

**ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ  
НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН ОСОТА ПОЛЕВОГО  
И ПОДОРОЖНИКА ЛАНЦЕТОЛИСТНОГО**

**А.А. Регилевич<sup>1</sup>, В.А. Сатншур<sup>2</sup>, А.Г. Вакульчик<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> – УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

<sup>2</sup> – ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»,  
г. Брест, Республика Беларусь

<sup>3</sup> – СПК «Осиповичи»,  
д. Осиповичи, Республика Беларусь

*(Поступила в редакцию 24.06.2014 г.)*

**Аннотация.** *Лабораторными исследованиями выявлены закономерности потери жизнеспособности семенами осота полевого и подорожника ланцетного в зависимости от времени анаэробного сбраживания в биогазовой установке. Установлено, что полная гибель семян: осота полевого наступила на 27 сутки, подорожника ланцетолистного на 28 сутки их анаэробного сбраживания в биогазовой установке.*

**Summary.** *The regularities of viability loss revealed by *Sonchus arvensis* and *Plantago lanceolata* in dependence of period of anaerobic fermentation in biogas plant are investigated in laboratory studies. It was found that the total destruction of seed: *Sonchus arvensis* had come on the 27th day, *Plantago lanceolata* on the 28th day of their anaerobic fermentation in biogas plant.*

**Введение.** Один из важнейших элементов систем земледелия – борьба с сорняками. Сорняки – это растения, засоряющие сельскохозяйственные угодья и наносящие вред сельскохозяйственным культурам. К сорным принадлежат растения, не культивируемые человеком, но исторически приспособившиеся к условиям возделывания культурных растений, растущих вместе с ними и наносящие вред посевам. В процессе эволюции некоторые сорняки настолько приспособились к условиям жизни культурных растений, что существуют как спутники последних и произрастают совместно. Такие сорняки называются специализированными. Они засоряют посевы только определенных культур.

Сорняки отличаются большой устойчивостью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям. Приспосабливаясь к жизни культурных растений, они вырабатывают аналогичные им свойства высокоорганизованных растений, обладают высокой экологической пластичностью. Жизнеспособные семена сорных растений содержатся практически во всех видах органических удобрений. Внесение

некачественных органических удобрений на поля может привести к увеличению численности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Семена сорных растений, заделанные в почву с органическими удобрениями, оказываются в оптимальных условиях питания, что обеспечивает им мощное развитие, повышенную конкурентоспособность по отношению к культурным растениям и высокую семенную продуктивность.

Присутствие в органических удобрениях большого запаса жизнеспособных семян сорных растений значительно снижает эффективность вносимых удобрений. Литературные данные указывают, что покой семян определяется анатомическим строением их оболочек. Покой семян может быть нарушен скарификацией, световыми, температурными и иными факторами. Хорошим способом подавления активности семян сорных растений, находящихся в навозе, является анаэробная (биогазовая) обработка навоза [1].

В 2008 г. одним из первых в Беларуси введен в эксплуатацию биогазовый энергетический комплекс, работающий на свином навозе в РУСП «Селекционно-гибридный центр «Западный» Брестского района мощностью 0,52 МВт [5, 6, 7].

В том же году заработала биогазовая установка в РУП «Племптицезавод «Белорусский» Минского района мощностью 0,34 МВт, работающая на птичьем помёте.

В декабре 2011 г. в г. Бресте запущена первая очередь мусороперерабатывающего завода с биогазовым энергетическим комплексом мощностью 2,0 МВт, работающим на осадке сточных вод.

В том же году введена в эксплуатацию биогазовая установка в СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района Минской области мощностью 2,0 МВт, работающая на отходах КРС и мясоубойного цеха. Одна биогазовая установка в республике работает на свалочном газе в Тростенце мощностью 2,0 МВт. Две биогазовые установки на Бобруйском заводе биотехнологий и Березинском спиртзаводе работают на сырье пищевой промышленности.

В ноябре 2012 г. закончено строительство биогазовой установки в СПК «Рассвет» Кировского района Могилёвской области мощностью 4,8 МВт, работающей на навозе, силосе, отходах тепличного комбината. Данная биогазовая установка является самой мощной в республике и второй по мощности в Европе.

Согласно принятой Программе строительства энергоисточников, работающих на биогазе на 2010-2015 гг. (с изменениями и дополнениями: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от

30.11.2011 №1622). предусмотрен ввод в эксплуатацию до 2015 г. 38 биогазовых установок мощностью 37,9 МВт.

На первой биогазовой установке в КСУП «СГЦ «Западный» образуется в год более 40 тыс. т ферментированных отходов. В биогазовой установке перерабатываются различные органические отходы. Время сбраживания органических отходов определяется выходом биогаза, а не качеством получаемых органических удобрений. В связи с присутствием в органических отходах, используемых при производстве биогаза, большого запаса жизнеспособных семян сорных растений, а также стимулирующим действием эфлюента (жидкого отхода биогазовой установки) на увеличение семенной продуктивности и конкурентоспособности сорных растений, наблюдается тенденция к расширению ареалов распространения и увеличения видового состава вредоносных сорных растений на территории СГЦ «Западный».

Для установления оптимальных режимов работы биогазовой установки, предотвращающих попадание жизнеспособных семян сорных растений в агроэкосистему и загрязнения прилегающих земель, нами проведены исследования влияния процессов анаэробной ферментации органических отходов в биогазовой установке на сохранение жизнеспособности семян сорных растений. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор с БРФФИ № Б13М-075 от 16.04.2013 г.) [5].

В отходах, перерабатываемых в биогазовой установке, нами обнаружены семена двадцати видов: пастушьей сумки, осота полевого, ромашки непахучей, горца шероховатого, подорожника большого, галингоги мелкоцветной, подорожника ланцетолистного, ярутки полевой, щавеля конского, одуванчика лекарственного, куриного проса, мака-самосейки, дремы белой, тысячелистника обыкновенного, пырея ползучего, мари белой, ширицы белой, череды трёхраздельной, лопуха большого, щавеля малого. В данной статье мы изложили результаты исследований с осотом полевым и подорожником ланцетолистным.

Осот полевой (желтый) – *Sonchus arvensis*, сем. Астровые. Стебель прямой, высотой 20-150 см. Листья очередные, голые, ланцетные, по краям перисто-надрезанные, стеблеобъемлющие, колочезубчатые. Цветки желтые, язычковые в корзинках. Главный корень сильно развит. Имеет боковые отверстия с большим количеством почек. Плод семянка с легко опадающей летучкой из длинных серебристых волосков, продолговато-овальная, почти плоская, с 5-6 продольными ребрышками с каждой стороны на усеченной верхушке с кольцевым валиком. Поверхность матовая, с поперечноморщинистыми ребрами. окраска от светло-коричневой до темно-бурой. Длина 2,5-3,5 мм, ши-

рина 0,7-1,2 мм. Масса 1000 семян 0,4-0,6 г. У всходов семядоли обратнойцевидные, на верхушке усеченные. Первый лист овально-обратно-йцевидный, на верхушке тупой, на узкокрылом черешке, по краю с мелкими острыми зубчиками. Второй лист большого размера, зубчики направлены к основанию. Всходы нежно-зеленые с сизоватым оттенком. Плодоносит в июле-октябре. Максимальная плодovitость до 30000 семян, которые всходят с глубины до 8-12 см, сохраняют всхожесть до 5 лет. Засоряет все культуры.

Подорожник ланцетолистный – *Plantago lanceolata*, сем. Подорожниковые. Стебель прямой, густо опушен прижатыми волосками, высота 10-60 см. Листья очередные, широколанцетные или ланцетные, мелкозубчатые, опушенные. Цветки светло-буроватые, в густых короткоцилиндрических колосьях. Корень утолщено-стержневой. Плод коробочка с двумя односемянными гнездами. Семена удлинненно-эллиптические, с наружной стороны полукруглые, с внутренней продольно-желобчато-вдавленные. Семенной рубчик расположен внутри желобка, светлый, беловатый. Окраска семян различная: светлорычневая, темно-рычневая до темно-рычневой. Длина семян 2,25-3,25 мм, ширина 1,2-1,5 мм, толщина 0,5-0,75 мм. Масса 1000 семян 0,8-1 г. Семядоли линейные. Листья длиной 30-40 мм, шириной 2-4 мм, продолговато-линейные или линейные, по краю неравноволнистые, покрытые волосками. Гипокотиль утолщено-конический. Плодоносит в июле-сентябре. Максимальная плодovitость 48000 семян. Прорастают семена с глубины не более 6-7 см. Растет на полях и пастбищах. Засоряет многолетние травы. Растение ядовитое.

**Цель работы** – установить влияние времени анаэробного сбраживания семян осота полевого и подорожника ланцетолистного в биогазовой установке на изменение их жизнеспособности.

**Материалы и методика исследований.** Для установления закономерностей потери жизнеспособности семян сорняков в зависимости от времени и условий анаэробного сбраживания нами проведено сбраживание помещенных в тканевые мешочки семян с органическими отходами в лабораторной биогазовой установке (рисунок 1).

Сбраживание семян проводили при температуре 30-35°C в течение 6, 12, 18, 24 дней. Температуру выдерживали путем помещения биогазовой установки в термостат. Для определения жизнеспособности семян сорных растений они высевались на фильтровальную бумагу в растильнях, заполненных на 2/3 водой. Высевались семена сорных растений как не обработанные в биогазовой установке, так и семена, которые прошли сбраживание в биогазовой установке.



Рисунок 1 – Лабораторная биогазовая установка

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анаэробное сбраживание семян осота полевого и подорожника ланцетолистного в лабораторной биогазовой установке при температуре 30-35<sup>o</sup>С оказало достоверное влияние на изменение жизнеспособности семян в зависимости от времени экспозиции (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние длительности анаэробного сбраживания в биогазовой установке на жизнеспособность семян сорняков. %

Вид сорняка	Экспозиция, сутки				
	0	6	12	18	24
Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> )	66	74	54	28	0
Подорожник ланцетолистный ( <i>Plantago lanceolata</i> )	86	90	78	34	0

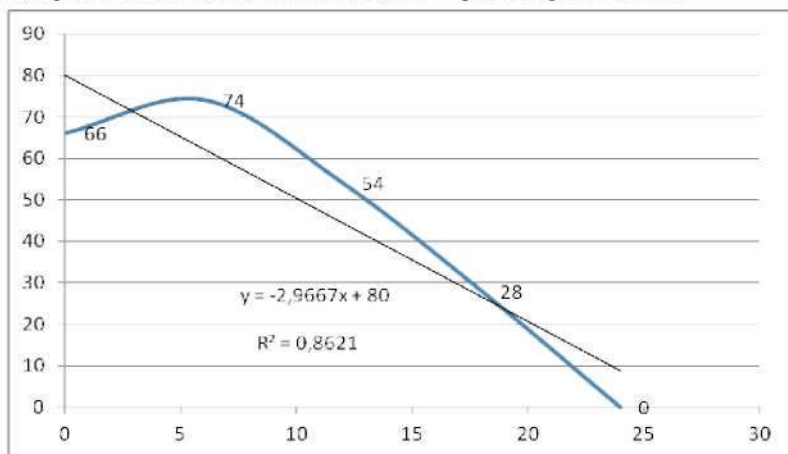
Так, при обработке семян осота полевого и подорожника ланцетолистного в лабораторной биогазовой установке в течение шести суток увеличивалась жизнеспособность семян соответственно на 8% и 4%, по сравнению с необработанными семенами. Это объясняется проведением анаэробного сбраживания к прорастанию даже залежалых семян сорняков.

При более длительной экспозиции семян осота полевого и подорожника ланцетолистного в биогазовой установке в течение двенадцати и восемнадцати суток происходило снижение всхожести соответственно до 28% и 34%. В результате сбраживания в течение двадцати четырех суток семена осота полевого и подорожника ланцетолистного полностью теряли свою всхожесть.

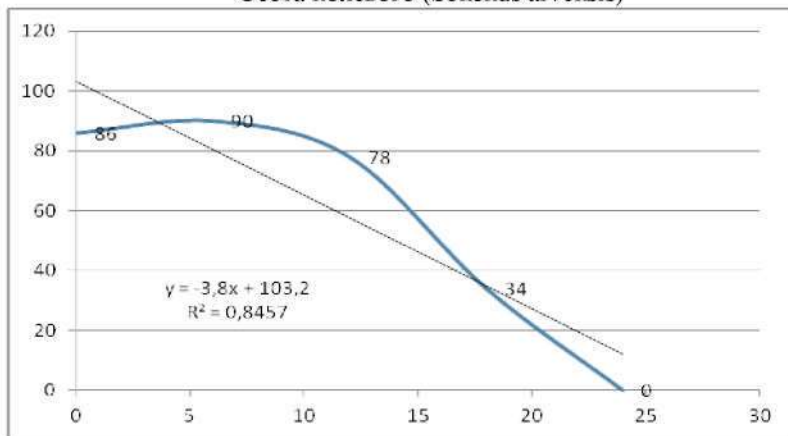
На основании полученных экспериментальных данных анаэробного сбраживания семян, была установлена трендовая зависимость жизнеспособности семян сорных растений от продолжительности их пребывания в биогазовой установке (рисунок 2).

Получены уравнения регрессии, отражающие зависимость жизнеспособности семян сорняков от времени анаэробного сбраживания:

$y = -2,9667x + 80$  – для семян осота полевого,  $y = -3,8x + 103,2$  – для семян подорожника ланцетолистного, где  $x$  – время сбраживания.



Осота полевого (*Sonchus arvensis*)



Подорожника ланцетолистного (*Plantago lanceolata*)

Рисунок 2 – Зависимость жизнеспособности семян от времени анаэробного сбраживания

Нами произведен расчет коэффициента достоверности аппроксимации ( $R^2$ ), который показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным. Его значение может лежать в диапазоне от 0 до 1, чем ближе  $R^2$  к 1, тем точнее модель описывает имеющиеся данные. При анаэробном сбраживании семян сорняков в биогазовой установке коэффициент достоверности аппроксимации составил: для осота

полевого  $R^2=0,8621$ , для подорожника ланцетолистного  $R^2=0,8457$ . Полученные коэффициенты подтверждают то, что увеличение времени сбраживания достоверно влияет на снижение жизнеспособности семян осота полевого и подорожника ланцетолистного.

На основании математических расчётов установлены следующие значения потери жизнеспособности семян осота полевого и подорожника ланцетолистного при их анаэробном сбраживании (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетная жизнеспособность семян сорняков в зависимости от длительности анаэробного сбраживания, %

Экспозиция, сутки	Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> )	Подорожник ланцетолистный ( <i>Plantago lanceolata</i> )
	$y=-2,9667x+80$	$y=-3,8x+103,2$
1	77,0	99,4
2	74,1	95,6
3	71,1	91,8
4	68,1	88,0
5	65,2	84,2
6	62,2	80,4
7	59,2	76,6
8	56,3	72,8
9	53,3	69,0
10	50,3	65,2
11	47,4	61,4
12	44,4	57,6
13	41,4	53,8
14	38,5	50,0
15	35,5	46,2
16	32,5	42,4
17	29,6	38,6
18	26,6	34,8
19	23,6	31,0
20	20,7	27,2
21	17,7	23,4
22	14,7	19,6
23	11,8	15,8
24	8,8	12,0
25	5,8	8,2
26	2,9	4,4
27	0	0,6
28	0	0

Установлено, что полная гибель семян осота полевого наступила на 27 сутки, подорожника ланцетолистного на 28 сутки их анаэробного сбраживания в биогазовой установке.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что время анаэробного сбраживания семян осота полевого и по-

дорожника ланцетолистного в биогазовой установке оказало достоверное влияние на снижение их жизнеспособности.

Получены уравнения регрессии описывающие закономерности потери жизнеспособности семенами сорняков в зависимости от длительности анаэробного сбраживания в биогазовой установке: для семян осота полевого  $y = -2,9667x + 80$ , для семян подорожника ланцетолистного  $y = -3,8x + 103,2$ , где  $x$  – время сбраживания. Установлено, что полная гибель семян осота полевого наступила на 27 сутки, подорожника ланцетолистного на 28 сутки их анаэробного сбраживания в биогазовой установке.

На основании вышеизложенного необходимо подчеркнуть, что для получения качественных органических удобрений и предупреждения попадания жизнеспособных семян сорных растений при их последующем применении на поля, необходимо обеспечить анаэробное сбраживание органических отходов, содержащих семена осота полевого, в биогазовой установке при температуре 30-35<sup>0</sup>С в течение не менее 27 суток, и не менее 28 суток, содержащие семена подорожника ланцетолистного.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Органические удобрения: Монография / УО «Полесский государственный университет». – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Казакова, В. Про биогаз в который раз / В. Казакова // Белорусская думка. – 2007. – №11. – 76–78 с.
3. Ключков, А.В. Биоэнергетика в структуре сельского хозяйства / А.В. Ключков, Д.В. Кацер. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – 48 с.
4. Кобяк, О. Экономично и экологично / О. Кобяк // Беларуская думка. – 2008. – №1. – 102–103 с.
5. Лиштван, И.И. Энергосберегающая технология производства биоудобрений на основе отходов биогазовых установок крупных животноводческих комплексов / И.И. Лиштван, В.А. Сатишур, Н.В. Михальчук // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 4. – 27–31 с.