

**АГРОХИМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА УТАЙКИ ОТ ГРАДСКА
ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ, ГР.СТАРА ЗАГОРА**

Дияна Дерменджиева

*Аграрен факултет, Тракийски университет, Студентски град, 6000 Стара Загора,
България, E-mail: diyana.dermendzhieva@trakia-uni.bg*

Резюме

Целта на настоящото проучване е да се направи агрохимична характеристика на утайки от Градска пречиствателна станция за отпадъчни води (ГПСОВ) по физико-химични показатели, с оглед пригодността им за наторяване на земеделски земи. Проучването беше проведено в ГПСОВ, гр. Стара Загора, за периода 2013-2014 г. Проби утайки бяха вземани веднъж на два месеца в определени пунктове за мониторинг (ПМ): ПМ-1 - ленти за уплътнена утайка, ПМ-2 - изход от метантанка и ПМ-3 - изход от станцията (обезводнена утайка). Взетите проби бяха анализирани по 5 физикохимични показателя: рН, абсолютно сухо вещество (АСВ, %), общ N (mg/kg СВ), общ Р (mg/kg СВ) и общ органичен С (%), по БДС и ISO стандарти. Утайките на изход от станцията (ПМ-3) са с рН 6.69-7.40 и съдържание на АСВ 2.40-13.3%, общ N 1957.0-44721.5 mg/kg СВ, общ Р 770.9-5985.3 mg/kg СВ и общ органичен С 1.13-5.59%, което ги прави подходящи за използване за наторяване на земеделски култури.

Ключови думи: пречиствателна станция, утайки, физикохимични показатели, агрохимична оценка

Увод

През последните години във връзка с изграждането на множество градски пречиствателни станции за отпадъчни води (ГПСОВ), с различен капацитет и различно конструктивно решение, един от основните проблеми, който възниква е съхранението и оползотворяването на утайките. Понастоящем в страната функционират 90 ГПСОВ, които обработват 1 122 663 m³/ден отпадъчни води, от които механично – 31 325 m³/ден и биологично – 1 081 838 m³/ден. При биологичното третиране (пречистване) на отпадъчните води се получават (генерират) големи количества утайки (от 0.5 до 10% от общия обем на пречистената вода), (Гарванска, 2008). Отделеното количество утайки за 2015 г. възлиза на 108 472 t/СВ, като се очаква през 2020 г. то да достигне 124 455 t/СВ (ДИАОС, 2014). Малка част от генерираните на утайки се депонират в депа (11%), а други (около 30%) временно се съхраняват на площадки, с тенденция за по-късно депониране. За преобладаващото количество утайки (60%) няма трайно и ефективно екологосъобразно решение за оползотворяване.

Утайките от ПСОВ по химична характеристика напълно се вписват в изискванията към контаминаторите от II група – източник на енергия и на биогенни елементи (Байков, 2012). Ето защо, прилагането на утайки от отпадъчни води в селското стопанство може да бъде източник на хранителни елементи и органично вещество за почвите. Доказано е, че при внасянето на 0.5 t сухи утайки на декар обогатява почвата с 0.2-0.25 t органично вещество. Счита се, че това е достатъчно за осигуряване на запасите от хумус в почвата при зърнени, технически и маслинен култури (Гарванска, 2008).

Използването на утайки от ПСОВ в земеделската практика позволява да се решат два взаимно свързани въпроса: от една страна, пречиствателните станции се освобождават от големите количества утайки, които се трупат в района на станциите, затрудняват тяхното функциониране и замърсяват природната среда, а от друга страна, утайките се разглеждат като биомаса, богата на органично вещество (Кононова, 1963) и хранителни макро- и микроелементи (Stoichev et al., 1994, Toncheva et al., 2014).

Чрез използване на утайките за органично торене в земеделието се правят икономии от скъпоструващи минерални торове и може да се възстанови нарушения

баланс на органично вещество в почвите у нас (Marinova et al., 2004, 2012). Освен това органичните вещества от утайките могат да увеличат инфилтрацията на водата и да намалят почвената ерозия (Hoffmann, 2002), да увеличат капацитета за задържане на вода, да намалят уплътняването на почвата, да увеличат гранулацията на почвата, да увеличат способността на почвата или повърхностния материал, да задържат хранителните вещества, да осигурят хранителни вещества за растежа на растенията и да осигурят храна и енергия полезна за почвените микроорганизми (Samso-Petersen, 2003; Harrison et al., 2006; Hussein et al., 2010).

Според Suarez et al. (2004) добавянето на утайки в почвата води до съществено увеличение на растителната продукция, което се дължи на повишените концентрации на хранителни елементи за културите (главно N и P) и подобряване на почвените свойства (pH, общ N и P). Почвите, третирани с утайки, изгубват по-малко NO_3^- , Ca, Mg и K чрез излужването, отколкото тези, третирани с минералния тор (Goss et al., 2013).

Плодородието и структурата на почвата се определят от две основни групи продукти: биогенни елементи в минерализирана форма и биогенни елементи като органични съединения. Основното преимущество на утайките е в запазването на всички биогенни макро- и микроелементи в две важни за агрохимията категории: непосредствено достъпни минерални соли и същите елементи под формата на органични съединения, които представляват не само депо, но и компонент, който подобрява структурата на почвата. Те съдържа трудноразграждащи се органични съединения, които нямат аналози в минералните торове, но са депо, от което постепенно се освобождават и поддържат оптимално съдържание в почвата съответните биогенни елементи. Правилното съхранение и третиране на утайките би осигурило необходимите биогенни елементи (N, P, K) за земеделието и би било по-рентабилно в сравнение с използването на неорганични торове (Zakikhani et al., 2016). В противен случай това би довело до замърсяване на подпочвените води и растенията, с патогенни микроорганизми и тежки метали. Ето защо, мониторингът и оценката на тези рискове са необходими за търсенето на екологосъобразни решения за оползотворяването на утайките (Harshman and Barnette, 2000; Langenkamp and Part, 2001; EPA, 2004; Wolna-Maruwka, 2009).

Използването на утайките от пречиствателните станции в земеделието би позволило да се решат две основни задачи: безопасно отстраняване на утайките от пречиствателните станции, опазване на водоприемниците от замърсяване и осигуряване на органичен тор за земеделието. Тези две задачи са тясно свързани и зависят от характеристиките на утайките, ограничаващите ги фактори и почвите в района на използването им. При използване на утайките в практиката се съблюдават определени изисквания, посочени в Европейското и Българското законодателство (Директива 86/278/ЕС, Наредба за оползотворяване на утайките от ПСОВ, 2004). Директивата поощрява използването на утайки в земеделието, като взема предвид ценните им свойства, но при условието, че те могат да се използват само на площи, където не оказват отрицателно въздействие върху почвата и земеделските продукти. Основните изисквания в Директивата се свеждат до спазване на лимити, свързани със съдържанието на тежки метали и биогенни елементи в утайките и почвите, както и ограничения за годишното натоварване на земеделските земи с утайки. Предвижда се задължително биологично, химично или термично третиране на утайките преди използването им за наторяване. Основният български документ, оказващ реда и начина за оползотворяване на утайки, е Наредбата за реда и начина за оползотворяване на утайки от пречистването на отпадъчни води чрез употребата им в земеделието (2004), която въвежда разпоредбите на Директива 86/278/ЕИО за опазване на околната среда, и

по-специално на почвата, при използване на утайки от отпадъчни води в земеделието.

При оползотворяване на утайките за нуждите на земеделието, при отсъствие на други ограничители, най-вече наличие на тежки метали с концентрации над пределно допустимите (ПДК) и патогенни микроорганизми, нормата на торене се определя по общото съдържание на азот в утайките. Значението на азота следва да се оцени в два аспекта. Той е основен биогенен елемент, от който зависи синтеза на белтъчини. В същото време е лимитиращ за агроценозите фактор, тъй като допустимото количество на внасяне в почвата е 170 kg/N ha годишно. От значение за нуждите на земеделието са химичните форми на азота. Те се разделят на органични и минерални. Под влияние на биохимични процеси, органичният азот в утайките частично преминава в усвояема за растенията минерална форма, като минералната форма е около 1% от общия азот. Усвояими за растенията форми на азота са амониите (NH_4^+) и нитратни (NO_3^-) соли, като преобладаващо е съдържанието на амониевия азот ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) за разлика от това на нитратния ($\text{NO}_3\text{-N}$). Направените проучвания от наши автори (Гарванска, 2008; Kostadinova et al., 2014; Дерменджиева, 2017) показват, че с увеличаване на количеството на абсолютно сухото вещество, намалява съдържанието на амониев азот в утайките. Освен това около 2/3 от фосфора се намира в органична форма, като съдържанието му се колебае при различните утайки. При оползотворяване на утайките за нуждите на земеделието, усвояимият от растенията фосфор като P_2O_5 е до 50 % от общото му съдържание в утайката, докато това на калия е много ниско - под 1 % от абсолютно сухото вещество. Най-често ниските концентрации на калий са свързани с повишената разтворимост на калиевите соли, които при третиране на утайките остават в отделящите се води. Ето защо, по съдържание на биогенни елементи (N, P, K) утайките не отстъпват на органичните торове, което ги превръща в незаменим ресурс за прилагане в земеделието (FAO, 2003; Zhang and Schroder 2014; Dermendzhieva et al., 2017). Приложението на утайки от пречиствателни станции в земеделието е не само най-краткият и най-евтиният начин за тяхното оползотворяване, но също така позволява връщане в кръговрата в природата на основните елементи и органични вещества, съдържащи се в тях.

Целта на настоящото изследване бе да се направи агрохимична характеристика на утайки от Градска пречиствателна станция за отпадъчни води (ГПСОВ) по физико-химични показатели, с оглед прилагането им като средство за наторяване в земеделието.

Материал и методи

Обект на проучване. Проучването беше проведено през периода 2013-2014 г. в ГПСОВ, гр. Стара Загора. Тя е най-модерната в страната, с модул за производство на биогаз. Капацитетът на станцията е за обработка на 3507 m³ отпадъчни води за час а на получаваните утайки за една година е 3173.8 t/сухо вещество (СВ).

Пунктове за мониторинг и пробонабиране. Проби утайки за анализ бяха вземани веднъж на два месеца от определените пунктове за мониторинг, както следва:

ПМ-1 - ленти за уплътнена утайка;

ПМ-2 - изход от метантанка;

ПМ-3 - ленти за обезводнена утайка, изход на станцията;

Изследвани физико-химични показатели на утайките и методи за тяхното определяне:

Физични показатели: *активна реакция (pH)* - ISO 10390;

Химични показатели: *Абсолютно сухо вещество (АСВ)* - БДС ISO 11465;
Определяне на общ азот (N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, орг. N), mg/kg - ISO 11261, по метода

на Kjeldahl. Използван е термоблок “DIGESTER 6500“ за разлагане на пробите утайки и парен дестилатор “UDK 142“; *Определяне на общ фосфор (P), mg/kg* - ISO 11263. Използвана е система за разлагане с обратни хладници и последващо фотометриране със спектрофотометър UV/VIS 6705 JENWAY; *Общ органичен въглерод, %* - ISO 14235. Статистическа обработка на данните е извършена чрез прилагане на програмните пакети Microsoft Office 2012 и Statistica for Windows, Version 8.

Резултати и обсъждане

Резултатите за изследваните физико-химични показатели за утайките от ГПСОВ гр. Стара Загора, за периода на проучването, са представени в **таблица 1**.

Активна реакция (pH). Всички отчетени стойности на показателя през двугодишния период на проучване се изменят в диапазона от 6.12 рН единици (ПМ-1, 2014 г.) до 7.61 рН единици (ПМ-2, 2013 г.) (Таблица 1).

Таблица 1. Средни (Сх), минимални (Сmin) и максимални (Сmax) концентрации на изследваните физико-химични показатели на отпадъчните води в избраните пунктове за мониторинг, за периода 2013- 2014 г., n=6

Показатели	Година	Сх ± SD min max	Пунктове за мониторинг на утайки		
			ПМ-1	ПМ-2	ПМ-3
рН	2013	Сх ± SD	6.77±0.46	7.10±0.29	7.02±0.07
		min	6.23	6.78	6.89
		max	7.30	7.61	7.09
	2014	Сх ± SD	6.44±0.17 ^a	6.90±0.15 ^b	7.14±0.27 ^{ab}
		min	6.12	6.66	6.69
		max	6.59	7.07	7.40
АСВ, %	2013	Сх ± SD	3.82±0.44 ^c	2.95±0.36 ^f	12.0±0.75 ^{ef}
		min	3.30	2.60	10.7
		max	4.40	3.40	12.5
	2014	Сх ± SD	3.70±0.48 ^c	2.65±0.14 ^g	11.9±1.01 ^{eg}
		min	3.30	2.40	10.7
		max	4.40	2.80	13.3
Общ N, mg/kg СВ	2013	Сх± SD	8986.5±5038.9 ^a	8638.6±3350.1 ^b	24353.4±14649.6 ^{ab}
		min	2195.8	1957.0	3991.9
		max	16741.8	11180.8	44721.5
	2014	Сх ± SD	7318.0±3564.4 ^b	7901.1±3207.4	16949.7±12027.1 ^b
		min	4927.5	4533.4	6876.7
		max	14497.8	13878.3	40241.4
Общ P, mg/kg СВ	2013	Сх ± SD	1119.8±459.0 ^b	1246.9±441.8 ^b	4563.6±886.3 ^{bb}
		min	539.5	770.9	3740.4
		max	1632.8	1945.3	5985.3
	2014	Сх± SD	905.0±236.5 ^f	1165.3±515.6 ^g	3204.5±784.0 ^{fg}
		min	670.5	713.3	2298.5
		max	1223.9	2000.3	4346.2
Общ органичен въглерод, %	2013	Сх ± SD	1.81±0.10 ^f	1.55±0.33 ^g	4.25±0.27 ^{fg}
		min	1.70	1.15	3.95
		max	1.95	2.01	4.58

2014	C _x ± SD	1.68±0.26 ^f	1.69±0.35 ^g	4.39±0.69 ^{fg}
	min	1.28	1.13	3.76
	max	1.99	2.03	5.59

*ПМ-1 – ленти за уплътнена утайка; ПМ-2 – изход от метантанка; ПМ-3 – ленти за обезводнена утайка, изход на станцията;

**Разликите в стойностите по редове са доказани при $P < 0.05$ - aa,bb; $P < 0.01$ - cc, dd; $P < 0.001$ - ee, ff, gg;

По пунктове за мониторинг и през двете години на проучване се установява еднопосочна тенденция на промяна в стойностите на рН: най-ниски са стойностите в ПМ-1, по-високи - в ПМ-2, и най-високи в ПМ-3 през 2014 г. (изключение прави 2013 г., когато рН в ПМ-3 е по-ниско от ПМ-2, но по-високо от ПМ-1), като активната реакция в контролираните пунктове се изменя последователно от слабо кисела до неутрална. Това най-вероятно се дължи на обработката на уплътнените утайки с флокуланти за обезводняване (в ПМ-1) и от протичащите метанообразуващи процеси (в ПМ-2). На изход от станцията, след филтър-пресите (ПМ-3) утайките имат неутрален характер, подобен на утайки от други проучвани ГПСОВ в страната (Гарванска, 2008).

Абсолютно сухо вещество (АСВ). Стойностите на показателя през периода на проучването се изменят в широки граници между отделните пунктове и варират от 2.40% (ПМ-2, 2014 г.) до 13.3% (ПМ-3, 2014 г.) (Таблица 1). Всички отчетени стойности за АСВ през 2013 г. попадат в този диапазон. През 2013 г. средните стойности на АСВ във всички ПМ са по-високи от тези през 2014 г.

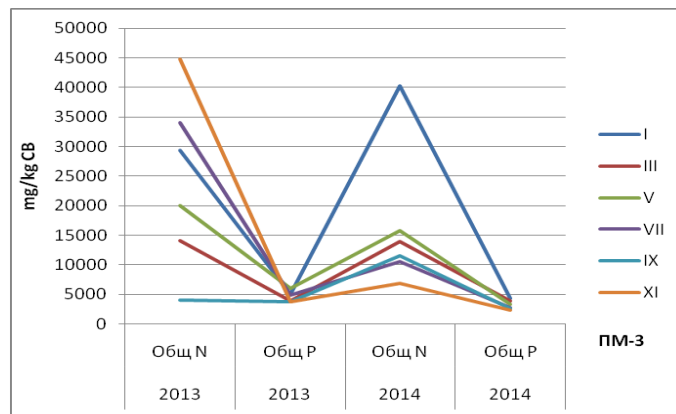
Колебанията в стойностите на АСВ между пунктовете за мониторинг показват сходна тенденция на промяна през двете години на проучване. В ПМ-1 стойностите на АСВ са с близки значения, в ПМ-2 те се понижават незначително спрямо тези в ПМ-1 – с 1.29 пъти през 2013 г. и с 1.40 пъти през 2014 г., а в ПМ-3 нарастват няколкократно – с 4.06 пъти спрямо ПМ-2 и с 3.14 пъти спрямо ПМ-1 през 2013 г. и съответно с 4.50 и 3.21 пъти през 2014 г. По години разликите в средните стойности на показателя между пунктовете за мониторинг са достоверни при $P < 0.001$. Тези резултати могат да се обяснят с отделните етапи на третиране на утайките, през които органичната маса се стабилизира и редуцира обема си, като значително намалява влагосъдържанието си след филтър-пресите. Изменението на абсолютно сухото вещество през 2013 г. и 2014 г. е без значителни колебания, най-вероятно дължащо се на прилагането на еднакви методи за третиране на утайките. Според Гарванска (2008) съдържанието на абсолютно сухо вещество се увеличава значително (до 13-43%) след изсушаване на утайките за 3-4 месечно престояване и до 47-80%, след 12-месечно съхраняване, което подкрепя получените резултати.

Общ азот ($N-NH_4$, $N-NO_2$, $N-NO_3$, N_{org}). Стойностите на показателя през периода на проучване се колебаят в широк диапазон, отнесени към абсолютно сухо вещество от 1957.0 mg/kg (ПМ-2) до 44 721.5 mg/kg (ПМ-3) през 2013 г., като всички измерени концентрации по пунктове за 2014 г. попадат в този диапазон (Таблица 1). При анализа на данните по години и пунктове за мониторинг се открояват две тенденции. Едната показва, че през 2013 г. съдържанието на общ азот във всички пунктове за мониторинг е по-високо от това през 2014 г. – по отношение на средните стойности с 1.22 пъти в ПМ-1, с 1.09 пъти в ПМ-2 и с 1.44 пъти в ПМ-3 (Фиг.1). Най-вероятно това се дължи на променливия състав на отпадъчните води, постъпващи за пречистване, биологичните условия, при които протичат процесите на пречистване, частично затваряне на отделни секции от биологичното стъпало, с оглед регулиране на технологичните процеси и др.

Втората тенденция разкрива, че независимо от годината, количеството на азотните съединения в ПМ-1 и ПМ-2 е много по-ниско и статистически доказано ($P < 0.05$) от това в ПМ-3 (от 2.31 до 2.82 пъти). Допускаме, че основната причина за това е по-високото съдържание на влага в утайките в ПМ-1 и ПМ-2, където съдържанието на азот, преизчислено в проценти, варира от 0.73 до 0.89%, за разлика от утайките след филтър пресите (ПМ-3), където азота достига 1.69 - 2.44%.

Общ фосфор. Стойностите на показателя през проучвания период се колебаят значително - от 539.5 mg/kg СВ (ПМ-1) до 5985.3 mg/kg СВ (ПМ-3) през 2013 г., като всички отчетени стойности през 2014 г. попадат в този диапазон (Таблица 1). За отделните мониторингови пунктове степента на вариране между максималните и минималните стойности е от сходен порядък - от 1.60 до 3.02 пъти през 2013 г., и от 1.83 до 2.80 пъти през 2014 г.

При съдържанието на общ фосфор се наблюдават същите две сходни тенденции, както за съдържанието на общ азот. Подобно на общия азот и съдържанието на общ фосфор в утайките през 2013 г., е по-високо спрямо това през 2014 г. – в ПМ-1 с 1.24 пъти, в ПМ-2 с 1.07 пъти и в ПМ-3 с 1.42 пъти (Фиг.1).



Фиг. 1. Изменение съдържанието на общ N и общ P в утайките на изход от ГПСОВ-Стара Загора (ПМ-3), по месеци за периода 2013- 2014 г.

Тези резултати могат да се обяснят с променливия състав на постъпващите за пречистване отпадъчни води през отделните години. По пунктове и през двете години на проучване концентрациите на фосфора също нарастват като тези на азота от ПМ-1 към ПМ-3, като особено силно е изразено това нарастване от ПМ-2 към ПМ-3, съответно 3.65 пъти за 2013 г. и 2.74 пъти за 2014 г. Изразено в проценти, стойностите на общ P варират от 0.09 до 0.12% в ПМ-1 и ПМ-2, за разлика от утайките след филтър пресите (ПМ-3), където достигат до 0.32-0.46 %. По пунктове за мониторинг разликите в средните стойности са доказани при $P < 0.05-0.001$.

Общ органичен въглерод. Стойностите на показателя през периода на проучване (2013-2014 г.) се изменят в широки граници между отделните пунктове и варират от 1.13% (ПМ-2, 2014 г.) до 5.59% (ПМ-3, 2014 г.). Всички стойности през 2013 г. попадат в този диапазон (Таблица 1). Количеството на общ органичен въглерод варира в тесни граници (1.13-2.03%) в ПМ-1 и ПМ-2, като средните стойности намаляват с 1.17 % от ПМ-1 към ПМ-2 през 2013 г., и се запазват постоянни в двата пункта през 2014 г. В ПМ-3 концентрациите значително нарастват спрямо тези в ПМ-1 и ПМ-2, средно от 2.59 до 2.74 пъти, при доказана достоверност ($P < 0.001$) на разликите. Предполагаме, че това се дължи на процесите на стабилизиране на органичната маса през отделните

етапи на третиране, редуциране на обема и значително намаляване на влагосъдържанието на утайката след филтър пресите. Според Гарванска (2008) извличания органичен въглерод по произход вероятно е подобен на почвения хумус, съдейки по съдържанието на въглерод в органиката, възлизащ на около 5-6% от сухото вещество. В този диапазон се включват и получените резултати за съдържание на въглерод в утайките след филтър пресите (3.76-5.59%), с което се допълва тяхната характеристика по този показател.

Заклучение

Проучването на утайките от ГПСОВ, гр. Стара Загора, през периода 2013 - 2014 г. в 3 пункта за мониторинг (ПМ-1 - ленти за уплътнена утайка; ПМ-2 - изход от метантанка; ПМ-3 - ленти за обезводнена утайка, изход на станцията), по 5 физико-химични показателя показва, че:

Съдържанието на абсолютно сухо вещество в ПМ-1 и ПМ-2 е средно – 2.8-3.76 % и се повишава до 11.91 % на изхода на ГПСОВ (ПМ-3), след обезводняването на утайките. По месеци през двугодишния период на проучване стойностите на показателя не се изменят съществено.

Активната киселинност на утайките е с тенденция на преминаване от слабо кисела в ПМ-1 (рН 6.61) към неутрална в ПМ-2 (рН 7.0) и в ПМ-3, на изход на ГПСОВ (рН 7.08).

Съдържанието на общ азот в уплътнената утайка (ПМ-1) и на изхода от метантанка (ПМ-2) – 8152-8269 mg/kg СВ нараства с 2.5 пъти в обезводнената утайка (ПМ-3) – 20 424 mg/kg СВ.

Количеството на общ фосфор от 1012-1206 mg/kg СВ в първите два пункта, нараства с 2.5 пъти в обезводнената утайка (ПМ-3) - 3884 mg/kg СВ.

Концентрацията на органичен въглерод от 1.62 – 1.75% на входа (ПМ-1) нараства с 2.5 пъти на изход (ПМ-3) - 4.32%.

По съдържание на общ азот (1.69-2.44%), общ фосфор (0.32-0.46%) и органичен въглерод (3.76-5.59%) обезводнените утайки, на изход от ГПСОВ са съпоставими с органичните торове и могат да се използват за подобряване на почвеното плодородие.

Използвана литература

Байков, Б. (2012). Екология, Изд. Нов български университет, София, 382-388.

Василев, Г. (2001). Химия и опазване на околната среда, УИ “Св. Кл. Охридски”, София, 123-155.

Гарванска, С. (2008). Утайки от пречиствателни станции за отпадъчни води и правила за тяхното оползотворяване, Изд. ПъблишСайСет-Еко, София, 53-62.

Дерменджиева, Д. (2017). Екологична и агроекологична характеристика на отпадъчни води и утайки от пречиствателни станции, Дисертация за ОНС „Доктор“, Тракийски университет, Стара Загора, 96-107.

Директива 86/278/ЕЕС за опазване на околната среда и в частност на почвите в случаите на употреба на утайки от пречиствателни станции в земеделието.

Доклад на Изпълнителната агенция по околната среда (2014) (ДИАОС). МОСВ, гр. София.

Игнатова, Н. (1992). Опазване чистотата на водите, Изд. “Земиздат”, София, 55-65, 86-97.

Костадинова, Г., Г. Петков, В. Баракова (2007). Ефективност на пречистване на отпадъчните води от градската пречиствателната станция в гр. Казанлък, *Екология и Бъдеще*, 6 (1): 43-50.

- Кононова, М. М.** (1963). Органическое вещество почвы. МГУ, Москва.
- Маринова, С. Л. Петрова** (2004). Состав органического вещества в осадках сточных вод городских очистительных станции. Междун. научно-практ. конфер. "Агроэколог. функции орг. в-а почв и исп. орган. удобрений и биоресурсов в ландшафт. земледелие. Владимир, Русия, Сборник доклады. С. 318-323.
- Наредба за реда и начина за оползотворяване на утайки от пречистването на отпадъчни води чрез употребата им в земеделието**, приета с ПМС № 339 от 2004 г. (обн., ДВ, бр. 29 от 08.04.2011 г., изм. ДВ, бр.29 от 08.04.2011 г.)
- Dermendzhieva, D., G. Kostadinova, G. Petkov, D. Dimov, T. Dinev, T. Penev, Tch. Miteva, J. Mitev**, (2017). Agro-ecological assessment of manure from different farm animals by content of biogenic elements. *Agricultural Science and Technology*, vol. 9 (1), pp. 53 – 61.
- EPA** (2004). United States Environmental Protection Agency. Office of Water. Office of Wastewater Management. Washington, DC 20460 (2004). Primer for Municipal Waste water Treatment Systems. Document №. EPA 832-R-04-001.
- Food and Agriculture Organization (FAO)**, 2003. Fertilizer use by crop in Poland. Published by FAO, Rome, 23-35.
- Goss, MJ, Tubeileh A, Goorahoo D**, (2013). A review of the use of organic amendments and the risk of human health. *Advances in Agronomy*, 120, 275-239.
- Harshman, V., T. Barnette**. (2000). Wastewater Odor Control: An Evaluation of Technologies. *Water Engineering & Management*. 2000-12-28. ISSN 0273-2238.
- Harrison, EZ., Rayne Oakes S., Hysell M., and Hay A.** (2006). Organic chemicals in sewage sludges. *Science of the Total Environment* 367 (2006) 481–497
- Hoffmann, I.** (2002). Crop-livestock interactions and soil fertility management in Northwest Nigeria, In: Proceeding of the First Virtual Global Conference on Organic Beef Cattle Production, 02 September-15 October, pp. 1-11.
- Hussein, Kh. Ah., Hassan A. F., E.S. Abdel-Hady** (2010). Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1(5), 1044-1049.
- Kostadinova, G., D. Dermendjieva, G. Petkov, J. Gotchev** (2014). Agroecological assessment of wastewater and sludge from Municipal Wastewater Treatment Plant by content nutrient inputs, *Agricultural Science and Technology*, 6 (3): 325-332.
- Langenkamp, H., P. Part**, (2001). Organic Contaminants in Sewage Sludge for Agricultural Use. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Soil and Waste Unit. Brussels, Belgium, 1-73.
- Marinova, S., R. Toncheva, N. Kathijotes, E. Zlatareva, H. Pchelarova**. (2012). Agricultural Use of Sludge and Treated Waste Water from Sewage Treatment Plants. Proceedings Intern. Conference "Ecology- Interdisciplinary Science and Practice ", Sofia, 25-26 oct. Part 2, 498-503.
- Stoichev D. S., Marinova. S. Stoicheva. D.** (1998). Balance of nitrogen at different long use variants. Nitrog. cycle and balance in Polish agriculture. Warsaw. p. 44-54.
- Samso-Petersen, L.** (2003). Organic contaminants in sewage sludge. A review of studies regarding occurrence and risk in relation to the application of sewage sludge to agricultural soil. Naturvårdsverket, ISBN 91-620-5217-9.
- Suárez, P. Conde, S. Seoane, E. López Mosquera, F. Solla-Gullón, A. Merino.**(2004). Dairy industry sewage sludge as a fertilizer for an acid soil: a laboratory experiment with *lolium multiflorum*. *Spanish Journal of Agricultural* 2 (3), 419-427.
- Toncheva, R., H. Pchelarova, E. Zlatareva** (2014). Comparative effect of using poultry manure and sewage sludge as soil improvers. *Soil science agrochemistry and ecology*, Vol. XLVIII, 3-4, 31-36.
- Wolna-Maruwka, A.** (2009). Estimation of Microbiological Status of Sewage Sludge

Science & Technologies

Subject to Composting Process in Controlled Conditions. *Polish J. of Environ. Stud.*, Vol. 18, 2, 279-288.

Zakikhani, Kh., Kashani A. , Paknejad F. (2016). Effect of nitrogen level, green and animal manure on the growth attribute of corn crop (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(2), 226-231.

Zhang H and Schroder J, 2014. Animal manure production and utilization in the USA. In: *Applied manure and nutrient chemistry for sustainable agriculture and environment* (Eds.: Zhongqi H and Zhang H). Springer Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 2-22.