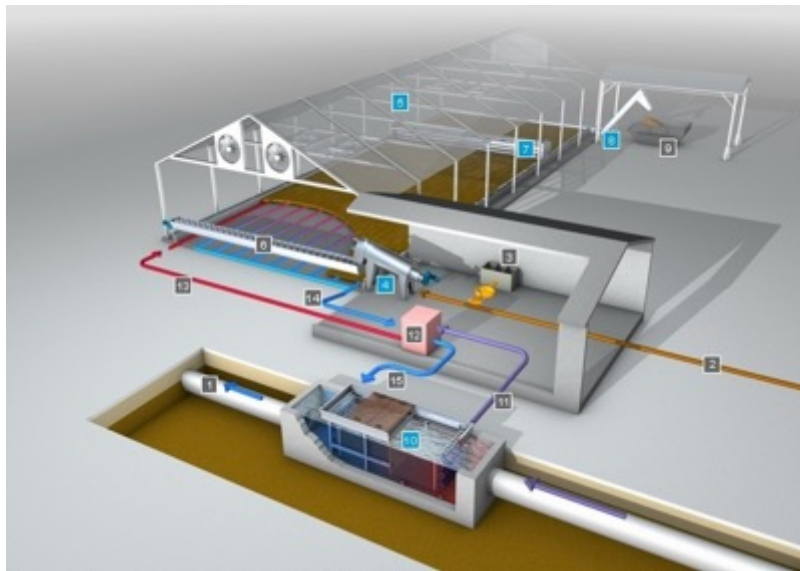
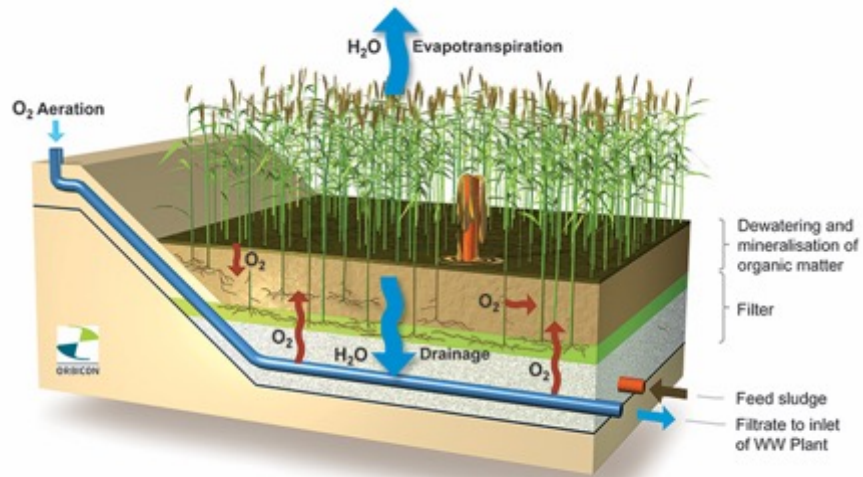
- Декантерные центрифуги;
 - Фильтр прессы:
 - Камерные;
 - Поясные.
 - Шнековые прессы.
-
- *Требуются кондиционирование флокулянтами (4-12кг/тDS)*
 - *Результат обезвоживания от 10 до 45% DS*



Снижение массы ила за счет обезвоживания и сушки



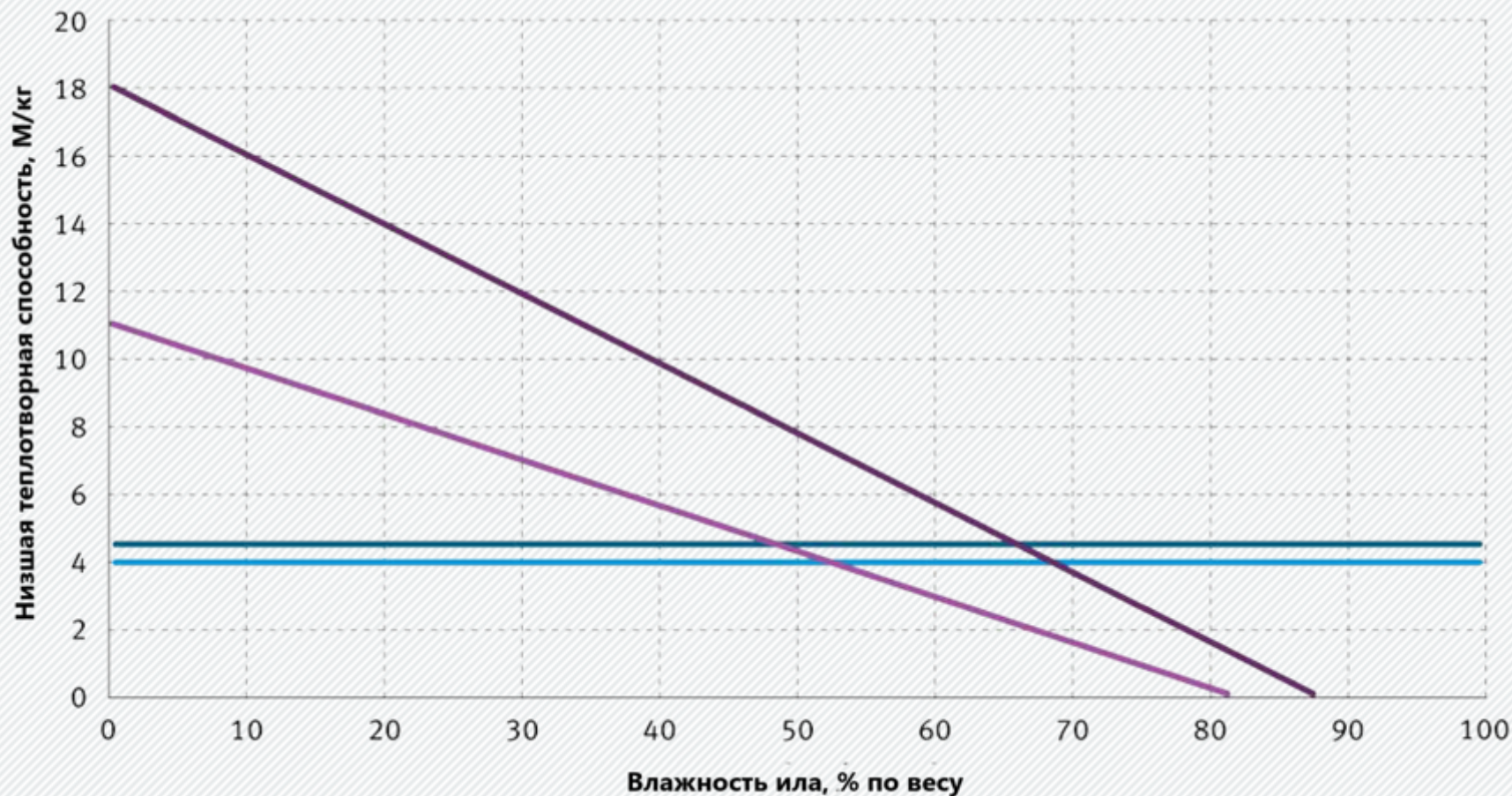
Сушка с использованием энергии солнца



Сушка ила

- Уменьшение количества ила;
 - Частичная сушка – 50-85%
 - Полная сушка – 95%
- Лучшее хранение, дозировка и транспортировка;
- Полное подавление микробиологических процессов и снижение гигиенических требований
- Повышение теплотворной способности

Взаимосвязь между достижимой теплотой сгорания и содержанием воды в иле



— Не сброженный ил

— Сброженный ил

— Без подогрева воздуха

— С подогревом воздуха



WESCOOP

EU – Central Asia Cooperation on
Water – Environment – Climate Change

Funded by the
European Union



Stantec



ACTED

KOMMUNAL
KREDIT

This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal kredit Public Consulting as the consortium partners.

Используемые теплоносители, диапазоны температуры и давления и соответствующие сушильные агрегаты (I)

Теплоноситель	Примеры систем сушки	Напор (бар)	Температура (°C)
Дымовые газы	Барабанная сушилка	~ 1	≤ 850
Выхлоп ТЭЦ	Сушилка с псевдоожиженным слоем	~ 1	≤ 350
Воздух	Барабанная сушилка	~ 1	≤ 450
	Ленточная сушилка	~ 1	≤ 160
Пар	Тонкослойная сушилка	5-11	150-180
	Дисковая сушилка	5-11	150-180
	Сушилка с псевдоожиженным слоем	≤20	≤ 200

Используемые теплоносители, диапазоны температуры и давления и соответствующие сушильные агрегаты (II)

Теплоноситель	Примеры систем сушки	Напор (бар)	Температура (°C)
Вода под давлением	Тонкослойная сушилка	5-11	150-180
	Дисковая сушилка	5-11	150-180
	Сушилка с псевдооживленным слоем	≤20	≤ 200
Термальное масло	Тонкослойная сушилка	3-4	≤ 200
	Дисковая сушилка	3-4	≤ 200
	Сушилка с псевдооживленным слоем	≤20	≤ 250
Радиация	Солнечная сушилка	~ 1	< 50
	Инфракрасная сушилка	~ 1	< 50

Установленные системы сушки и пропускная способность, Германия 2018

	Число	Производительность, t DS/год
Ленточная сушилка	34	133 206
Тонкослойная сушилка	14	42 162
Дисковая сушилка	32	182 420
Шнековая конвейерная сушилка	4	30 780
Солнечная сушилка	55	16 333
Солнечная сушилка с использованием отработанного тепла	35	34 554
Барабанная сушилка	7	23 250
Сушилка с псевдоожиженным слоем	1	16 000
Другие	21	78 500
Общее количество	203	557205

Термическая обработка

- Моносжигание (850-950°C);
- Совместное сжигание:
 - угольные электростанции;
 - станции сжигания отходов;
 - производство цемента.



Использование в сельском хозяйстве

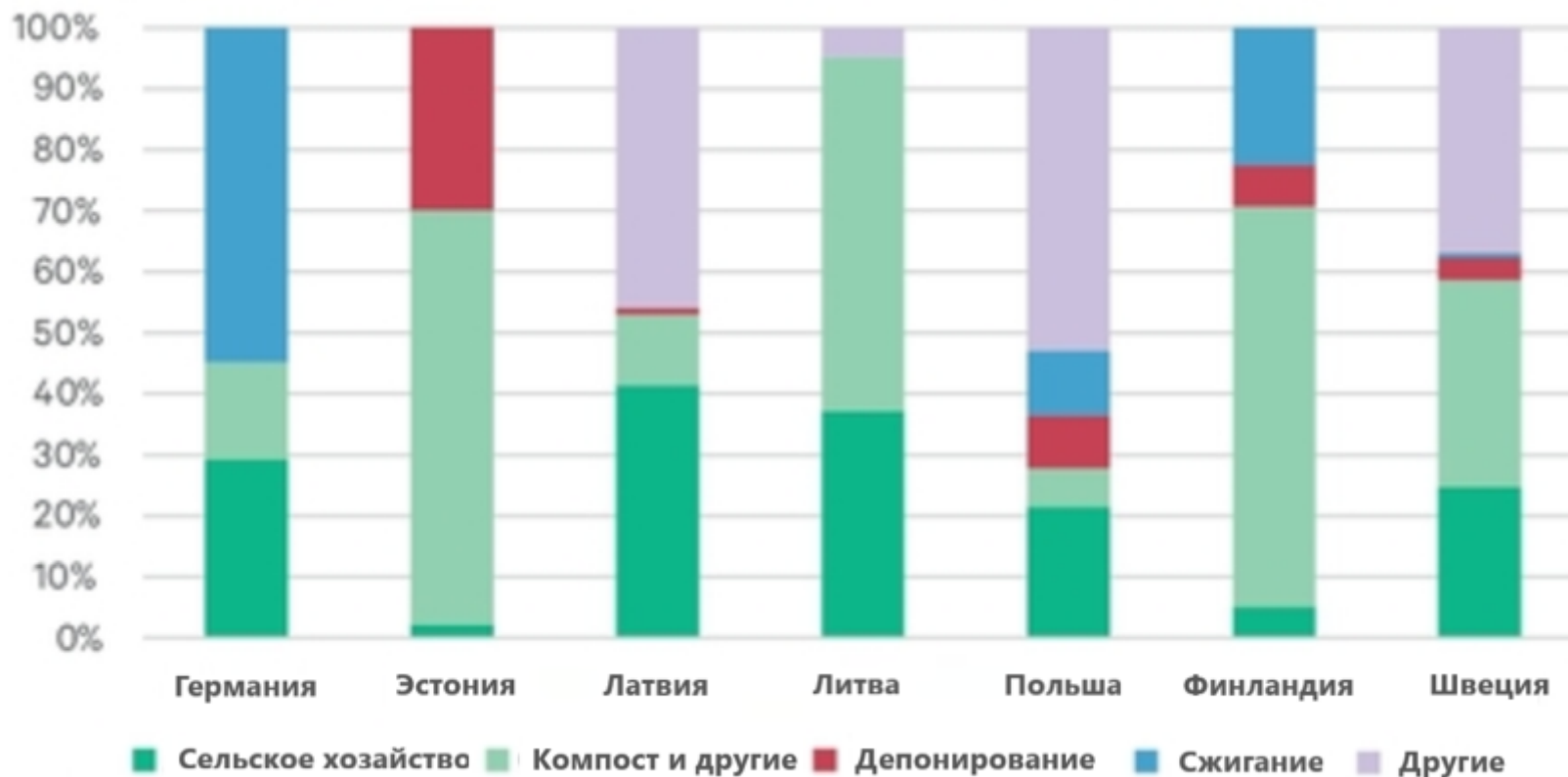
- В 100 тоннах ила с концентрацией 5% DS:
 - Азот – 190 кг, в том числе 55кгN в форме аммония
 - Фосфат (P2O5) – 195 кг
 - Калий (K2O) – 30кг



Сравнение влажно-химических и термических или последующих термических процессов

	Влажно-химический	Термический процесс
Преимущества	Рентабельность	Высокая степень восстановления > 90%
	Легко внедрить в существующую станцию очистки и относительно легко управлять	Одновременная переработка и энергетическое использование осадка сточных вод
	Эксплуатационные преимущества (предотвращение самопроизвольного образования струвитов, улучшенное обезвоживание осадка)	Полное уничтожение органических загрязнителей
	Высокая доступность технологических установок	Гибкое использование (подходит для всех осадков сточных вод и других веществ)
Недостатки	Уровень возврата в настоящее время <50% (ниже требований законодательства)	Высокие инвестиционные затраты
	Подходит только для установок биологического отделения фосфора	Продуманная процедура (требуется квалифицированный технический персонал)

Методы обработки ила в Балтийских странах



Funded by the European Union

WESCOOP

EU – Central Asia Cooperation on
Water – Environment – Climate Change



Stantec



ACTED

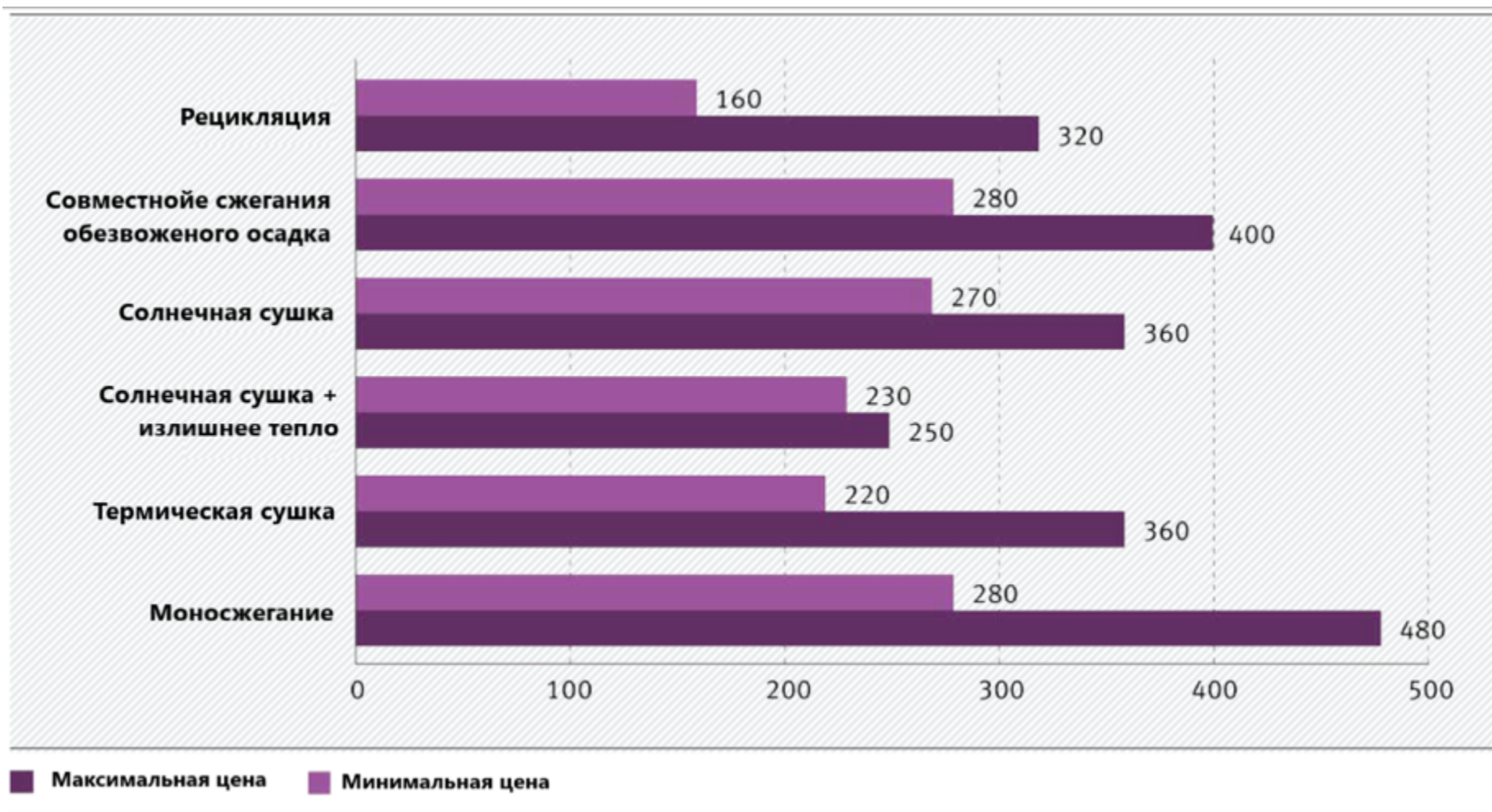
KOMMUNAL
KREDIT

This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal kredit Public Consulting as the consortium partners.

Преимущества и недостатки современных способов утилизации осадка сточных вод

Путь восстановления	Преимущества	Недостатки
Прямое использование на почве (сельское хозяйство, ландшафтный дизайн)	Использование фосфора, всех питательных веществ и гумусообразующих органических веществ Путь использования, который (по крайней мере, до сих пор) предполагает наименьшие затраты	Осадок сточных вод связан с гигиеническими рисками для человека и окружающей среды. Осадок сточных вод содержит много загрязнителей, которые не регулируются законодательством. Их не выводят из обращения, а наоборот, обогащают. Возможность будет упразднена в среднесрочной перспективе для заводов > 50 000 PE.
Моносжигание с последующим извлечением фосфора	Уничтожение всех органических загрязнителей и патогенов в осадках сточных вод. Долгосрочное планирование утилизации в соответствии с требованиями законодательства для операторов очистных сооружений Производство энергии Восстановление фосфора из золы в соответствии с требованиями законодательства Возможная термическая обработка в сочетании с извлечением фосфора из золы сохраняет ресурсы и открывает новые рынки	Извлечение фосфора из золы в настоящее время все еще технически сложно и редко тестируется в больших масштабах. Возможная дополнительная нагрузка, связанная с транспортировкой, вызывает самые высокие затраты как способ утилизации
Сжигание с извлечением фосфора на входе	Уничтожение всех органических загрязнителей и патогенов в осадках сточных вод Производство энергии Экономия ресурсов за счет экономии топлива и замены присадок Термическая обработка в сочетании с предыдущим извлечением фосфора из осадка сточных вод позволяет сэкономить ресурсы. Экономичный способ утилизации путем моносжигания	В будущем пригоден только осадок сточных вод с низким или пониженным содержанием фосфора, так как использование или восстановление фосфора невозможно, что не соответствует требованиям законодательства. Установленный в настоящее время процесс регенерации осадка сточных вод выше по технологической цепочке в большинстве случаев обеспечивает степень извлечения фосфора ниже нормативных требований. Возможная дополнительная нагрузка из-за транспортировки

Затраты на утилизацию осадка сточных вод, Германия, EUR/t DS



WESCOOP

EU – Central Asia Cooperation on
Water – Environment – Climate Change



This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal Kredit Public Consulting as the consortium partners.

Выбор метода обработки и использования ила

- объём и качество ила;
- требования к использованию ила;
- возможности хранения;
- маршруты и цена транспортирования;
- возможности использования обработанного осадка;
- возможность коопераций;
- возможность наружной обработки;
- технология, которая уже существует на очистных сооружениях;
- технологии, которые он мог бы интегрировать для улучшения процесса хранения и обработки ила, но также;
- внешние альтернативы, которые могут существовать для этого.

Выбор метода обработки и использования ила (II)

- ожидаемое изменение количества ила осадка и параметра качества;
- различные логистические задачи;
- изменения цен;
- требования к тестированию; и
- требования к документации.

Источники информации

- <https://www.umweltbundesamt.de/>
- Sewage Sludge Disposal in the Federal Republic of Germany, German Environment Agency, 2019;
- Technical Guide on the treatment and recycling techniques for sludge from municipal waste water treatment , German Environment Agency, 2016;
- Guidance for decision-making on sewage sludge management - Recommended proceedings for Waste Water Treatment Plant Operators, German Environment Agency, 2016;
- Dagerskog, Linus, and Olle Olsson. Swedish Sludge Management at the Crossroads. Stockholm Environment Institute, 2020, www.jstor.org/stable/resrep22998. Accessed 9 Sept. 2020. <https://www.jstor.org/stable/resrep22998>
- Источник фотографий - интернет ресурс:
<https://www.umweltbundesamt.de/>
<http://www.eswet.eu/news/Doosan-Lentjes-announces-re-entry-into-the-market-for-the-thermal-treatment-of-municipal-sewage-sludge.html>
<https://www.huber.de/>
<https://waterandcarbon.com.au/technology/sludge-treatment-reed-beds/>

Благодарю за внимание!

www.wescoop.eu

Офис No 15
Проспект Достык 5/2
Z05H9M3 Нур-Султан

info@wescoop.eu

www.facebook.com/wescooproject



Funded by the
European Union

WESCOOP

EU – Central Asia Cooperation on
Water – Environment – Climate Change



This project is implemented by the consortium led by Stantec, with ELLE (Estonian, Latvian & Lithuanian Environment), ACTED, and Kommunal kredit Public Consulting as the consortium partners.