

ЕЛЕНА ЗЛАТАРЕВА*, ВЕСЕЛА ГЕОРГИЕВА**, СВЕТЛА МАРИНОВА*, ВЕРА ПЕТРОВА*

*Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиров“, София

**Национален център по общественото здраве и анализи, София

Обеззаразяване на утайки от ПСОВ чрез използване на варови материали

Decontamination of Sewage Sludge Using Lime Materials

E. Zlatareva, V. Georgieva**, S. Marinova*, V. Petrova**

**N. Pushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria*

***National Center of Public Health and Analyses, Sofia, Bulgaria*

Abstract

In recent years, built and entered into operation a large number of treatment plants for waste water. In biological purification, there are large of sludge. Due to insufficient decontamination and stabilization limited their implementation in practice, as required by law. A study on the use of lime as a means of disinfection and stabilization of sewage sludge Plovdiv. Tested are different rates of treatment with lime – 15, 20 and 30% „quicklime of the dry matter of the sludge. It was found that 20% of sludge treatment with fine lime is obtained sludge decontamination effect can be utilized in practice.

Key words: sludge, lime, decontamination

През последните години се изградиха и влязоха в експлоатация повече от 80 градски пречиствателни станции за отпадъчни води (ГПСОВ). При биологичното пречистване се получават утайки, които представляват екологичен проблем. Те се трупат в района на станциите, затрудняват тяхното функциониране и могат да замърсят природната среда (Марков и др., 1999). Утайките са биомаса и представляват органичен резерв във връзка с недостига на органични източници в нашата страна. Те могат да се използват в практиката при определени условия, съгласно законодателството (Маринова, 2002; Маринова, 2001).

Независимо от разработените нормативни документи, в практиката съществуват редица проблеми, които ограничават реализирането на утайките. Един от тези проблеми е свързан с нарушените санитарно-микробиологични показатели в повечето пречиствателни станции.

Това затруднява и ограничава реализацията на утайките в практиката.

Целта на изследването беше да се намерят възможности за намаление на периода на съхранение на утайките чрез ускоряване на процесите на обеззаразяване и обезмирисяване, като се използват варови материали. Това е необходимо, тъй като при изградени-те нови ПСОВ липсват изсушителни полета и всякакви площадки за временно съхранение и третиране на утайките.

Материал и методи

Проведено е изследване за установяване нормите на негасената вар при третиране на утайки от ПСОВ и въздействието ѝ върху обеззаразяването и стабилизирането им преди оползотворяване. Използвана е негасена вар от фирма „Огняново“ ЕООД, разположена в района на Пловдив и Драгоман. Опреде-

лено е и времето, необходимо за пълно унищожаване на патогените в утайките, преди реализирането им в практиката. Използвани са пресни утайки от ПСОВ в гр. Пловдив, след лентовите филтърпреси. Проведени са следните изследвания.

1) Качествена характеристика на пресни утайки от ПСОВ в Пловдив преди провеждане на експериментите за обеззаразяване с негасена вар. Пробите утайки са анализирани по показатели, съгласно изискванията на Наредба от 14.12.2004 г. за използване на утайки чрез употребата им в земеделието – за съдържание на агрохимични и химични показатели, санитарно-микробиологични, съдържание на органични замърсители и за съдържание на хелминти. Методът за определяне на микробиологични показатели е верифициран и е базиран на метод от „Сборник от методики от списъка на задължителните лабораторни изследвания по хигиенно-епидемиологичния контрол в областта на комуналната хигиена” – МЗ, София, 1985 г.

2) Изследвания, свързани с обеззаразяване на утайките при участие на различни норми негасена вар и времепрестой. Свежа утайка от ПСОВ в Пловдив е компостирана в лабораторни условия с негасена вар в различни концентрации и варианти. Компостирането е извършено при аеробни условия и температура 20 °C. Експериментите са проведени, като утайките са третирани с фино и с по-едро смелена негасена вар.

Третиране на прясна утайка с фино фракция негасена вар – 90 микрона

Утайките от ПСОВ в гр. Пловдив са със съдържание на сухо вещество 21% (табл. 1). За експеримента е използвана 500 g утайка, която съдържа 105 g сухо вещество. Изпитани са 3 норми на третиране на утайките – 15%, 20% и 30% негасена вар от сухото вещество на утайката. Третирането е извършено чрез еднократно, двукратно и трикратно внасяне на варта и периодично разбъркване. Поради трудностите, които се срещат при унищожаване на *Clostridium perfringens* и неговите спори, е изследвак в динамика само този показател.

Третиране на прясна утайка с по-едра фракция негасена вар – 0.5 mm

Изпитани са същите норми на третиране,

съответно 15%, 20% и 30% по-едра фракция негасена вар, внесена на порции. На така заложените експерименти е изследвано съдържанието на *Clostridium perfringens*, като първото отчитане е извършено 46 часа след третиране на утайките. Проследено е унищожаването на *Cl. perfringens* поради това, че тези микроорганизми са най-устойчиви при различните начини и методи на обработка. Второто отчитане за *Clostridium perfringens* от заложените варианти е извършено след 22 дена от залагане на експеримента. Трето отчитане е извършено след 31 дена.

Оценка на качеството на утайките след третиране с варови материали

Направена е сравнителна оценка за установяване ефекта на варта при различните варианти, третирани с фино и по-груба фракция негасена вар. Установена е най-ефективната норма на обработване на утайките и времето, необходимо за обеззаразяването. На най-перспективните варианти в края на експеримента е извършен химичен и агрохимичен анализ за установяване на настъпилите промени в резултат от третирането с вар.

Резултати и обсъждане

Агрохимична и химична характеристика на пресните утайки

На табл. 1 са представени резултатите от агрохимичната и химична характеристика на пресните утайки от ПСОВ Пловдив. От данните се вижда, че реакцията на средата е неутрална към алкална. Съдържанието на сухо вещество е 21%. Агрономически интерес представлява съдържанието на органично вещество и на основните органогенни елементи за поддържане и повишаване на почвеното плодородие. От водоразтворимите форми на азот се установява, че при утайките от Пловдив преобладава нитратната форма, което показва, че минерализационните процеси са напреднали, защото утайката е с по-високо сухо вещество и аерацията подпомага минерализацията. Подвижните форми на фосфор и калий са с по-ниски стойности поради по-ниското съдържание на общите форми на същите елементи. Отделянето на фосфор от водите предполага обогатяване на утайките с този елемент. Известно е, че

почвите са бедни на фосфор, а неговото значение за развитието на културите е голямо. Изследванията показват, че съдържанието на общ фосфор е 0,86%. Съотношението между N: P е в полза на азота. Съдържанието на общ калий е ниско. Използването на утайките се ограничава от съдържанието на тежки метали в тях (Маринова, 2008; Marinova and Chuldyan, 1999; McGrath et al., 1995). Отчетените стойности (табл. 2) са под пределно до-

пустимите концентрации (ПДК), определени в Наредбата от 14. 12. 2004 г. за използване на утайки чрез употребата им в земеделието и не представляват ограничител при използване на утайките в практиката.

– Органохимични съединения

Това са вещества, които в концентрации над ПДК са опасни за здравето на животните и човека (Langenkamp and Part, 2001). Характе-

Таблица 1. Химична и агрохимична характеристика на прясна необработена утайка от ПСОВ Пловдив, обработена с 20% фина негасена вар

Table 1. Chemical and agrochemical characteristics of fresh untreated sewage sludge of WWPT Plovdiv, treated with 20% fine quicklime

Показатели	Стандарти валидирани методи	Резултати за необработена утайка	Резултати за утайка с 20% вар
pH (H ₂ O)	БДС EN12176	6,40	7,04
Сухо в-во, %	БДС EN 14346	20,77	93,27
Орг. въглерод, %	БДС EN 13137	37,54	15,84
Общ N, %	БДС EN 1342	3,30	2,27
Общ P, %	EPA 6010C	0,86	0,68
Общ K, %	EPA 6010C	0,22	0,15
Общ Ca, %	EPA 6010C	5,27	13,59
Общ Mg, %	EPA 6010C	0,52	0,43
N-NH ₄ , mg/kg	БДС3587	225	398
N-NO ₃ , mg/kg	БДС EN ISO 10304-1	1551	234
P ₂ O ₅ , %	EPA 6010C	0,147	0,252
K ₂ O, %	EPA 6010C	0,073	0,062
S като SO ₄ , mg/kg	БДС EN ISO 10304-1	8852	2401

Таблица 2. Съдържание на тежки метали в прясна необработена утайка от ПСОВ Пловдив

Table 2. Contents of heavy metals in fresh untreated sewage sludge of WWPT Plovdiv

Тежки метали, mg/kg сухо вещество	Методи	Резултати от анализа	ПДК	ПДК
			български норми	европейски норми
As	EPA 6010C	13,28	25	-
Cd	EPA 6010C	3,42	30	20 – 40
Cr	EPA 6010C	131,3	500	-
Ni	EPA 6010C	69,12	350	300 – 400
Cu	EPA 6010C	370,1	1600	1000 – 1750-
Zn	EPA 6010C	1295	3000	2500 – 4000
Pb	EPA 6010C	199,4	800	750 – 1200
Hg	EPA 6010C	< 1,0	16	16 – 25

Таблица 3. Микробиологични изследвания на прясна необработена утайка от ПСОВ Пловдив
Table 3. Microbiological tests of fresh untreated sewage sludge of WWPT Plovdiv

Показатели		Единица мярка	Стойност на показателя	Изисквания
1.	Патогенни чревни бактерии <i>Salmonella</i> sp.	Присъствие/отсъствие в 20 g	Отсъствие	Не се допуска в 20 g
2.	Колиформи	Титър в 1 g	в 0,001 g	-
3.	<i>Escherihia coli</i> титър	Титър в 1 g	в 0,001 g	Над 1 g
4.	Ентерококи	Титър в 1 g	в 0,001 g	-
5.	<i>Clostridium perfringens</i>	Титър в 1 g	в 0,001 g	Над 1 g
6.	Жизнеспособни яйца на хелминти и протозои	1 на 1 kg (сухо в-во)	Не се откриват яйца на хелминти и протозои	Не се откриват

Таблица 4. Микробиологични изследвания за съдържание на *Cl. perfringens* в утайки от ПСОВ Пловдив, третиран с негасена вар след 2, 22, 31 и 51 дена от залагане на експеримента, изразени в титър на 1 g

Table 4. Microbiological tests for content of *Cl. perfringens* in sewage sludge of WWPT Plovdiv treated with quicklime after 2, 22, 31 and 51 days of betting of the experiment expressed in titer of 1 g

Показатели	pH (в H ₂ O)	Стойност на показателя след 2 дена	Стойност на показателя след 22 дена	Стойност на показателя след 31 ден	Стойност на показателя след 51 ден	Наредба 112/2004
Утайка, третирана с 15% фина негасена вар	11,9	-	-	-	в 0,01 g	Над 1 g
Утайка, третирана с 20% фина негасена вар	12,1	в 0,01 g	в 1 g	В 1 g	Над 1 g	Над 1 g
Утайка, третирана с 30% фина негасена вар	12,2	в 0,01 g	Над 1 g	Над g	Над 1 g	Над 1 g
Утайка, третирана с 20% по-едра вар (0 - 5 mm)	12,1	в 0,1 g	в 1 g	Над 1 g	Над 1 g	Над 1 g
Утайка третирана с 30%по-едра вар (0 - 5 mm)	12,2	в 0,01 g	в 1 g	Над 1 g	Над 1 g	Над 1 g

ризира се с висока токсичност. Повечето съединения са малко или неразтворими във вода. Прясната утайка е изследвана за съдържание на устойчиви органични замърсители – сума ПАВ е 0,99130 mg/kg и сума ПХБ е < 0,0001 mg/kg към сухо вещество. Получените сумарни стойности са под ПДК, посочени в законодателството и не представляват ограничаващ фактор при оползотворяване в практиката.

– Замърсяване с токсични компоненти и болестотворни микроорганизми

Изследваните показатели дават възможност за изясняване на замърсяване на утайките с микроорганизми – санитарно-показателни (колиформи, Ешерихия коли, ентерококи, сул-

фитредуциращи клостридии) и патогенни (р. Салмонела) и установяване тяхното поведение, т. е. процесите на самоочистване. От резултатите се установява, че в пресните утайки от ПСОВ Пловдив (табл. 3) се съдържат колиформи, *E. coli* и *Clostridium perfringens* в стойности над ПДК. Тази характеристика ограничава използването на утайките в практиката. *Salmonella enterica* не е изолирана от изследваната от нас утайка от ПСОВ Пловдив, но се съдържат *E. coli* и *Clostridium perfringens* в количества, над ПДК. От утайката се изолира и *Enterococcus* ssp. Микроорганизмите от тези групи могат да доведат до инфекции при животни и хора и не трябва да се внася в почва-

та без предварително аеробна или анаеробна обработка (табл. 3).

Резултати от изследванията на свежа утайка, получена от лентовите филтърпреси на ПСОВ в Пловдив, третирана с негасена вар

Резултатите от първото отчитане са представени на табл. 4. От данните се вижда, че при третиране с 20% фина негасена вар се унищожават представителите на *Clostridium perfringens* и утайката отговаря на изискванията на Наредбата за използване на утайките по този показател. Същото се наблюдава и при третиране с 30% по-едра фракция негасена вар. При останалите варианти не са достигнати стойностите на ПДК. Дори и на втория ден се поддържа високо рН, което спомага за обеззаразяването. Именно алкалната реакция на средата е тази, при която, жизнената дейност на колиформите, вкл. Е. коли и патогенните чревни бактерии, се преустановява. Устояват тези микроби, които са трудноатакуеми поради строежа на клетъчната си обвивка и състоянието, в което се намират (спорите на сулфитредуциращите клостридии) и тези, които добре растат при алкални стойности на рН (ентерококите). От значение е и съдържанието на влага в утайките, която спомага за по-пълна реакция на СаО. На 22 ден (530 часа) след залагане на експериментите втори път са анализирани вариантите с участие на 20% и 30% фина и по-едра фракция негасена вар. От резултатите се установява, че се наблюдава унищожаване на *Clostridium perfringens* само при варианта с утайка, третирана с 30% фина негасена вар.

Следователно едрината на негасената вар също оказва различно въздействие върху развитието на микроорганизмите – по-едрата фракция по-трудно реагира и хомогенизира с утайката, поради което е необходимо използването на по-висока норма (30%). Доброто хомогенизиране на сместа е от съществено значение. Третото отчитане е извършено 31 дена след третирането на утайките. Установи се, че е настъпило унищожаване на *C.*

perfringens при всички изследвани варианти. Последното отчитане на изследваните варианти е извършено 51 дена след залагане на експеримента. Целта беше да се проследи дали са останали някои спори и отново да се е повишило съдържанието на изследваната *Clostridium perfringens*. Анализирани са и вариантите на третирана утайка с 15% негасена вар, при който се установи, че третирането с 15% вар е недостатъчно за унищожаване на клостридиите (табл. 4). В определените от нас варианти на третирана утайка с 20% фина негасена вар отново не се отчита наличие на *Clostridium perfringens*.

Химични и агрохимични изследвания на най-ефективните варианти утайки, третирани с негасена вар

Извършено е агрохимично и химическо изследване на утайки, третирани с 20% фина негасена вар за установяване настъпилите промени в съдържанието на основните хранителни елементи и тежки метали, необходимо за определяне качеството на утайките след третирането с вар и възможностите за оползотворяване в практиката (табл. 1). От таблицата се вижда, че реакцията на средата се повишава в резултат на варуването. Наблюдава се значително увеличение на сухото вещество и съдържанието на калций, и слабо намаление в стойностите на усвоимите хранителни елементи – фосфор и калий, поради образуването на по-трудноразтворими съединения на елементите с калция. Общите и подвижни количества азот намаляват поради настъпили азотни загуби през периода на престояване. Стойностите на тежки метали са под ПДК и не представляват ограничаващ фактор при използване на утайките в практиката.

Важна роля за обеззаразяване има алкалната реакция на третираните с вар субстрати. Разликите в рН при субстратите с различни крайни концентрации на негасена вар са много малки и следователно не трябва да се прилага по-висока концентрация от 20%.

Заклучение

Изследваните пресни утайки от ПСОВ Пловдив представляват биомаса, богата на макро- и микроелементи. Съдържанието на тежките метали и органични замърсители е под ПДК. От проведеното изследване се установи, че най-перспективно е третирането с 20% фина негасена

на вар от сухото вещество на утайките. За 31 дена след смесването на утайките с фина негасена вар, във всички тествани концентрации се унищожава *Clostridium perfringens* и утайката става годна за реализиране в практиката. От химичната и агрохимична характеристика на изследвания най-ефективен вариант – третиране с 20% фина негасена вар се установява, че въпреки намаляването на органичния въглерод и общия азот, утайките могат да се използват в практиката като почвен подобрител.

Литература

Маринова, С. 2008. Утайки от пречиствателни станции за отпадъчни води и правила за тяхното оползотворяване. *ПъблишСайСет-Еко*, София, 123 стр.

Маринова, С. 2002. Агроекологична оценка на утайките от ПСОВ и основни подходи при използването им в земеделието. Дисертация. София.

Маринова, С. 2001. Съдържание на органични замърсители в утайки от ПСОВ. *Почвознание агрохимия и екология*, № 1-3, 74-75

Марков, Е., С. Маринова, Л. Чипилска. 1999. Агрохимична и екологична оценка на утайки и компост от пречиствателни станции за отпадъчни води. *Почвознание агрохимия и екология*, № 4-5, 38-40

Наредба за реда и начина за оползотворяване на утайки от пречистването на отпадъчни води чрез употребата им в земеделието, приета с ПМС

Благодарности.

Колективът изказва благодарност за финансовата подкрепа на Договор N ДФНИ-Е01/3 2012 г. от Фонд „Научни изследвания“ към МОН.

№ 339 от 2004 г. (Обн., ДВ, бр. 29 от 08.04.2011 г., изм. ДВ, бр. 29 от 08.04.2011 г.

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. and Chuldyan, H. 1999. Estimation the Effect of the Sludge from Waste Water Treatment Station over the leached Smolniza and degraded Chernozem. EXTENDED ABSTRACTS, Soil with Mediterranean Type of Climate, 6th International Meeting, Barcelona, 4-9 July, 1999, p. 286-288

McGrath, S. P., A. M. Chaudr and K E. Giller. 1995. Long-term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. *Journal of Industrial Microbiology*, 14, 94-104