



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО ИНЖЕНЕРСТВО

КАТЕДРА „ИНЖЕНЕРНА ХИМИЯ”

Мартин Светославов Съев

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ НА ОТПАДЪЧНИ ПЛОДОВЕ И ЗЕЛЕНЧУЦИ

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

по научна специалност

5.13 Общо инженерство (Технологии за оползотворяване и третиране на отпадъци)

Научни ръководители: Проф. д-р Богдана Куманова
Доц. д-р Иван Симеонов

Научно жури: 1. Доц. д-р Силиян Чаушев - Председател
2. Проф. д-р Венко Бешков
3. Проф. д-р Райчо Динков
4. Проф. д-р Богдана Куманова
5. Доц. д-р Денчо Денчев

София, 2011

Дисертационният труд е написан на 115 страници и съдържа 35 фигури и 17 таблици. Цитирани са 152 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет на защита на заседание на научен съвет на научното звено на катедра „Инженерна химия“, състояло се на 12.12.2011

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 02.04.2012 г. от 14.00 часа в зала 424, сграда „А“ на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересуващите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности“, стая 406, етаж 4, сграда „А“ на ХТМУ.

СЪДЪРЖАНИЕ:

Списък на съкращенията.....	2
Увод.....	3
1. Изводи от литературния обзор.....	3
2. Цел и задачи	4
3. Материали и методи	5
3.1. Използвани субстрати за анаеробно разграждане.....	5
3.2. Лабораторни инсталации.....	5
3.3. Аналитични методи.....	6
4. Експериментална част.....	7
4.1 Анаеробно разграждане на смес от отпадъчни зеленчуци и отпадъчни плодове с помощта на биошлам от работещ анаеробен реактор.....	7
4.1.1 Експерименти със съотношение на биошлам към отпадъчни плодове и зеленчуци 3:1.....	7
4.1.2. Експерименти със съотношение на биошлам към отпадъчни плодове и зеленчуци 1:1.....	8
4.2. Анаеробно разграждане на смес от говежди тор и отпадъчни домати.....	9
4.2.1. Съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 90 : 10.....	9
4.2.2. Съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 80 : 20.....	11
4.2.3. Съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 60 : 40.....	13
4.2.4. Съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 40 : 60.....	14
4.2.5. Съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 20 : 80.....	15
4.2.6. Самостоятелно разграждане на отпадъчни домати.....	16
4.2.7. Влияние на импулсно органично натоварване върху процеса.....	17
4.2.8. Влияние на увеличението на органичното натоварване върху процеса.....	18
4.2.9. Сравняване на анаеробното разграждане на говежди тор и на отпадъчни домати.....	20
4.3. Анаеробно разграждане на смеси от отпадъчни зеленчуци и плодове и активна утайка в различни съотношения.....	21
4.3.1. Съотношение на активна утайка към отпадъчни краставици 90 : 10.....	21
4.3.2. Съотношение на активна утайка към отпадъчни краставици и отпадъчни домати 80 : 10 : 10.....	23
4.3.3. Съотношение на активна утайка към отпадъчни краставици, отпадъчни домати и отпадъчни картофи 70 : 10 : 10 : 10.....	25
4.3.4. Влияние на органичното натоварване върху процеса.....	26
4.3.5. Съотношение на активна утайка към отпадъчни краставици, отпадъчни домати и отпадъчни картофи 60 : 10 : 10 : 20.....	28
4.3.6. Съотношение на активна утайка към отпадъчни краставици, отпадъчни домати, отпадъчни картофи и отпадъчни ябълки 50 : 10 : 10 : 20 : 10.....	29
4.3.7. Сравняване на степента на разграждане на сухото вещество при различни съотношения на активна утайка и отпадъчни плодове и зеленчуци.....	30
4.3.8. Влияние на импулсното органично натоварване върху процеса при съотношение на активна утайка, отпадъчни краставици, отпадъчни домати и отпадъчни картофи 70:10:10:10.....	31
5. Изводи и приноси.....	33
6. Списък на публикациите и участията в конференции.....	36

СПИСЪК НА НАЙ-ЧЕСТО ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

АР – анаеробно разграждане

ОПЗ – отпадъчни плодове и зеленчуци

ОД – отпадъчни домати

ОК – отпадъчни краставици

ОКф – отпадъчни картофи

ОЯ – отпадъчни ябълки

АУ – активна утайка

ГТ – говежди тор

СВ – сухо вещество

СВвх – сухо вещество на вход

СВизх – сухо вещество на изход

ОСВ – органично сухо вещество

ОСВвх – органично сухо вещество на вход

ОСВизх – органично сухо вещество на изход

ЛМК – летливи мастни киселини

ХПК – химична потребност на кислород

ОН – органично натоварване

ОРП – окислително – редукиционен потенциал

Q – добив на биогаз

ХЗ – хидролизуеми захари

ОБ – общ белтък

УВОД

През последните десетилетия един от основните екологични проблеми на съвременното общество е непрекъснатото увеличаване на количеството на отпадъците. Тяхното управление е основен приоритет на политиката на все повече държави. От друга страна все по-актуален става въпросът с намирането и разработването на алтернативни енергийни източници поради изчерпване на фосилните горива. Това са причините за увеличаване на интереса в последните години към получаването на биогаз чрез анаеробно разграждане.

Анаеробното разграждане е микробиологичен процес на разграждане на органичната материя при безкислородни условия, който води до получаване на два крайни продукта: биогаз, чиито основен компонент е метан и биошлам (стабилизирана утайка), която може да се използва за наторяване на обработваеми селскостопански площи. Един от възможните субстрати за анаеробното разграждане са отпадъчните плодове и зеленчуци. Всекидневно огромни количества от тези отпадъци се генерират от пазарите и тържищата. Традиционният метод за третиране е депонирането им в сметищата за битови отпадъци. Това създава екологични проблеми поради високото съдържание на влага и високата биоразградимост на отпадъчните плодове и зеленчуци. Поради това обработването на тези отпадъци с помощта на анаеробното разграждане ще доведе до оползотворяване на енергията в тях и намаляване на натиска им върху околната среда.

1. ИЗВОДИ ОТ ЛИТЕРАТУРНИЯ ОБЗОР

Представените литературни данни показват засилен интерес през последните години на изследователите към приложението на анаеробното разграждане при оползотворяването на отпадъчните плодове и зеленчуци. Този процес е сложен и поради това е труден за управление. В заключение на настоящия обзор могат да се направят следните изводи:

1. Малко данни има за пусковия период на анаеробното разграждане на смес от отпадъчни зеленчуци и плодове. От интерес би било да се изследва

възможността за стартиране на процеса с помощта на биошлам от работещ анаеробен биореактор.

2. В научните изследвания на някои автори стъпаловидното увеличаване на новия отпадък се извършва на периоди от една седмица и при времепресъй над 30 дни. Интерес представлява възможността за намаляване на времепрестоя на отпадъка в реактора. Не са открили данни за ефекта на импулсното органично натоварване и увеличаването на органичното натоварване.
3. От биотехнологична гледна точка по-лесно за управление е анаеробното разграждане на отделни отпадъчни плодове и зеленчуци. От практическа гледна точка обаче това е неизгодно поради характера на генериране на тези отпадъци. В пазарите и тържищата отпадъчните плодове и зеленчуци се изхвърлят в общи контейнери, а не поотделно. В редица случаи анаеробното разграждане на смеси води до по-добри резултати поради достигане на (оптимално) по-добро съотношение C/N.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Цел на настоящия дисертационен труд е да се изследва анаеробното разграждане на отпадъчни плодове и зеленчуци до получаването на биогаз.

За постигането на тази цел бяха поставени следните задачи:

1. Провеждане на анаеробно разграждане на смес от отпадъчни зеленчуци и плодове при периодичен режим и използване на биошлам от работещ анаеробен реактор като източник на метаногенни микроорганизми.
2. Изследване на непрекъснат процес на анаеробно разграждане на смес от говежди тор и отпадъчни домати в различни съотношения.

3. Установяване влиянието на увеличаването на органичното натоварване върху анаеробното разграждане на отпадъчни домати.
4. Изследване на непрекъснат процес на анаеробно разграждане на смеси от отпадъчни зеленчуци и плодове и активна утайка от пречиствателна станция за отпадъчни води в различни съотношения и мезофилен режим.
5. Провеждане на експерименти за определяне влиянието на органичното натоварване върху процеса на анаеробно разграждане на смес от отпадъчни зеленчуци и плодове и и активна утайка.

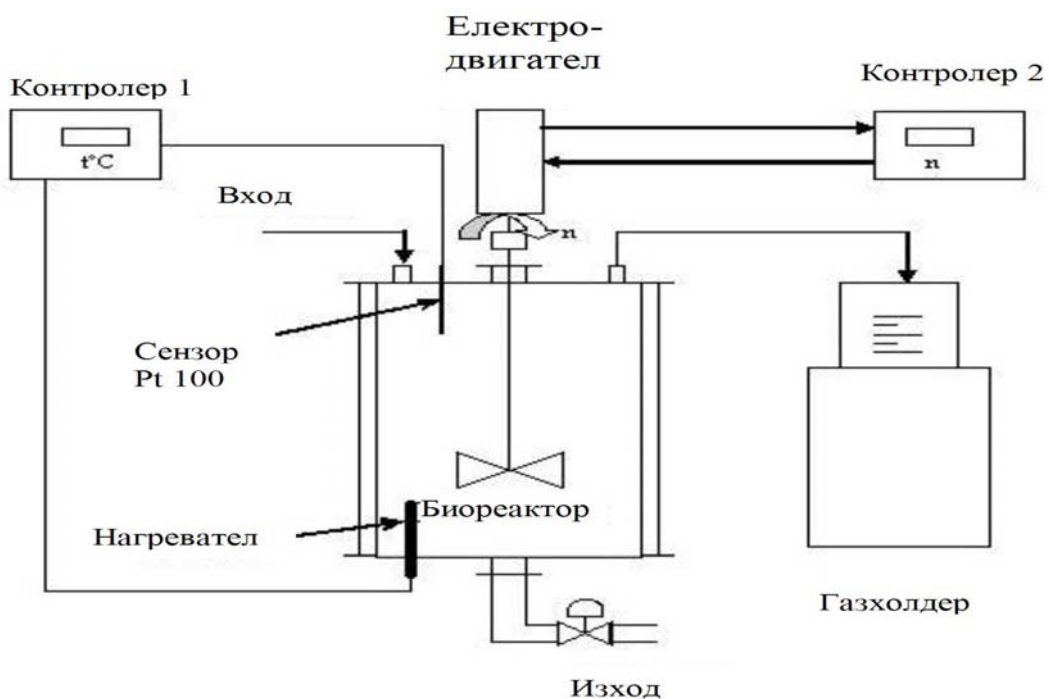
3. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

3.1. ИЗПОЛЗВАНИ СУБСТРАТИ ЗА АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ

При провеждане на анаеробното разграждане като изходни суровини са използвани пресен говежди тор, биошлам от работещ анаеробен реактор, активна утайка и отпадъчни плодове и зеленчуци (домати, краставици, картофи и ябълки).

3.2 ЛАБОРАТОРНИ ИНСТАЛАЦИИ

Принципна схема на лабораторната инсталация е представена на Фиг. 1



Фиг. 1 Схема на лабораторната инсталация

3.3 АНАЛИТИЧНИ МЕТОДИ

- Определяне на сухо вещество
- Определяне на органично сухо вещество
- Определяне на химическата потребност от кислород (ХПК)
- Определяне на концентрацията на летливи мастни киселини (ЛМК)
- Определяне концентрацията на общ белтък
- Определяне на концентрацията на хидролизуемите захари
- Определяне на обема на полученият биогаз и неговият състав
- Определяне на pH

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

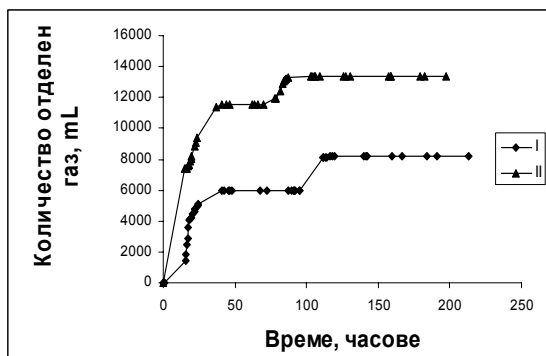
4.1 АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ НА СМЕС ОТ ОТПАДЪЧНИ ЗЕЛЕНЧУЦИ И ОТПАДЪЧНИ ПЛОДОВЕ С ПОМОЩТА НА БИОШЛАМ ОТ РАБОТЕЩ АНАЕРОБЕН РЕАКТОР

4.1.1 ЕКСПЕРИМЕНТИ СЪС СЪОТНОШЕНИЕ НА ОТПАДЪЧНИ ЗЕЛЕНЧУЦИ И ПЛОДОВЕ КЪМ БИОШЛАМ 3:1

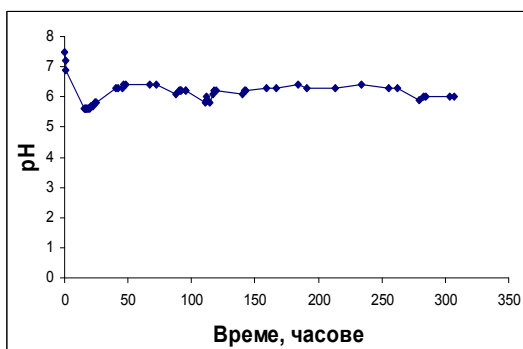
В Таблицы 1 и 2 са показани стойностите на показателите (собствени изследвания), характеризиращи две различни партии от отпадъчни зеленчуци и плодове. Получените данни показват високо съдържание на органична материя в тях, което ги прави подходящ субстрат за анаеробно разграждане.

На Фиг. 2 са представени измененията на количествата на отделяния газ с времето на два експеримента. Причината за по-ниските добиви при втория експеримент вероятно е колебанията в температурата на помещението, в което се извършва процеса. Както се вижда графиката най - интензивен е процесът в първите два дни. Изменението на рН е показано на Фиг. 3. Понижаването на рН може да се обясни с биохимичните промени, които настъпват със субстрата по време на първия и втория етапи от анаеробното разграждане – хидролиза и ацетогенеза. В резултат на експеримента е достигната степен на разграждане на органичната материя 27,6 %. Измерено е общо количество на отделения газ за целия период 6.5 dm^3 .

По време на втория опит бяха направени анализи на отделения газ, данните от които са представени в Таблица 3. Високото съдържание на H_2 и ниското на CH_4 е показател за наличието на фактори, които инхибират метаногенните микроорганизми. Един от тези фактори може да бъде високото съдържание на органика в изходния субстрат.



Фиг. 2. Количество отделен газ.



Фиг. 3. Изменение на рН с времето.

Таблица 1 Стойности на СВ, ОСВ, Общ N и ООВ.

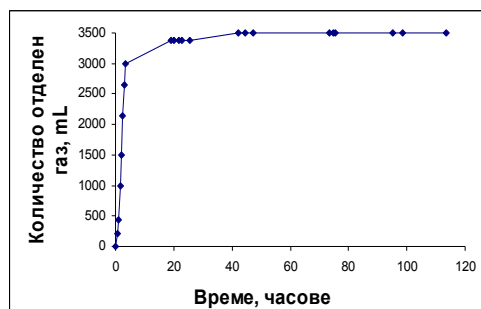
	пъпеш	лимон	маруля	карфиол	домат	тиквичка	банан	краставица
СВ, %	9.47	16.66	4.95	6.81	3.41	4.03	16.83	4.14
ОСВ, %	81.54	83.25	76.15	85.46	82.38	82.92	58.73	73.46
Общ N, %	1.74	0.99	2.85	5.91	2.35	5.68	1.02	0.73

Таблица 2 Стойности на СВ, ОСВ и Общ N.

	пъпеш	лимон	маруля	карфиол	домат	тиквичка	банан	краставица
СВ, %	10.28	11.5	8.76	7.45	4.42	4.08	18.2	3.16
ОСВ, %	87.65	90.64	81.45	69.1	80.29	81.57	60.79	80.94
Общ N, %	1.77	1.03	2.93	3.42	2.84	2.7	1.35	3.23

Таблица 3 Състав на газа

	Дименсия	Резултат
CO ₂	ml 100ml ⁻¹	46
CH ₄	ml 100ml ⁻¹	1.3
H ₂	ml 100ml ⁻¹	31.9



Фиг. 4. Количество отделен газ в началото на процеса.

4.1.2 ЕКСПЕРИМЕНТИ СЪС СЪОТНОШЕНИЕ НА ОТПАДЪЧНИ ЗЕЛЕНЧУЦИ И ПЛОДОВЕ КЪМ БИОШЛАМ 1:1

Аналогично на предишните изследвания, газът се отделя с най-висока интензивност в началото на процеса. На Фиг. 4 е представено изменението на количеството отделен газ. След третия ден от въвеждането на сместа от отпадъчни зеленчуци и плодове, не беше установено отделяне на газ.

От получените резултати се вижда, че провеждането на анаеробно разграждане на сложни смеси от отпадъчни зеленчуци и плодове с помощта на

биошлам от работещ анаеробен реактор е трудно постижимо. Наличието на бързо разградима органична материя в плодовете и зеленчуците води до бързо понижаване на рН, което потиска метаногенните микроорганизми.

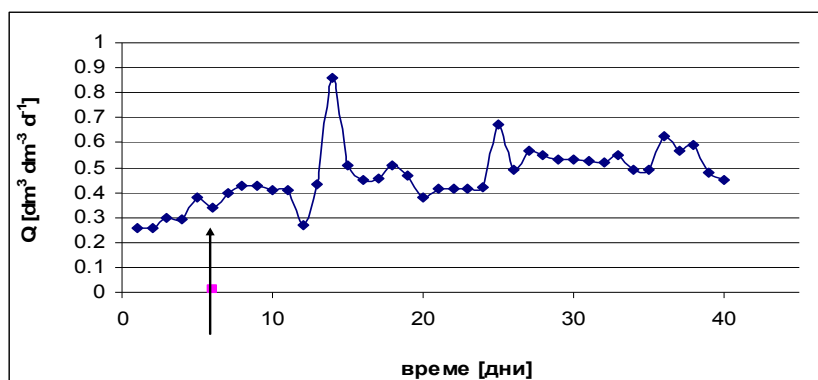
4.2 АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ НА СМЕС ОТ ГОВЕЖДИ ТОР И ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ

4.2.1 СЪОТНОШЕНИЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР КЪМ ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 90 : 10

В Таблица 4 са дадени някои параметри на отпадъчните домати получени от собствени изследвания. Стойностите на сухото и органично сухото вещество са високи, което, при наличие на лесно разградими вещества, предопределя висок потенциал за образуване на биогаз. рН на отпадъчните домати е 2.9, но след добавяне на говеждия тор стойността му достига 6.8.

Таблица 4. Характеристика на ОД(собствени изследвания)

	ХПК, g O ₂ dm ⁻³	ХЗ, g dm ⁻³
ОД	77,76	1,23



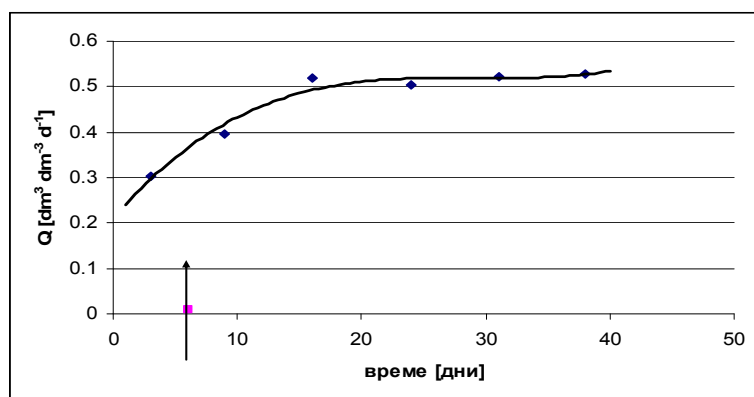
Фиг. 5 Добив на биогаз при съотношение 90 : 10 (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес).

Първоначалното съотношение говежди тор към отпадъчни домати е 90 : 10. Забелязва се, че добивите на биогаз се повишават до $0.5 \text{ dm}^3 \text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$ (Фиг.5, Таблица 5). Това се дължи главно на присъствието в отпадъчните домати на органични киселини. Карбоксилните групи на тези съединения дават възможност на метановите бактерии за директен синтез на метан. Това се потвърждава и от високите стойности на ХПК при доматите (Таблица 4). Освен това бяха проведени

изследвания по глюкозооксидазния метод за хидролизуеми захари (ХЗ), като полученият резултат е 1.23 g dm^{-3} . Средният състав на получения биогаз е 67.7 % CH_4 и 27.1 % CO_2 . Степента на разграждане на органичното сухо вещество е 69 %. (Таблица 6)

Таблица 5. Добиви на биогаз и метан при различни съотношения на ГТ и ОД (органично натоварване е $3,26 \text{ kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Среден добив на биогаз, $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Добив на биогаз, $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВвход}$	Добив на CH_4 , $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВвход}$
ГТ	3.26	0.33	0.11	0.08
ГТ : ОД 90 : 10	3.26	0.5	0.17	-
ГТ : ОД 80 : 20	3.26	0.7	0.24	0.16



Фиг. 6 Добив на биогаз при съотношение 90 : 10 с усреднени стойности и апроксимация (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес).

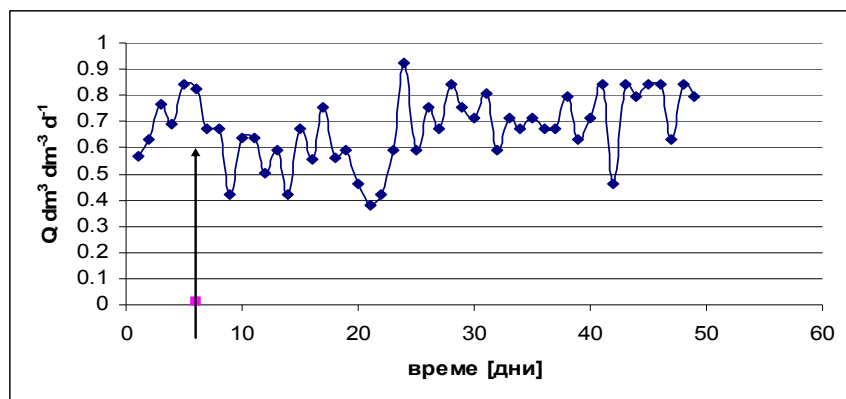
На Фиг. 6 е представена графика на добива на биогаз като всяка точка от нея е усреднения добив за 7 дни. Направена е апроксимация с полином от 3^{-та} степен. Вижда се, че след подаване на отпадъчните домати се увеличава количеството на отделения биогаз до достигане на постоянно ниво.

Таблица 6. Степени на разграждане при различните съотношения на ГТ и ОД (органично натоварване е $3,26 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на ОСВ, %	Степен на разграждане по ХПК, %
ГТ : ОД 90 : 10	3.26	62.8	69.0	25.0
ГТ : ОД 80 : 20	3.26	67.1	65.0	20.7

4.2.2 СЪОТНОШЕНИЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР КЪМ ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 80 : 20

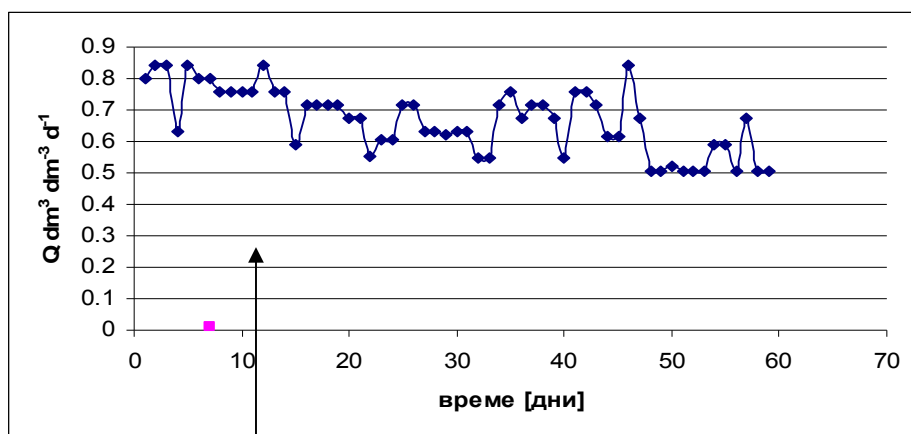
От графиката на Фиг.7, показваща добива на биогаз след промяната на съотношението, се вижда, че увеличаването на отпадъчните домати първоначално намалява, след което се увеличава количеството на отделяния дневно биогаз. Това отново се дължи на споменатите по горе причини. В началото добивите се характеризират с големи отклонения, след което процесът постепенно се стабилизира. Добивите на биогаз и степените на разграждане са дадени в Таблицы 5 и 6.



Фиг. 7. Добив на биогаз при съотношение 80 : 20 (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес)

Поради естеството на отпадъчните домати, което доведе до задръстване на реактора, на 111 - ти ден входящата смес беше разреждана с вода в съотношение 50:50 обемни части, което доведе до намаляване на концентрацията на сухо

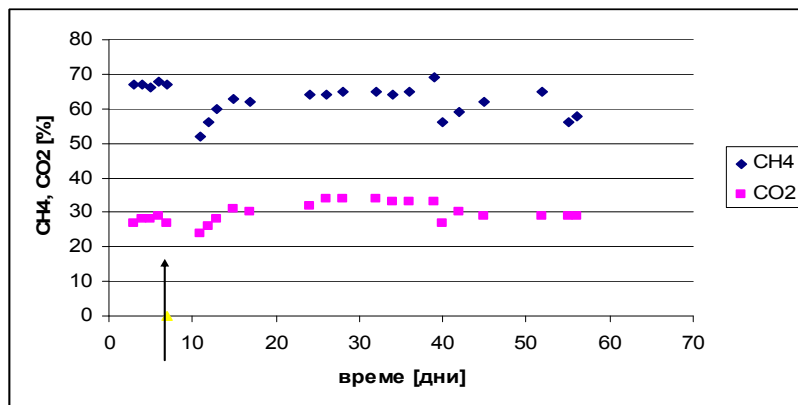
вещество до 3,5 %. Органичното натоварване се понижава от $3.26 \text{ kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ на $1.63 \text{ kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. Промяната в съдържанието на сухото вещество доведе до постепенно понижаване на дневния добив на биогаз (Фиг.8). Изменение се наблюдава и в процентното съдържание на CH_4 (Фиг.9). От графиката ясно се вижда, че намаляването на сухото вещество води до намаляване на процентното съдържание на CH_4 , докато това на CO_2 остава непроменено. Вероятно метаногенните бактерии в по - голяма степен се влияят от резките промени в органичното натоварване. В Таблица 8 са представени степените на разграждане. Постигната е висока степен на разграждане на органичното сухо вещество.



Фиг. 8. Добив на биогаз при съотношение 80 : 20 след разреждане

Таблица 7. Добиви на биогаз и метан при различни съотношения на ГТ и ОД (органично натоварване е $1,63 \text{ kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg ОСВ m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Среден добив на биогаз, $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Добив на биогаз, m^3 на kg^{-1} $\text{ОСВ}_{\text{вход}}$	Добив на CH_4 , $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ $\text{ОСВ}_{\text{вход}}$
ГТ : ОД 80 : 20	1.63	0.59	0.4	0.13
ГТ : ОД 60 : 40	1.63	0.41	0.27	0.18



Фиг. 9. Състав на биогаза при съотношение 80 : 20 след разреждане (със стрелка е отбелязан момента на разреждането на сместа)

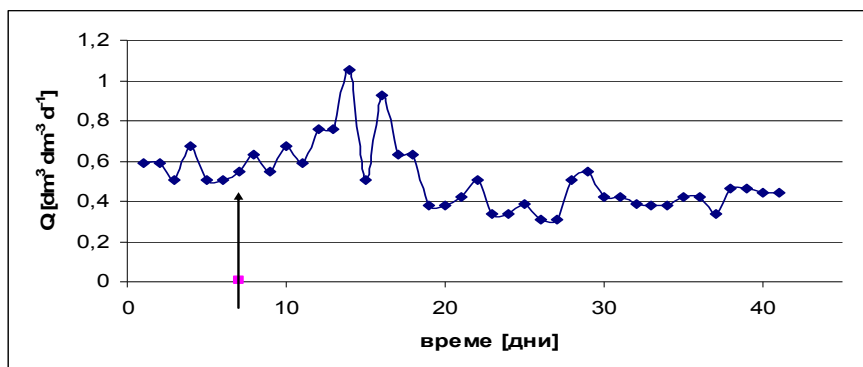
Таблица 8. Степени на разграждане при различните съотношения на ГТ и ОД(органично натоварване е $1,63 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на ОСВ, %	Степен на разграждане по ХПК, %
ГТ : ОД 80 : 20	1.63	45.7	70.1	47.0
ГТ : ОД 60 : 40	1.63	48.5	71.5	41.1

4.2.3 СЪОТНОШЕНИЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР КЪМ ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 60 : 40

При следващото увеличение на количеството на отпадъчните домати, при което съотношението става 60 : 40 се наблюдава продължаване на тенденцията към постепенно намаляване на добива на биогаз (Фиг. 10). Средните добиви на биогаз, изразени като количество отделен газ на единица обем и количество отделен газ на единица органично сухо вещество, са съответно $0.41 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ и $0.27 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВ}$ (Таблица 7). Вижда се, че количеството отделен биогаз на единица органично сухо вещество е сходно с това получено при съотношение на 80 : 20 и съдържание на сухо вещество 7 %. Този факт говори за по-добрата усвояемост на субстрата при по-ниското съдържание на сухо вещество. Това се вижда и от Таблица 8. Тук степента на разграждане на органичното сухо вещество е по - голяма при съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 60 : 40 в сравнение с

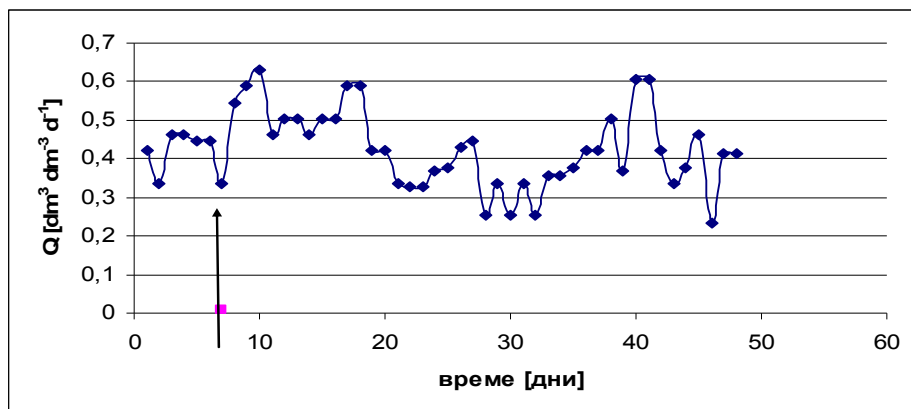
предходните съотношения. Концентрацията на летливите мастни киселини се увеличава до $2,4 \text{ g dm}^{-3}$, което вероятно е свързано с увеличаване на делът на отпадъчните домати. Средното процентно съдържание на CH_4 и на CO_2 са съответно 68.6 % и 26.8 %.



Фиг. 10. Добив на биогаз при съотношение 60 : 40 (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес).

4.2.4 СЪОТНОШЕНИЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР КЪМ ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 40 : 60

При това съотношение на сместа тенденцията за намаляване на добива, наблюдавана след намаляването на органичното натоварване, спира (Фиг. 11). Получените добиви на биогаз са $0.39 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ и $0.26 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВ}$ (Таблица. 9). Концентрацията на летливите мастни киселини се понижава до 0.57 g dm^{-3} , което вероятно се дължи на адаптирането на микроорганизмите отговорни за метаногенезата. Получената степен на разграждане на органичното сухо вещество е 71 %, което е приблизително еднакво с предходния експеримент (Таблица 10). Значително увеличение се наблюдава при степента на разграждане по ХПК - 63 %, което е с 34.7 % повече в сравнение с това при съотношение 60 : 40. Впечатление прави стабилността на състава на полученият биогаз. Процентното съдържание на CH_4 варира от 67 до 72 %.



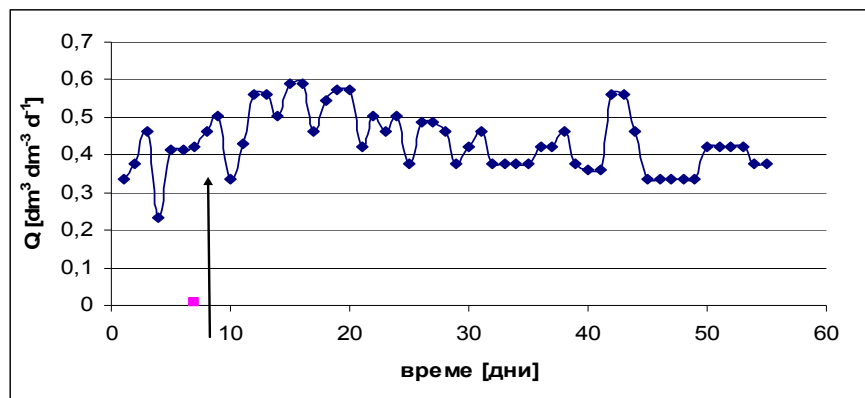
Фиг. 11. Добив на биогаз при съотношение 40 : 60 (със стрелка е означен моментът на подаване на новото съотношение)

Таблица 9. Добиви на биогаз и метан при различни съотношения на ГТ и ОД (органично натоварване е $1,63 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Среден добив на биогаз, $\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Добив на биогаз, $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OCB}_{\text{вход}}$	Добив на CH_4 , $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OCB}_{\text{вход}}$
ГТ : ОД 40 : 60	1.63	0.39	0.26	0.18
ГТ : ОД 20 : 80	1.63	0.49	0.33	0.22
ОД	1.63	0.59	0.36	0.23

4.2.5 СЪОТНОШЕНИЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР КЪМ ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 20 : 80

Полученият среден добив на биогаз, изразен като количество отделен газ на единица обем и количество отделен газ на единица органично сухо вещество са съответно $0.49 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ и $0.33 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OCB}$ (Фиг. 12, Таблица. 9). Тези стойности са по-високи от тези, получени при съотношение на говежди тор към отпадъчни домати 40 : 60 съответно с 25.6 % и 26.9 %. Средното съдържание на метан е 70.2 %. Получена е висока степен на разграждане по ХПК (Таблица 10).



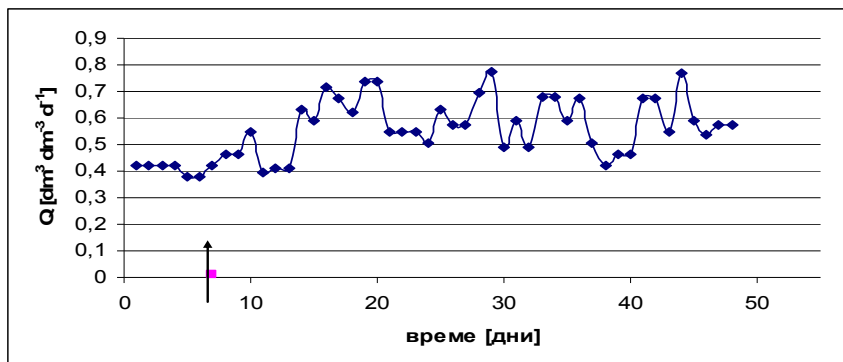
Фиг. 12. Добив на биогаз при съотношение 20 : 80 (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес)

Таблица 10. Степени на разграждане при различните съотношения на ГТ и ОД (органично натоварване е $1,63 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$)

	Органично натоварване, $\text{kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на ОСВ, %	Степен на разграждане по ХПК, %
ГТ : ОД 40 : 60	1.63	54.2	71.0	63.0
ГТ : ОД 20 : 80	1.63	85.0	50.0	75.0
ОД	1.63	68.8	81.2	77.1

4.2.6 САМОСТОЯТЕЛНО РАЗГРАЖДАНЕ НА ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ

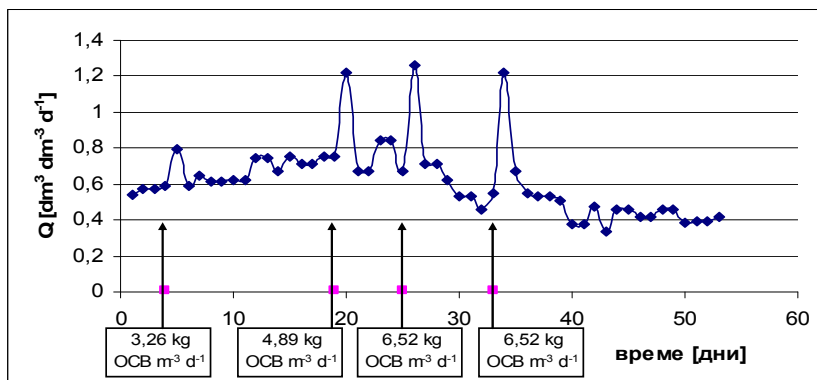
Както може да се види на графиката на Фиг. 13 количеството на образувания дневно биогаз постепенно се покачва след което достига до стационарна фаза. Средният добив на биогаз е $0.59 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ (Таблица 9). Степента на разграждане на органичното сухо вещество е 81.2 %, която е и максималната получена при експериментите с отпадъчни домати в това изследване (Таблица 10). Съставът на биогаза е 66 % CH_4 и 25.9 % CO_2 .



Фиг. 13. Добив на биогаз при самостоятелно третиране на отпадъчни домати (със стрелка е отбелязан моментът на подаване само на отпадъчни домати в реактора)

4.2.7 ВЛИЯНИЕ НА ИМПУЛСНО ОРГАНИЧНО НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА

Бяха проведени 3 импулсни органични натоварвания - 3.26, 4.89 и 6.52 g OCB m⁻³ d⁻¹, за да се установи каква ще бъде реакцията на приспособеното вече към отпадъчните домати микробно съобщество към моментно органично претоварване. Както се вижда от графиката на Фиг. 14. след подаването на първия импулс се наблюдава пик в добива на биогаз. При най-високото органично натоварване, обаче, след пика се наблюдава преходен период от 3 дни и понижаване на добива на биогаз под средното ниво. От направените експерименти се вижда, че импулсното натоварване в количество два пъти по-голямо от дневното подхранване не води до дестабилизиране на процеса. Микроорганизмите бързо се приспособяват, в резултат на което не се наблюдават резки вариации в добивите и дори се увеличава количеството на дневно отделеният биогаз.

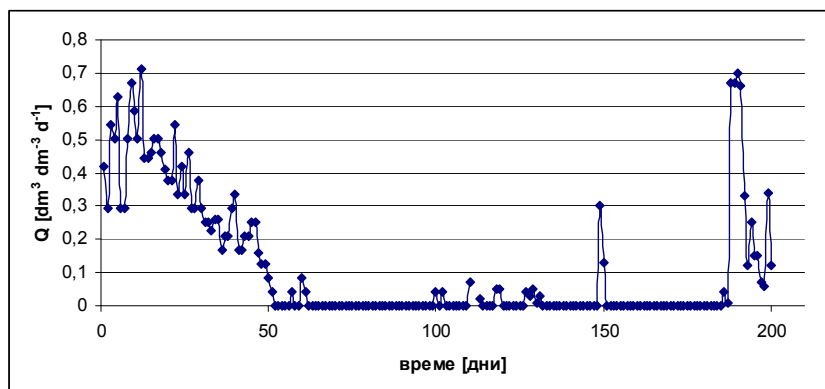


Фиг. 14. Добив на биогаз при импулсно органично натоварване (със стрелка са обозначени моментите на подаване на съответните импулсни натоварвания)

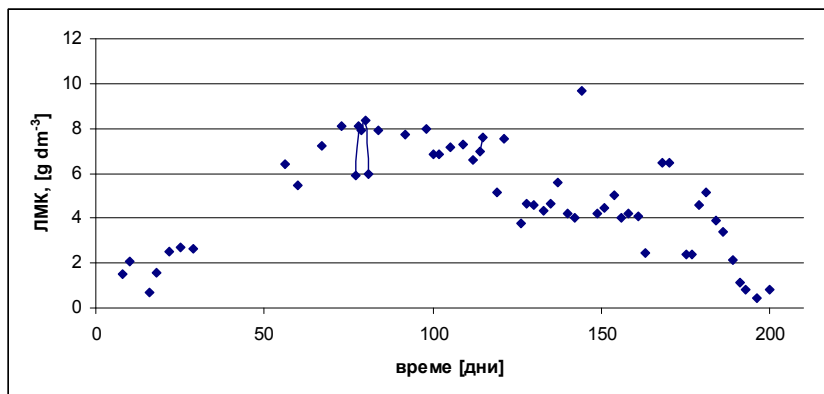
По-големите импулсни органични натоварвания влияят неблагоприятно върху процеса и водят до намаляване дневния добив на биогаз.

4.2.8 ВЛИЯНИЕ НА УВЕЛИЧАВАНЕТО НА ОРГАНИЧНОТО НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА

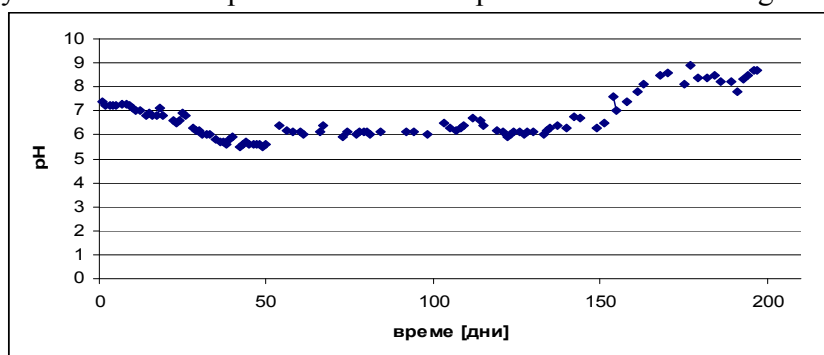
В настоящото изследване органичното натоварване беше повишено от 1.63 на 2.44 g ОСВ $\text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$. Резултатите са представени на Фиг.15, 16 и 17. Както се вижда след промяната на органичното натоварване добивът на биогаз постепенно намалява като 45 дни след началото на експеримента се преустановява образуването на биогаз. Това е съпроводено с бързо покачване на концентрацията на летливите мастни киселини. На фиг. 16 може да се види, че 15 дни след увеличаването на органичното натоварване, концентрацията на летливите мастни киселини надвишава 2.5 g dm^{-3} , което е признак за нестабилен процес. В последствие този показател достига до 9,7 g dm^{-3} . От Фиг. 17 се вижда, че процесът спира при pH 5.5.



Фиг. 15. Добив на биогаз при увеличаване на органичното натоварване от 1.63 на 2.44 g ОСВ $\text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$



Фиг. 16. Изменение на концентрацията на летливи мастни киселини при увеличаване на органичното натоварване от 1.63 на 2.44 g OCB dm⁻³ d⁻¹



Фиг. 17. Изменение на рН при увеличаване на органичното натоварване

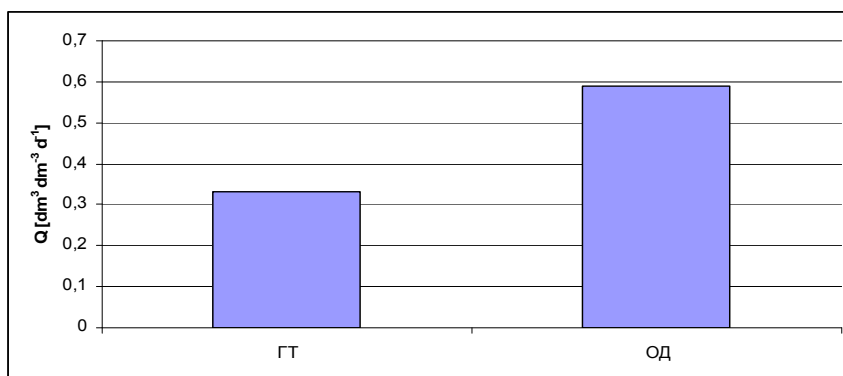
С цел покачване на рН в биореактора се добавя NaOH. Концентрацията на летливи мастни киселини, както се вижда от Фиг. 16 достига до 8.37 g dm⁻³. След 70 дни от блокирането на процеса концентрацията на летливи мастни киселини започва бавно да се понижава, което вероятно се дължи на добавяната NaOH. При достигане на концентрация от 4 g dm⁻³ се наблюдава спонтанно отделяне на биогаз, което се дължи на намаляване на потискащото действие на летливите мастни киселини върху метаногенната популация. Този кратковременен пик е последван отново от спиране на образуването на биогаз, което продължава 30 дни. С цел добавяне на нови метаногенни микроорганизми в продължение на 5 дни в реактора се внасят по 0.1 dm³ изход от действащ друг анаеробен реактор третиращ смес от активна утайка и отпадъчни плодове и зеленчуци. След това започва отново да се отделя биогаз. От Фиг. 16 и Фиг. 17 се вижда, че концентрацията на летливи мастни киселини и рН са съответно 3.42 g dm⁻³ и 8.4 в момента на започване отделянето на биогаз. Измерванията на състава на биогаза показват, че съдържа

средно 60 % метан и 11 % въглероден диоксид, което потвърждава наличието на жизнени метаногенни бактерии. Отделянето на биогаз продължава 25 дни, след което отново спира. От получените данни се вижда, че при анаеробното разграждане на отпадъчни домати увеличаването на органичното натоварване от 1.63 на 2.44 g ОСВ $\text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$ има неблагоприятно въздействие върху процеса. То води до постепенно намаляване на добива на биогаз до спиране на процеса.

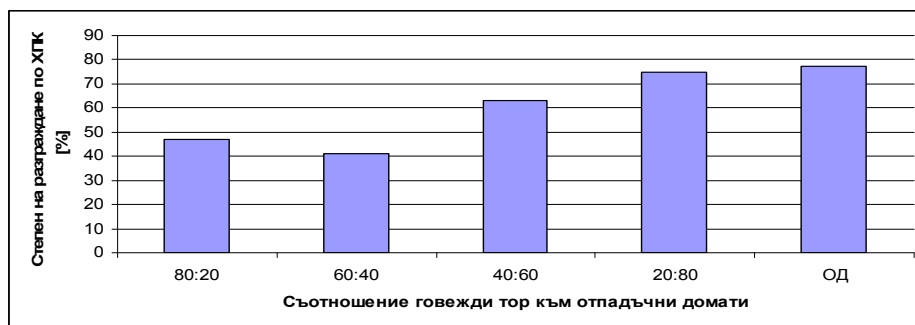
4.2.9 СРАВНЕНИЕ НА АНАЕРОБНОТО РАЗГРАЖДАНЕ НА ГОВЕЖДИ ТОР И НА ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ.

На Фиг. 18 е показано сравнението на ефективността на процеса на анаеробно разграждане на говежди тор и на отпадъчни домати като самостоятелни събстрати. Вижда се, че средният добив на биогаз при разграждането на отпадъчни домати е почти два пъти по-висок в сравнение с получения при разграждането на говежди тор.

На Фиг. 19 е представено изменението на степента на разграждане по ХПК при различни съотношения на говежди тор и отпадъчни домати при органично натоварване 1,63 kg ОСВ $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$. От фигурата се вижда, че с увеличаване на количеството на отпадъчните домати в сместа, с която се захранва реактора се увеличава и степента на разграждане.



Фиг. 18 Сравнение на добивите при анаеробно разграждане на отпадъчни домати и на говежди тор.



Фиг. 19 Изменение на степента на разграждане по ХПК при различни съотношения на говежди тор към отпадъчни домати

4.3 АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ НА СМЕСИ ОТ ОТПАДЪЧНИ ЗЕЛЕНЧУЦИ И ПЛОДОВЕ И АКТИВНА УТАЙКА В РАЗЛИЧНИ СЪОТНОШЕНИЯ

Първоначално реакторът е зареден само с активна утайка взета от пречиствателна станция за отпадъчни води. Полученият добив на биогаз е $0.13 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВ}_{\text{ВХ}}$.

4.3.1 СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА КЪМ ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ 90 :10

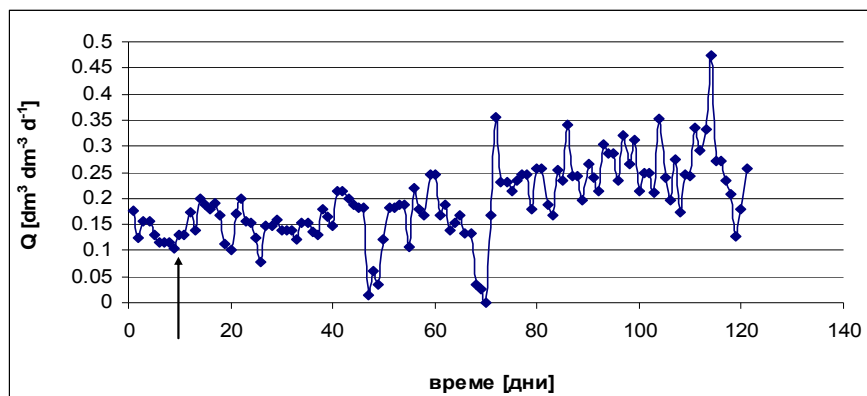
На Таблица 11 са представени данните получени при анализите на някои показатели в отпадъчните краставици, картофи и ябълки. Прави впечатление, че рН на всичките отпадъци е под 6. Въпреки това в подхранващия субстрат не беше добавяна основа.

Таблица 11. Състав на използваните субстрати

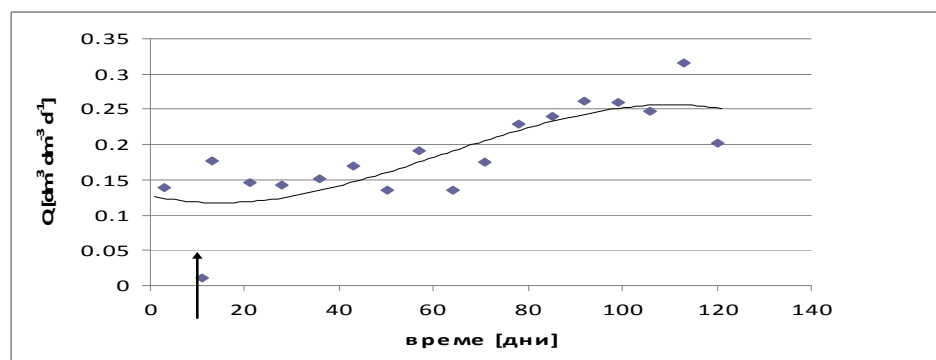
	Активна утайка	Отпадъчни краставици	Отпадъчни домати	Отпадъчни картофи	Отпадъчни ябълки
СВ, %	4.7-5	4.4	7.17	13.6	6.4
ОСВ, %	67.6-70	77.2	93	92.3	93.8
рН	5.4	4.75	2.9	5.5	3.1
Хидролизуеми захари, g dm^{-3}	1.34	0.76	1.23	1.48	1.48
Общи белтъци, g dm^{-3}	-	0.42	0.71	-	0.29

Съотношението на активна утайка към отпадъчни краставици е 90 : 10. Органичното натоварване е $1.23 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. Както се вижда на Фиг. 20 след подаването на сместа се увеличава количеството на образувания дневно биогаз.

На Таблица 12 са представени данните за средните добиви представени като отделен газ на единица обем от реактора за едно денонощие и отделен газ на единица органично сухо вещество на вход. Увеличението на добивите след прибавяне на отпадъчна краставица е съответно с 75 % и 63.6 %.



Фиг. 20. Добив на биогаз при съотношение 90 : 10 (със стрелка е отбелязан моментът на подаване на сместа в реактора).



Фиг. 21. Добив на биогаз при съотношение 90 : 10 с усреднени стойности и апроксимация (със стрелка е означен моментът на подаване на новата смес).

На Фиг. 21 е представена графика на добива на биогаз като всяка точка от нея е усреднения добив за 7 дни. Направена е апроксимация с полином от 3^{-та} степен. Вижда се, че след подаване на отпадъчните краставици се увеличава количеството на отделения биогаз до достигане на постоянно ниво.

Таблица 12. Добиви на биогаз и метан при органично натоварване

1.23 kg ОСВ m³ d⁻¹

	Време-престой, дни	Среден добив на биогаз, dm ³ dm ⁻³ d ⁻¹	Добив на биогаз, m ³ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}	Добив на метан, m ³ CH ₄ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}
АУ	30	0.12	0.13	-
АУ:ОК 90:10	30	0.21	0.21	-
АУ:ОК:ОД 80:10:10	30	0.13	0.14	-

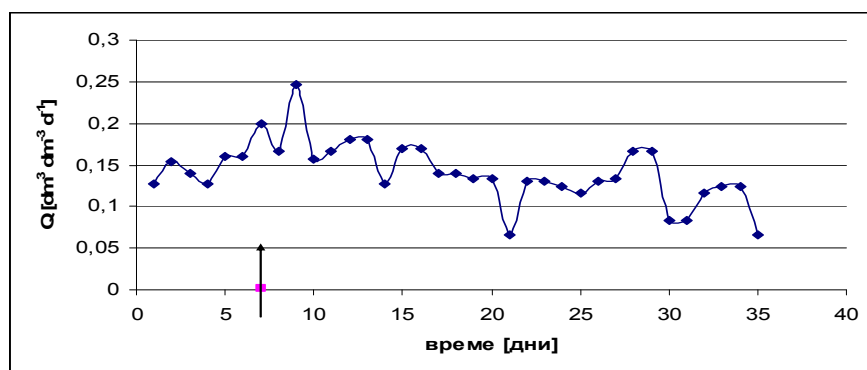
Таблица 13. Степени на разграждане при органично натоварване 1.23 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹

	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на ОСВ, %	Степен на разграждане по ХПК, %
АУ	36.2	52.4	42.5
АУ:ОК 90:10	44.3	68.2	73.3
АУ:ОК:ОД 80:10:10	53.2	63.2	74.5

4.3.2 СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА, ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ И ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ 80 : 10 : 10

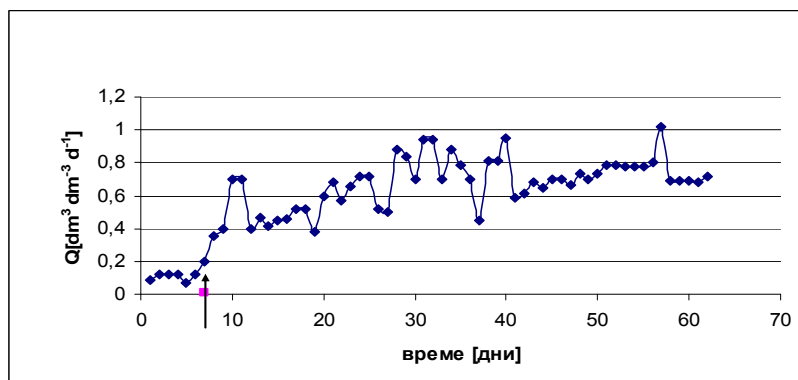
След отпадъчната краставица, обогатяването на сместа продължава с добавяне на отпадъчни домати. Органичното натоварване е 1.23 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹. Съотношението на активната утайка към отпадъчни краставици към отпадъчни домати е 80 : 10 : 10. Противно на очакванията добивите на биогаз намаляват (Фиг. 22). Това вероятно се дължи на ниското рН на доматите. Средният добив на биогаз е 0.13 dm³ dm⁻³ d⁻¹ (Таблица 12). На Таблица 13 да представени степените на разграждане на органичното вещество. Въпреки ниските добиви не се наблюдава покачване на концентрацията на летливите мастни киселини. Това говори за наличие на добре балансирано съобщество от микроорганизмите на четирите фази

на анаеробното разграждане (образуваните в резултат на дейността на бактериите от първите три етапа летливи мастни киселини бързо се преобразуват в биогаз).



Фиг. 22. Добив на биогаз при съотношение 80 : 10 : 10 (със стрелка е отбелязан моментът на подаване на сместа в реактора).

На тридесетия ден от започването на експеримента с добавяне на отпадъчни домати беше добавена нова порция активна утайка от пречиствателната станция за отпадъчни води. Това доведе до бързо покачване на добивите на биогаз (Фиг. 23). След приключване на преходния период изчисленият среден добив на биогаз е $0.73 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ (Таблица 14). На Таблица 15 могат да се видят степените на разграждане. Сравнението на сухото и органично сухото вещество на двете утайки не дава убедителен отговор на причините за това увеличение, тъй като стойностите на тези показатели са близки (съдържанието на сухото вещество в новата активна утайка е с 21.9 % по - високо). Вероятната причина е наличието на трудноразградими за микроорганизмите вещества в предходната утайка.



Фиг. 23. Добив на биогаз при съотношение 80 : 10 : 10 след добавяне на нова порция активна утайка (със стрелка е отбелязан моментът на подаване).

Таблица 14. Добиви на биогаз и метан при органично натоварване

1.23 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹

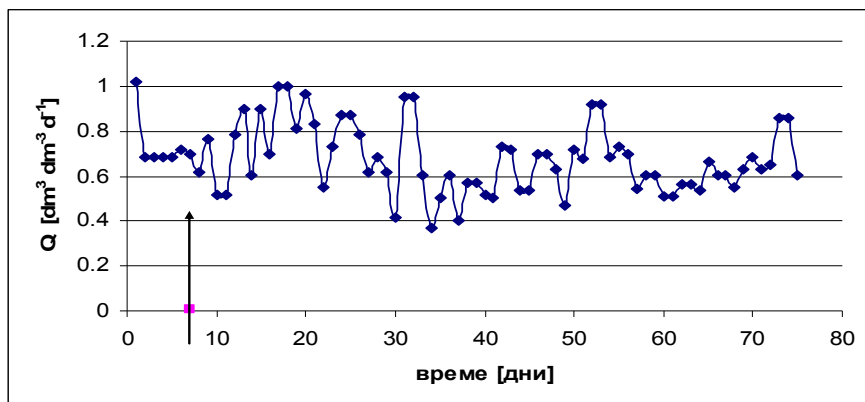
	Време- престой, дни	Среден добив на биогаз, dm ³ dm ⁻³ d ⁻¹	Добив на биогаз, m ³ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}	Добив на метан, m ³ CH ₄ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}
АУ:ОК:ОД 80:10:10 (нова АУ)	30	0.73	0.59	0.4
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	30	0.63	0.51	0.33

Таблица 15. Степени на разграждане при органично натоварване 1.23 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹

	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на ОСВ, %	Степен на разграждане по ХПК, %
АУ:ОК:ОД 80:10:10 (нова АУ)	57	67	63.5
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	52.1	65.2	51.8

4.3.3 СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА, ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ, ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ И ОТПАДЪЧНИ КАРТОФИ 70 : 10 : 10 : 10

По нататъшното обогатяване на подхранващата смес с отпадъчни картофи доведе до слабо понижаване на добивите на биогаз (Фиг. 24). Средният добив на единица обем за единица време е 0.63 dm³ dm⁻³ d⁻¹, а добивите от единица субстрат намаляват до 0.51 m³ kg⁻¹ ОСВ (Таблица 14). Наблюдава се и понижаване в степента на разграждане по ХПК (Таблица 15). Несъществено е понижаването на степента на разграждане на сухото и органичното сухо вещество. Съдържанието на метан също намалява с 5.9 % (Таблица 14). Органичното натоварване при този експеримент е 1.23 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹. Полученият добив метан е 0.33 m³ CH₄ kg⁻¹ ОСВ_{вх.}



Фиг. 24. Добив на биогаз при съотношение 70 : 10 : 10 : 10 (със стрелка е отбелязан моментът на подаване на сместа в реактора).

4.3.4 ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЧНОТО НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА

При предходното съотношение на отпадъчните суровини бяха проведени експерименти за определяне на влиянието на органичното натоварване върху процеса. Като база за сравнение служат данните от предходния експеримент. Получените резултати са представени графично на Фиг. 25. Както се вижда от графиката понижаването на органичното натоварване от 1.23 до 0.62 kg ОСВ $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ (60 дневен времепрестой) води до значително намаление в количеството на образувания биогаз. Средният добив от 0.37 $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$ (Таблицы 14, и 16, Фиг. 26) е с 41.3 % по - нисък от предходния експеримент. Степента на разграждане на органичното сухо вещество и по ХПК също значително намалява и е съответно 45 % и 44.4 % (Таблицы 15, и 17, Фиг. 27).

Увеличаването на органичното натоварване до 1.85 kg ОСВ $\text{m}^{-3} \text{d}^{-1}$ (времепрестой 20 дни) води до увеличаване на средния добив на биогаз с 82.5 % (1.15 $\text{dm}^3 \text{dm}^{-3} \text{d}^{-1}$, Таблица 16 и 18, Фиг. 26). Увеличава се и степента на разграждане на органичното сухо вещество до 72 % (Таблицы 17 и 19, Фиг. 27). Проведените експерименти показаха високата стабилност на формираното бактериално съобщество. Увеличаването на органичното натоварване не доведе до влошаване на показателите на процеса и до неговото спиране, както беше наблюдавано при третиране на отпадъчните домати. Стабилността на процеса беше потвърдена и от ниските стойности на летливите мастни киселини.

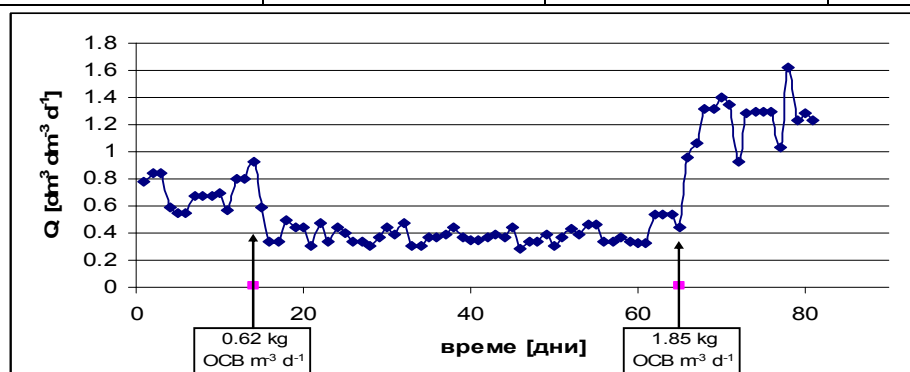
Таблица 16. Добиви на биогаз и метан при органично натоварване

$0.62 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$

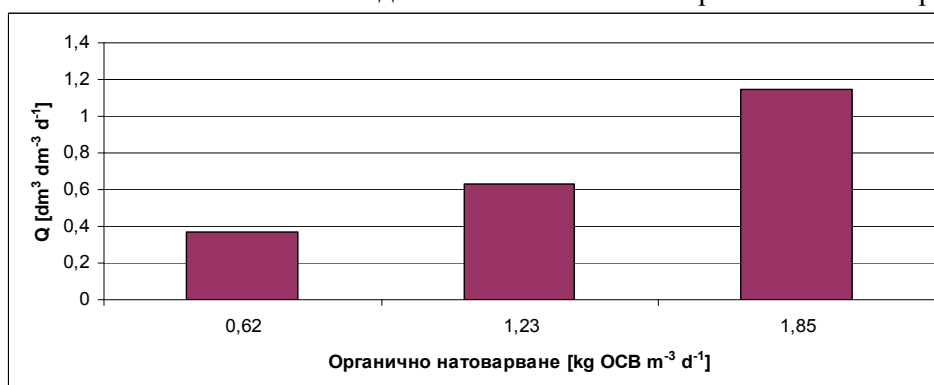
	Време- престой, дни	Среден добив на биогаз, $\text{dm}^3 \text{ d}^{-1}$	Добив на биогаз, $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ $\text{OCB}_{\text{вход}}$	Добив на метан, $\text{m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ $\text{OCB}_{\text{вход}}$
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	60	0.37	0.59	0.41

Таблица 17. Степени на разграждане при органично натоварване $0.62 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$

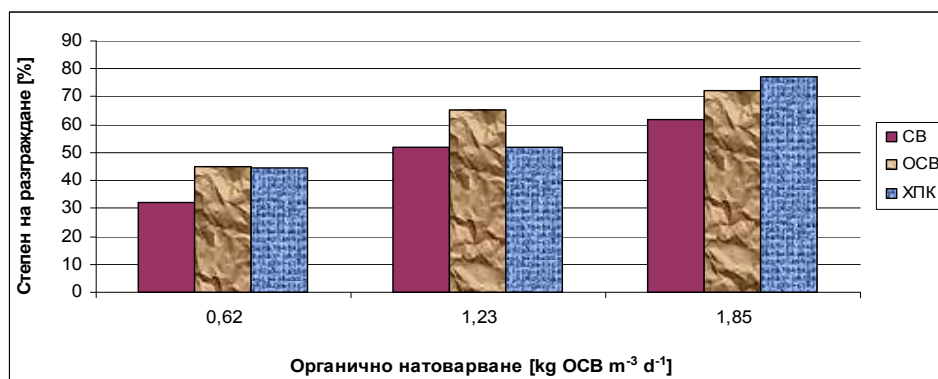
	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на OCB , %	Степен на разграждане по ХПК, %
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	32	45	44.4



Фиг. 25. Добив на биогаз при различни органични натоварвания (със стрелка са отбелязани моментите на подаване на съответните органични натоварвания).



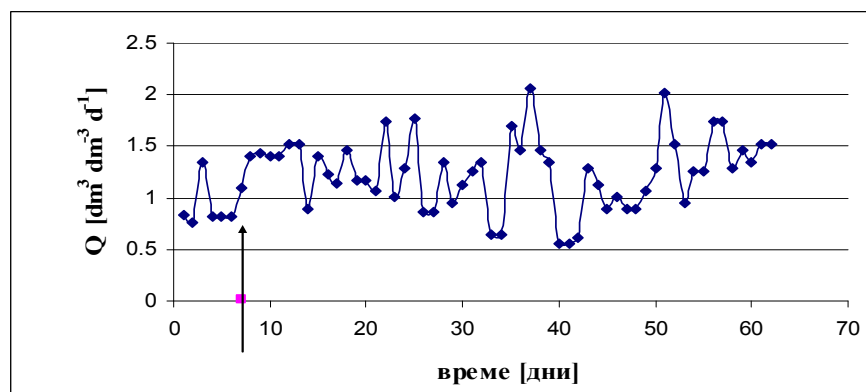
Фиг. 26 Среден добив на биогаз при различни органични натоварвания.



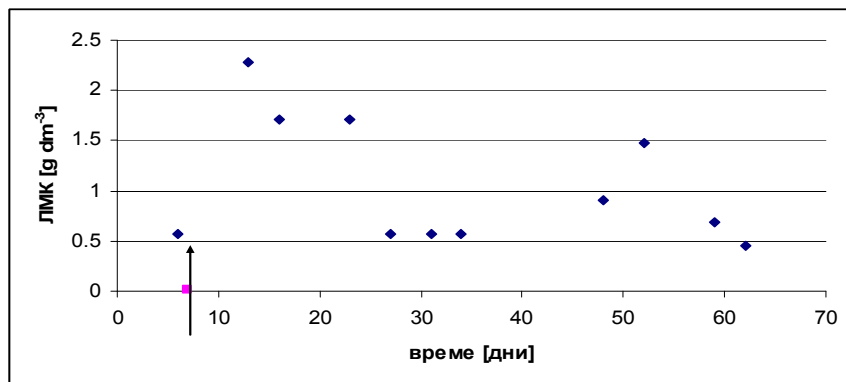
Фиг. 27 Степен на разграждане при различни органични натоварвания.

4.3.5 СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА, ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ, ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ И ОТПАДЪЧНИ КАРТОФИ 60 : 10 : 10 : 20

При следващият етап от експерименталната работа количеството на отпадъчните картофи беше увеличен от 10 % на 20 % в подаваната смес. Както се вижда от Таблица 18 и Фиг. 28 след преминаването към съотношение 60 : 10 : 10 : 20 количеството на образувания биогаз се увеличава, но заедно с това се увеличават и флуктоациите в дневните добиви. Това вероятно се дължи на приспособяването на микроорганизмите към увеличеното количество на отпадъчните картофи. От Фиг.29 се вижда, че по време на този период се увеличава концентрацията на летливите мастни киселини, което е показател за повишената нестабилност на процеса. От Таблица 19 се вижда, че степента на разграждане на органичното сухо вещество намалява, което вероятно се дължи на недоброто взаимодействие на различните групи в микробиологичното съобщество. Средният добив на биогаз е $1.23 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ (Таблица 18).



Фиг. 28. Добив на биогаз при съотношение 60 : 10 : 10 : 20



Фиг. 29. Концентрация на летливите мастни киселини при съотношение 60 : 10 : 10 : 20 (със стрелка е отбелязан моментът на подаване на сместа в реактора).

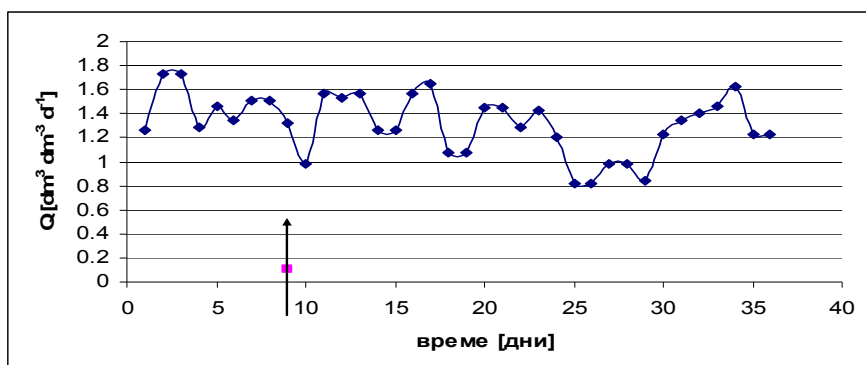
Таблица 18. Добиви на биогаз и метан при органично натоварване

1.85 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹

	Време- престой, дни	Среден добив на биогаз, dm ³ d ⁻¹	Добив на биогаз, m ³ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}	Добив на метан, m ³ CH ₄ kg ⁻¹ ОСВ _{вход}
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	20	1.15	0.61	0.4
АУ:ОК:ОД:ОКф 60:10:10:20	20	1.23	0.66	0.42
АУ:ОК:ОД:ОКф:ОЯ 50:10:10:20:10	20	1.26	0.65	0.41

4.3.6 СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА, ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ, ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ, ОТПАДЪЧНИ КАРТОФИ И ОТПАДЪЧНА ЯБЪЛКА 50 : 10 : 10 : 20 : 10

Както може да се види на Таблица 18 и Фиг. 30 добавянето на отпадъчна ябълка води до незначително намаляване на добивите на биогаз. Средният добив е 1.24 dm³ dm⁻³ d⁻¹, което е с 4 % процента по-малко от този получен при съотношение 60 : 10 : 10 : 20. Флуктоациите в дневните добиви значително намаляват при този експеримент. Намалява и концентрацията на летливите мастни киселини. Получена е и висока степен на разграждане от 70.54 % (Таблица 19).



Фиг. 30. Добив на биогаз при съотношение 50 : 10 : 10 : 20 : 10 (със стрелка е отбелязан моментът на подаване на сместа в реактора).

Увеличаването на количеството на отпадъчните зеленчуци и плодове в сместа с активна утайка доведе до понижаване на рН в хранващата смес. При нашите изследвания това беше постигнато без корекция на рН. Това вероятно се дължи на постепенното увеличаване на количеството на отпадъчните плодове и зеленчуци в хранващата смес на реактора.

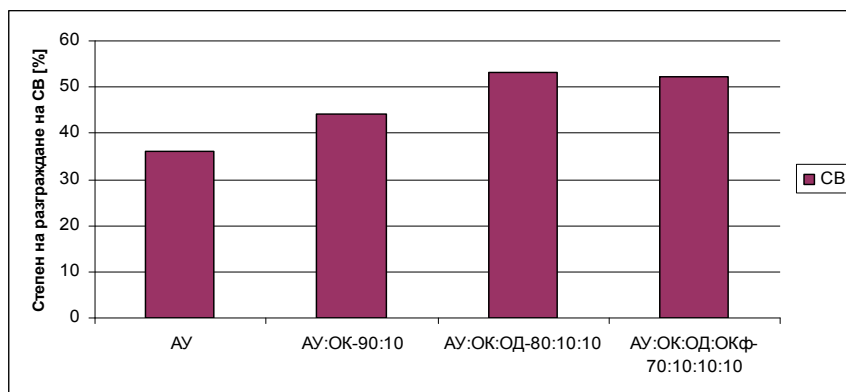
Таблица 19. Степени на разграждане при органично натоварване $1.85 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$

	Степен на разграждане на СВ, %	Степен на разграждане на OCB, %	Степен на разграждане по ХПК, %
АУ:ОК:ОД:ОКф 70:10:10:10	62	72	77
АУ:ОК:ОД:ОКф 60:10:10:20	58	58	54
АУ:ОК:ОД:ОКф:ОЯ 50:10:10:20:10	64.25	70.54	44

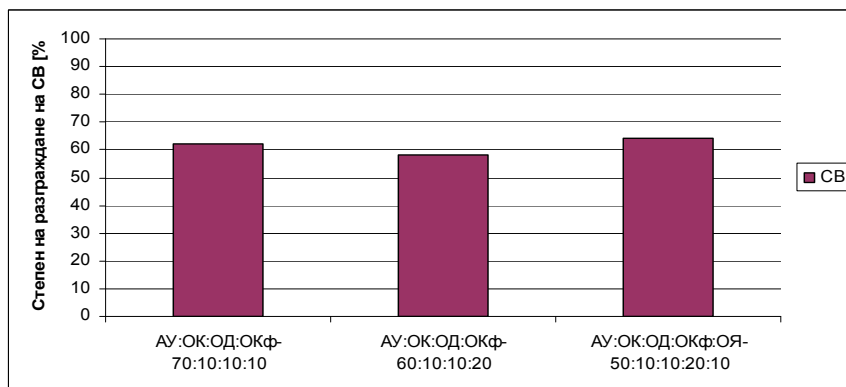
4.3.7 СРАВНЯВАНЕ НА СТЕПЕНТА НА РАЗГРАЖДАНЕ НА СУХОТО ВЕЩЕСТВО ПРИ РАЗЛИЧНИ СЪОТНОШЕНИЯ НА АКТИВНА УТАЙКА И ОТПАДЪЧНИ ПЛОДОВЕ И ЗЕЛЕНЧУЦИ

На Фиг.31 и Фиг.32 са представени степените на разграждане на сухото вещество, съответно при органично натоварване $1,23$ и $1,85 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. Вижда се, че при натоварване $1,23 \text{ kg OCB m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ с увеличаване на дялът на отпадъчните

зеленчуци се увеличава и степента на разграждане. Вероятно увеличаването на степента на разграждане на органичното вещество се дължи на подобряването на съотношението C/N и по-добрата усвояемост на хранителните вещества от микроорганизмите.



Фиг. 31 Степен на разграждане на сухото вещество при различни съотношения на активна утайка и отпадъчни зеленчуци.

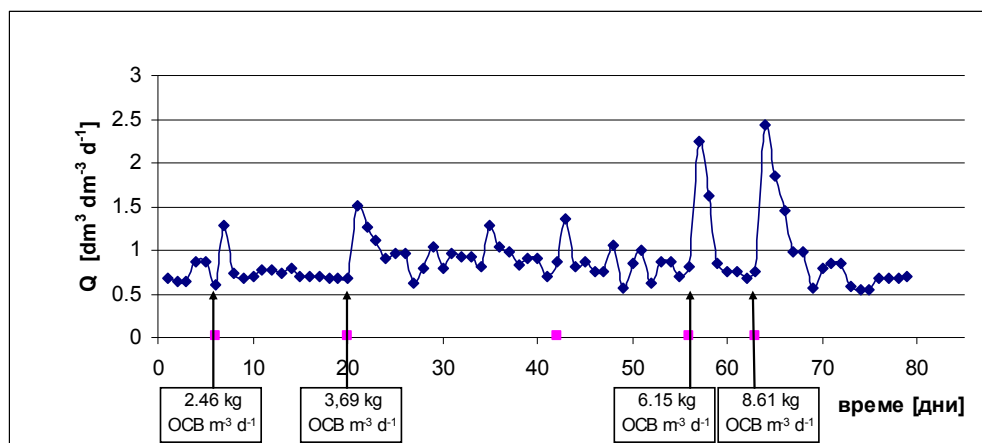


Фиг. 32 Степен на разграждане на сухото вещество при различни съотношения на активна утайка и отпадъчни зеленчуци и плодове.

4.3.8 ВЛИЯНИЕ НА ИМПУЛСНО ОРГАНИЧНО НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА ПРИ СЪОТНОШЕНИЕ НА АКТИВНА УТАЙКА, ОТПАДЪЧНИ КРАСТАВИЦИ, ОТПАДЪЧНИ ДОМАТИ И ОТПАДЪЧНИ КАРТОФИ 70 : 10 : 10 : 10

Проведените експерименти с импулсно органично натоварване имат за цел да се оцени способността на бактериалното съобщество да понася значителни изменения в обема на хранявания субстрат. Проведени са 4 импулсни органични натоварвания - 2.46, 3.69, 6.15 и 8.61 kg ОСВ m⁻³ d⁻¹. На Фиг. 33 са показани

отговорите на микробното съобщество към тези импулси. След добавянето на първият импулс полученият добив на биогаз е с 60 % по-висок от средния получен при обичайно подхранване. На следващия ден добивът се връща на предишното ниво. При 3.69 kg OCB m⁻³ d⁻¹ полученият пик е с 90 % по - висок от средния добив като тук преходният период продължава 2 дена.



Фиг. 33. Добив на биогаз при импулсно органично натоварване (със стрелки са отбелязани моментите на подаване на съответните органични натоварвания в реактора).

При следващите два импулса от 6.15 и 8.61 kg OCB m⁻³ d⁻¹ повишението на добива на биогаз е съответно 120 % и 130 %, като във първия случай преходният период е 2 дена, а във втория - 4 дена. От получените резултати може да се заключи, че процесът е стабилен и дори седемкратното увеличаване на органичното натоварване не води до дестабилизиране на процеса. Увеличава се само преходния период след импулса до достигане на установените нива на добив на биогаз.

5. ИЗВОДИ И ПРИНОСИ

5.1 ИЗВОДИ

1. Експериментите с анаеробно разграждане на сложни смеси от отпадъчни зеленчуци и плодове (периодичен процес), с използване на биошлам от анаеробен биореактор, преработващ активна утайка, показаха, че процесът е изключително сложен и труден за регулиране. Полученият газ съдържа 1.3 % метан. Наличието на лесно разградима органична материя в плодовете и зеленчуците доведе до бързо понижаване на рН (вероятно причинено от натрупването на летливи мастни киселини), което потиска развитието на метанообразуващите бактерии.
2. Чрез постепенно увеличаване на количеството на отпадъчните домати към подхранващата смес на реактор, който е стартирал работата си с говежди тор, беше успешно реализиран процес на анаеробно разграждане само на отпадъчни домати. Получени са висок добив на биогаз и висока степен на разграждане на органичното сухо вещество.
3. - Импулсното органично натоварване, при импулс от $6.52 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$ (базовото органично натоварване е $1.63 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$) доведе до дестабилизиране на процеса на анаеробното разграждане на отпадъчни домати, като след всеки импулс се наблюдава намаляване на средния добив на биогаз.

- Увеличаването на органичното натоварване от $1.63 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$ до $2,44 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$ доведе до постепенно понижаване на добива на биогаз и спиране на процеса .

4. Проведено беше анаеробно разграждане на смеси от отпадъчни зеленчуци и плодове и активна утайка. Чрез постепенно увеличаване на количеството на плодовете и зеленчуците в хранващата смес на биореактора беше достигнато съотношение на отпадъчни зеленчуци и плодове към активна утайка 1 : 1. Процесът запазва устойчивостта си през целия период на експериментите.

5. - Намаляването и увеличаването на органичното натоварване (първоначално органично натоварване е $1,23 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$, което се намалява до $0,62 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$, последвано от увеличаване до $1,85 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$) не оказаха влияние върху стабилността на анаеробното разграждане на смес от отпадъчни зеленчуци и плодове и активна утайка (съотношение на активната утайка, отпадъчни домати, отпадъчни краставици и отпадъчни картофи 70 : 10 : 10 : 10). Наблюдавано беше закономерно понижаване и съответно увеличаване на добива на биогаз.

- При проведените експерименти с импулсно органично натоварване (базовото органично натоварване е $1.23 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$, осъществени са импулси от 2.46, 3.69, 6.15 и $8.61 \text{ kg OCB m}^3 \text{ d}^{-1}$) беше установено, че след импулсите бързо се възстановява средният добив на биогаз, което е признак за стабилно бактериално съобщество.

От представените в дисертационния труд резултати може да се заключи, че отпадъчните зеленчуци и плодове могат успешно да бъдат използвани като субстрат за анаеробно разграждане в смеси с говежди тор и активна утайка от пречиствателните станции за отпадъчни води. При бъдещи изследвания ще се търсят оптималните съотношения между тези органични отпадъци.

5.2 ПРИНОСИ

С разработването на дисертацията се правят главно приложни приноси. Те могат да се групират в следните направления:

1. За първи път у нас е проведено широкомащабно изследване за възможността отпадъци от плодове и зеленчуци да се използват като субстрат в анаеробни микробиологични процеси с получаване на биогаз.

2. Показано е, че в анаеробни микробиологични процеси с получаване на биогаз, работещи с тор от едри преживни животни или активна утайка от градски пречиствателни станции основният субстрат може успешно да бъде заменен почти на 50% от хомогенизати от един вид зеленчук или от смеси на различни зеленчуци и плодове.

3. Доказано е, че е възможно анаеробен микробиологичен процес за получаване на биогаз, работещ с тор от едри преживни животни да бъде изцяло трансформиран в процес, работещ с хомогенизати на отпадъчни домати чрез постоянно добавяне на новия субстрат от 10 до 100%. При това количеството на отделения биогаз се увеличава със 79% (от $0,33 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ на $0,59 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3} \text{ d}^{-1}$), степента на биодеградация е висока и достига 81,2%, а съставът на биогаза е с добри енергийни показатели (CH_4 – 66% и CO_2 – 26%)

4. Доказано е, че 40% от субстрата активна утайка може да бъде заменен със смес от хомогенизирани отпадъчни краставици, домати и картофи в съотношение 10:10:20 съответно. Достигнат е среден добив на биогаз $0,66 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ ОСВ}$, който е с около 29% по-висок от цитираните в литературата. Добавянето към тази смес на хомогенизат от ябълки (още 10%) почти не влияе върху процеса – добивът на биогаз намалява само с 4%.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Koumanova B., Saev M., Anaerobic digestion of wasted fruits and vegetables (Review), Ecological Engineering and Environmental Protection, 1, 2008, 20-29.
2. Съев М., Куманова Б., Съвместно анаеробно разграждане на отпадъчни плодове и зеленчуци и активна утайка, Proc. Food Science, Engineering and Technologies, 24-25 October, Plovdiv, vol. LV, iss.1, 283-288.
3. Saev M., B. Koumanova, I. Simeonov, Anaerobic co-digestion of wasted tomatoes and cattle dung for biogas production, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 2009, 44, 1, 55-60.
4. Saev M., Koumanova B., Simeonov I., Anaerobic co-digestion of wasted vegetables and wasted sludge, Biotechnology and Biotechnological Equipment, 2009, special issue, 23, 2, 832-835.

Участия в научни конференции:

Съев М., Куманова Б., Изследване на възможността за биоразграждане на отпадъчни плодове и зеленчуци в анаеробен лабораторен биореактор, V-та Научна Постерна Сесия за Студенти, Докторанти и Млади Учени, 2008, ХТМУ, София.

Saev M., Simeonov I., Koumanova B., Study on the anaerobic biodegradation of wasted vegetables with activated sludge, 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, October 7-11, 2009, Bary, Italy.

Saev M., Simeonov I., Koumanova B., Effect of organic loading rate on the anaerobic co-digestion of vegetable wastes with activated sludge, 14th International Biotechnology Symposium and Exhibition, 14-18 September 2010, Rimini – Italy