

Использование канализационных стоков для восстановления плодородия почв

Юницкий Анатолий Эдуардович¹, Малахов Роман Анатольевич²

¹ Доктор философии транспорта, Генеральный конструктор, Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь

² Начальник конструкторского бюро «Железобетонные конструкции», Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь

Аннотация. С ростом численности населения планеты и развитием научно-технического прогресса степень воздействия человеческого общества на окружающую среду непременно возрастает. Добывается всё больше полезных ископаемых, производится всё больше продукции (промышленной, растительной, животной), увеличивается использование природной воды для производственных и бытовых целей, сокращается площадь плодородных земель и т. д.

Хозяйственная деятельность человечества сопровождается накоплением различного рода отходов производства, в том числе в городском коммунальном хозяйстве, которые загрязняют окружающую среду. Одной из разновидностей таких отходов являются канализационные стоки, которые не используются в должной мере и наносят существенный ущерб глобальной экосистеме — биосфере планеты.

В этой связи в статье исследована указанная проблематика и даны рекомендации об использовании канализационных стоков для их трансформации в инструмент, позволяющий повысить плодородие почв и обеспечить продовольственную безопасность человечества.

Ключевые слова: биогумус и Terra, активный ил, избыточный ил, почва, сточные воды, канализационные стоки, технология переработки.

Введение

Обеспечить продовольственную безопасность человечества можно как за счёт повышения урожайности и улучшения качества выращиваемой растительной продукции на сельскохозяйственных почвах, так и путём восстановления плодородия существующих пахотных земель и использования опустыненных территорий под сельскохозяйственные нужды.

Основным носителем плодородия в почве являются органическое вещество — биогумус. Недостаточное количество гумуса в почве приводит к её биодegradации, тем самым делая менее плодородными пахотные земли. Установлено, что почвы под зерновыми культурами ежегодно теряют 0,5–1,5 т/га гумуса, под пропашными – потери ещё в 1,5–3 раза выше [1]. В то же время, на опустыненных территориях гумус вовсе отсутствует или присутствует в очень малых количествах. В этой связи необходим поиск решений по восстановлению плодородного слоя почв.

Основная часть

Одно из наиболее действенных решений указанной глобальной в масштабах планеты проблемы предложено белорусским учёным-изобретателем, инженером А.Э. Юницким [2, 3].

Автором технологии отмечается, что горючие сланцы и бурые угли могут быть использованы не столько для генерации электрической и тепловой энергии, сколько для получения реликтового живого гумуса – основы плодородия любых почв, так как такой биогумус будет иметь тот же химический состав, что и древние растения, взявшие всё необходимое для жизни из древней (реликтовой) почвы. По технологии А.Э. Юницкого предлагается сжигать горючие ископаемые не полностью, а только 50–75 %. Затем отходы сгорания (золу, шлак, шлам, пыль, дымовые газы) необходимо смешать с несожжёнными 25–50 % сланцев или бурых углей (с добавлением любого сырья органического происхождения – травы, торфа, опилок, навоза, помёта, растительного остатка, бытового мусора, канализационных стоков и другого). Полученная многокомпонентная смесь, в которой присутствует как органическое, так и минеральное сырьё, окончательно перерабатывается в живой плодородный биогумус в биореакторах с помощью специально подобранных аэробных и анаэробных ассоциаций почвенных агрономически ценных микроорганизмов. Полученный реликтовый биогумус иТегга можно вносить в почву в пропорции от 2 % – при таком его содержании даже песок пустыни станет плодородным [2, 3].

Возникает вопрос: имеются ли ещё способы получения экономически эффективного и экологически безопасного органического удобрения, способного удовлетворить потребности человечества?

Канализационные стоки — это огромный в масштабах планеты ресурс, потенциал которого по сравнению с иными видами природных ресурсов полностью не раскрыт. В то же время, живой природой уже созданы и работают на практике биотехнологии, которые человечеству необходимо воспроизвести – ведь любой почвенный гумус является результатом предшествующей биопереработки органических отходов жизнедеятельности всех живых организмов, населяющих биосферу, в том числе и человека.

Вторичное использование бытовых, производственных, поверхностных стоков, а также отходов сточных вод может способствовать разрешению кризисных ситуаций, предотвращать их возможное появление, значительно экономить природные ресурсы. Так, для очистки канализационных стоков у каждого производства/города имеются очистные сооружения, внешний вид которых приведён на рисунке 1.

Исходя из сложившейся практики, в большинстве случаев используется биологический метод очистки стоков, сущность которого заключается в способности микроорганизмов активного ила использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе жизнедеятельности [4].



Рисунок 1 – Общий (панорамный) вид очистных сооружений

Микроорганизмы освобождают воду от загрязнений, а метаболизм этих веществ в клетках микроорганизмов обеспечивает их энергетические потребности и прирост биомассы. В ходе регенерации активного ила образуется его избыточное количество, после чего он направляется на утилизацию. В состав избыточного ила входят бактерии, отмершие микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности. Сухой остаток активного ила на 70–90 % состоит из органических веществ и на 10–30 % – из неорганических. Содержание органического углерода при этом составляет более 60 % [4].

В результате, активный ил является достаточно ценным вторичным ресурсом. По своей сути избыточный ил, фрагменты которого приведены на рисунке 2, — это разновидность биогумуса, который, исходя из сложившейся практики, вместо повторного эффективного применения утилизируют на свалках или сжигают.



Рисунок 2 – Избыточный ил (фрагменты)

До настоящего времени основным фактором, сдерживающим масштабное применение активного ила на планете, является наличие в нём солей тяжелых металлов, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, патогенных микроорганизмов, влияние которых на почву, растения и безвредность продуктов питания не изучено в полной мере, что подтверждают результаты проведённого анализа многочисленных научных трудов по исследуемой области в открытых источниках информации. В то же время, необходимо отметить, что соли тяжёлых металлов присутствуют во всех растительных и животных организмах (в состав любой живой клетки входит более 80 химических элементов таблицы Менделеева), что также не случайно: полное их отсутствие в растениях и иных живых организмах приводит к их болезням и даже гибели.

Следует отметить, что рядом учёных предложены меры по применению активного ила, в т. ч. по извлечению из него избыточного количества вредных веществ.

В частности, одним из методов является очистка ила с помощью микроскопического почвенного гриба [5, 6]. Активный ил можно смешивать с культурой гриба, выдержать, после чего происходит детоксикация тяжёлых металлов и доокисление нефтепродуктов. Кроме того, гриб обладает еще рядом уникальных свойств: стимулирует развитие корневой системы растений и очищает почву от грибов-паразитов, питаясь ими.

Ещё один вариант улучшения качества осадков сточных вод — известкование. Добавление извести приводит к увеличению значения рН и замедлению или временной остановке процессов жизнедеятельности микроорганизмов, в частности, осуществляющих брожение с образованием дурнопахнущих газов. Содержание патогенных микроорганизмов при известковании существенно снижается, однако только при дозе извести 30% от сухого вещества осадка можно добиться практически полного их исчезновения [7].

Известен также способ рекультивации нарушенных земель согласно [8], который включает внесение на поверхность почвы отходов химических производств, в качестве которых используют шлам – отход содового завода в количестве 10–40 кг/м². Затем проводят вспашку, после чего дополнительно вносят активный ил очистных сооружений химического завода в количестве 4–5 кг/м² с последующим посевом семян растений.

Однако, в целом указанные методы, так же как и иные, до настоящего времени не нашли широкого практического применения, и используются на лабораторном (локальном) уровне.

Кроме того, необходимо отметить, что ежегодно в мире образуется порядка 360 млрд кубометров сточных вод, при этом около 48% этой воды в настоящее время сбрасывается без очистки [9]. В то же время, вторичное использование продуктов очистки составляет менее 6%. В таблице 1 приведены количественные показатели по осадкам на человека, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, в различных странах.

Таблица 1 – Осадки сточных вод, образующихся на очистных сооружениях, по странам [9]

Страна	Количество осадка в год по сухому веществу, т/год		Население страны на 2020 г., млн чел.	Килограмм осадка на одного жителя
	2005 г.	2020 г.		
Беларусь	150 000	190 000	9,355	20
Латвия	23 950	50 000	1,908	26
Эстония	33 000	33 000	1,328	24
Литва	71 252	80 000	2,790	28
Швеция	210 000	250 000	10,313	24
Дания	130 000	140 000	5,762	24
Финляндия	147 000	155 000	5,526	28
Польша	523 000	950 000	38,313	24
Германия	1 523 674	1 950 000	83,349	23
Россия	2 059 000	2 000 000	146,171	13

Как свидетельствуют данные таблицы 1, в целом за последние 15 лет почти во всех странах Европы (из рассмотренных) отмечается негативная динамика, связанная с ростом количества осадков сточных вод, образующихся на очистных сооружениях. В этой связи на предприятиях очистки необходимо внедрять проекты и технологии использования активного ила в качестве исходного технологического сырья для производства органического удобрения/подкормки для растений.

Однако в данном направлении на основе результатов проведённого анализа выявлена следующая негативная особенность: в Республике Беларусь, Российской Федерации, странах Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) в целом до сих пор отсутствует либо в полной мере не развита нормативно-техническая база, позволяющая на законодательном уровне размещать осадки сточных вод в окружающей среде, использовать в соответствии с требованиями экологической безопасности. По этой причине активный ил, представляющий собой столь ценный ресурс в масштабах планеты, не используется в рамках замкнутого цикла, а – на практике – утилизируется и наносит вред природе ввиду высокой концентрации в местах отстойников, либо просто сжигается.

В то же время, на сегодняшний день страны ЕС предпринимают серьёзные попытки по использованию продуктов очистки в качестве удобрений и вовлечению осадков очистных сооружений в хозяйственный оборот для получения ценной продукции, в то время как иные регионы в целом практически не используют данную возможность. Так, по данным отчёта Европейской комиссии, средний процент осадков, используемых в сельском хозяйстве, в странах ЕС составляет около 40 %, что представлено в таблице 2 [9], при этом используются различные методы утилизации осадков сточных вод.

Таблица 2 – Основные методы утилизации осадков сточных вод в странах ЕС, %

Страна	Использование в с/х в качестве органического удобрения	Размещение на иловых площадках	Сжигание	Сброс в море, океан и иные технологии
Англия	53	16	7	24
Австрия	20	49	31	–
Германия	25	55	15	5
Дания	45	28	18	9
США	25	25	35	15
Италия	20	60	–	20
Швеция	60	30	–	10
Франция	23	46	31	–

Сельскохозяйственное применение обработанного осадка (избыточного ила) сточных вод является более экономичной и экологически безопасной альтернативой химическим удобрениям, на производство которого не нужно вкладывать значительные финансовые средства, т. к. это – побочный продукт очистки вод. В почву на полях осадки после обработки

могут вноситься в любой форме (жидкий осадок, обезвоженный высушенный осадок). Как видно из таблицы 3, по содержанию органических веществ осадки сточных вод не только не уступают органическим удобрениям, но по некоторым показателям превосходят их.

Таблица 3 – Содержание основных элементов питания растений в осадках сточных вод и органических удобрениях, % на сухое вещество [9]

Удобрение	Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз крупного рогатого скота	70–85	1,9–4,3	0,6–2,8	1,3–5,2
Свиной навоз	75–85	2,6–6,5	1,4–3,7	1,4–5,4
Помёт	50–75	3,6–8,0	3,0–6,7	1,3–4,0
Торф верховой	95–98	0,2–0,5	0,03–0,3	0,01–0,1
Торф переходной	90–95	1,4–2,5	0,02–0,4	0,05–0,2
Торф низинный	85–92	1,6–4,0	0,1–0,4	0,02–0,3
Осадки сточных вод	48–75	1,4–4,3	1,14–4,44	0,28–0,64

Вредное воздействие осадка сточных вод на окружающую среду можно исключить при использовании его совместно с биогуомусом uTerra. При компостировании свежеполученного осадка его сушат (до влажности около 50%), выдерживают при температуре порядка +60°C, чтобы привести к гибели всех патогенных организмов, их яиц и т. д., и далее перемешивают с биогуомусом. Земляной червь и культивируемые им ассоциации агрономически ценных тысяч видов аэробных и анаэробным микроорганизмов, находящиеся в биогуомусе uTerra, также способствуют уничтожению патогенной микрофлоры и микрофауны в полученной смеси и переводят соли тяжёлых металлов в безопасные для почвы нерастворимые соли гуминовых кислот.

Процентное соотношение осадка сточных вод и биогуомуса рассчитывается из возможности применения под конкретные цели. Компостирование как способ утилизации осадков сточных вод отличается простотой, доступностью и относительно низкой себестоимостью. Переработка осадков сточных вод, основанная на использовании специального вида земляного червя, который используются в реализованной на практике технологии получения биогуомуса uTerra [2, 3] (см. рисунок 3), показал свою высокую эффективность. Они способны накапливать в теле тяжёлые металлы и переводить их в связанные формы, недоступные для растений, что позволяет расширить область применения продуктов такой переработки. Технология исключает применения химических реагентов, что делает биологическую утилизацию экологически безопасной и не приводит к вторичному загрязнению грунтовых вод и почв. По обозначенным направлениям в настоящее время ведутся исследования в белорусской научно-инжиниринговой компании «Струнные технологии». Результаты экспериментов и апробации соответствующей технологии будут представлены в последующих научных трудах.



Рисунок 3 – Фрагмент из видеofilmа «Анатолий Юницкий рассказал о биогумусе» [10]

Также, в качестве рекомендаций о возможном использовании на планете (на примере отдельно взятых регионов и стран, включая страны ШОС) канализационных стоков с последующей переработкой активного ила в органическую подкормку для растений, предлагается следующее:

а) увеличение объёмов выделяемых в регионах (странах) бюджетных средств для проведения профильными организациями научных исследований (НИОКТР) для возможности внедрения результатов разработок на отдельных экспериментальных участках/предприятиях по переработке канализационных стоков, использования оптимальной технологии внесения, осуществления контроля качественных показателей почвы, воды и растений; проведение на постоянной основе тематических конкурсов (идей, стартапов) на грантовой основе по указанной тематике с целью поиска оптимальных решений для их последующего внедрения;

б) принятие в регионах нормативных правовых актов с целью возможности внедрения результатов выполненных НИОКТР на предприятиях/отдельно взятых регионах по переработке канализационных стоков;

в) принятие актов законодательства на уровне отдельных государств для внедрения отработанных технологий и их масштабирования на уровне национальной экономики.

Выводы

Переработка отходов канализационных стоков, объёмы которых в масштабах планеты в целом постоянно увеличиваются, путём внесения осадка сточных вод (активного ила) в почву совместно с биогумусом uTerra, представляет собой значительный потенциал для человечества для повышения плодородия почв. В частности, внесение осадка сточных вод (активного ила) в почву позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур до 30%–40% [11], способствует возобновлению плодородного слоя земли. Также использование продуктов очистки сточных вод может использоваться в озеленении пустынных территорий и иных земель, не имеющих плодородного слоя. В то же время, сам цикл очистки канализационных стоков становится замкнутым и практически безотходным. Использование осадок сточных вод позволит освободить значительные площади, занятые в настоящее время под иловые площадки и выполняющие исключительно накопительную функцию.

Применение возрастающего количества избыточного ила на почвах сельскохозяйственного назначения, на опустыненных территориях в рамках программ озеленения на основе предлагаемой авторами технологии и рекомендаций по их внедрению/масштабированию в рамках усовершенствованного правового поля — один из путей сохранения планетарной экологии и повышения продовольственной безопасности человечества.

Литература

1. Богатырёв, С.М. Экологическая оценка эффективности использования осадка сточных вод в качестве удобрения в условиях Курской области: Автореф. дис. ... канд. с/х. наук. — Курск, 1999. — 140 с.
2. Юницкий, А.Э. Инженер Мира: автобиография / Анатолий Юницкий. — Минск: СтройМедиаПроект, 2023. — 500 с.: ил.
3. Юницкий, А.Э. Программа перезагрузки экономики Союзного государства России и Беларуси на биосферный путь цивилизационного развития. — Режим доступа: https://unitsky.engineer/assets/files/shares/Programa_perezagruzki_Soyuznogo_gosudarstva_Rossii_Belarusi.pdf. — Дата доступа: 15.07.2023.
4. Сидорова, Л.П. Очистка сточных и промышленных вод. Часть II «Биохимическая очистка. Активный ил. Оборудование» [Электронный ресурс] : [электронное текстовое издание] / Л. П. Сидорова, А. Н. Снигирёва ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Уральский федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Ин-т фундамент. образования. — Екатеринбург, 2017 — 125 с.
5. Учёный придумал, как из канализационных отходов получить удобрение. — Режим доступа: <https://ria.ru/20111111/486381805.html>. — Дата доступа: 17.07.2023.
6. Патент RU № 2303572 С2. Способ обработки ила в очистном сооружении мицеллярными способами / Флери С. — Заявл. 14.05.2002; опубл. 20.04.2005.
7. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология : учебное пособие для студентов специальности "Биоэкология" вузов / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. - Минск : БГТУ, 2006. - 311 с.
8. Патент RU № 2398640 С1. Способ очистки нефтезагрязнённых почв и почвогрунтов / Надеин А. Ф. — Заявл. 11.01.09 ; опубл. 10.09.10.
9. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. - 109 с.
10. Анатолий Юницкий рассказал о биогумусе. — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=hN9PMECFL0Y&t=104s>. — Дата доступа: 27.07.2023.
11. Тянь, В.П. Агромелиоративные особенности использования осадков сточных вод на черноземах лесостепной зоны Поволжья : Дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.02 : Саратов, 2003. — 330 с.