

### Література

1. Закон України Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій від 14.09.2006 № 143-V [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/143-16>.
2. Эрентраут А. А. Проблемы и перспективы участия России в международном технологическом трансфере. – 2012. – №5. – С. 268-270.
3. Фролова З.В., Логутова Т.Г. Развитие трансфера технологий в области технико- и финансовоемких производств Украины. // Актуальні проблеми економіки №2 (116) – 2011.
4. Технологии экологического развития. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.hse.ru/org/hse/tp/eco\\_devel](http://www.hse.ru/org/hse/tp/eco_devel).
5. Структура управления Технологической платформы [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://ige.rshu.ru/content/techplatform/structure\\_management](http://ige.rshu.ru/content/techplatform/structure_management).
6. Федулова Л. І Технологічні платформи як механізм інтеграції освіти, науки та виробництва // Наукові праці. Економіка. Правознавство. – 2011 – Випуск 149. Том 161. – С. 81-86.

УДК 504:(054+056)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМОГО УГЛЕРОДА В ПИЩЕВЫХ ОТХОДАХ УКРАИНЫ В ГОРОДЕ БОРИСПОЛЬ

Шмарин Сергей Львович

Аспирант, Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», г. Киев, 03056,  
ул. Борщаговская, 115, корпус 22, [sls@nci.org.ua](mailto:sls@nci.org.ua)

Исследован состав пищевых отходов, образываемых в г. Борисполь Киевской области. Проведены лабораторные исследования по определению влаги и содержания биоразлагаемого углерода в двенадцати компонентах пищевых отходов: картофель, овощи (не включая картофель), фрукты, мясо, рыба, мучное, молочное, кости, яичная скорлупа, жиры, крупы и прочее. Выполнена оценка содержания биоразлагаемого углерода в пищевых отходах, а также доли отдельных компонентов пищевой продукции, которая поддается захоронению на полигонах и свалках твердых бытовых отходов в Украине. **Ключевые слова:** пищевые отходы, парниковые газы, биоразлагаемый углерод.

Досліджено склад харчових відходів, що утворюються в м. Бориспіль Київської області. Проведено лабораторні дослідження з визначення вологості та вмісту біорозкладного вуглецю в дванадцяти компонентах харчових відходів: картопля, овочі (не включаючи картоплю), фрукти, м'ясо, риба, вироби з борошна, молочна продукція, кістки, яєчна шкарлупа, жири, крупи та інше. Виконано оцінку вмісту біорозкладного вуглецю у харчових відходах, а також частки окремих компонентів харчової продукції, що захоронюється на полігонах та звалищах твердих побутових відходів в Україні.

Composition of food waste generated in Boryspil city (Kyiv region) was investigated. Lab study on humidity and biodegradable carbon content in twelve food waste components was provided: potatoes, vegetables (excluding potatoes), fruit, meat, fish, flour and dairy products, bones, eggshells, fats, cereals and others. Biodegradable carbon content in food waste, as well as food components' share disposed at solid waste landfills in Ukraine was evaluated.

### Введение

Наиболее распространенным методом утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в Украине является их захоронение на полигонах. Так, по данным Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины 95,8 % собранных в 2014 году ТБО было утилизировано путем захоронения, что составляет более 10 млн т [1].

Твердые бытовые отходы содержат до 50-70 % биоразлагаемых компонентов [2], из которых более половины – пищевые отходы. При захоронении в анаэробной среде (толща полигона ТБО) биоразлагаемые компоненты являются источником выбросов свалочного биогаза, в состав которого входит 35-70 % метана, сильного парникового газа (ПГ), эффект глобального потепления от которого в 25 раз превышает влияние углекислого газа.

В соответствии с Национальным кадастром антропогенных выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине (Кадастр), выбросы метана от свалок ТБО, рассчитанные путем математического моделирования, существенны и составляют до 20 % от общего количества метана, выбрасываемого в Украине [3]. Однако, немногочисленные полевые исследования [4] показывают, что на практике скорость биоразложения и выбросы метана от захороняемых ТБО значительно ниже расчетных данных, в основе которых лежат физико-химические параметры биоразлагаемых компонентов, характерные для стран Западной Европы и Северной Америки.

Отечественные ученые объясняют расхождение между результатами полевых исследований и моделирования оценки выбросов ПГ от захоронения ТБО условиями эксплуатации полигонов ТБО в стране и отсутствием отдельного сбора опасных отходов. Их выводы основаны на немногочисленных исследованиях процессов газообразования на отдельных полигонах ТБО, результаты которых в последующем были сравнены с теоретическими моделями, разработанными в США и странах Евросоюза, адаптированными для условий Украины лишь частично.

Таким образом, условия захоронения ТБО и особенности их сбора в стране могут быть не единственной причиной выявленных учеными расхождений между практическими и теоретическими оценками выбросов метана с полигонов ТБО в Украине.

Данная публикация направлена на подробное изучение состава крупнейшей биоразлагаемой фракции ТБО –

пищевых отходов, а также содержания биоразлагаемого углерода (*DOC*) в ней как ключевого параметра образования метана от захоронения пищевых отходов.

### 1. Методика проведения исследований

Исследование содержания *DOC* в пищевых отходах проводилось в два этапа. На первом этапе были проведены полевые работы по определению подробного состава пищевых отходов, на втором – лабораторные исследования по определению влажности и содержания *DOC* в выделенных компонентах пищевых отходов.

Полевые исследования проводились на муниципальном полигоне ТБО г. Борисполь Киевской области с населением 57,5 тыс. человек. Из общего количества ТБО города 33 % образуются в административных и коммерческих учреждениях, остальные 67 % отходов – в жилом секторе, из которых – 50,1 % в жилых многоэтажных домах, а 49,9 % – в частном секторе [5].

*Состав пищевых отходов.* Опытные образцы пищевых отходов отбирались и рассортировывались непосредственно на муниципальном полигоне ТБО после предварительного отбора ресурсоценных компонентов на сортировочной линии.

С периодичностью один раз в месяц отдельно исследовались 3 потока ТБО: жилые многоэтажные дома, частный сектор и офисные помещения. Масса каждой единичной выборки пищевых отходов составляла 180-220 кг; соответственно, общая масса исследуемых образцов – 550-620 кг/мес.

Отбор проб проводился в период сентябрь-ноябрь 2012 г.

Пищевые отходы были разделены на 12 компонентов: картофель, овощи (не включая картофель), фрукты, мясо, рыба (включая ее мелкие кости), мучное, молочное, кости, скорлупа (яичная), жиры (растительные и животные), крупы, прочее.

Содержание каждого из компонентов в каждой пробе определялся как отношение их массы к массе образца:

$$B_{lx} = B_{mlx} / \sum_{l=1}^{12} B_{mlx} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $B_{lx}$  – содержание компонента  $l$  в составе пищевых отходов для выборки  $x$ , %;

$B_{mlx}$  – масса компонента  $l$  в составе пищевых отходов для выборки  $x$ , %;

$l = 1 \dots 12$ , - индекс компонента.

Среднее содержание компонентов определялось как среднее арифметическое для каждого из трех потоков ТБО с учетом объемов образования каждого из них:

$$B_l = \frac{B_{l1} \cdot M_1 + B_{l2} \cdot M_2 + B_{l3} \cdot M_3}{M_1 + M_2 + M_3}, \quad (2)$$

где  $B_l$  – общее содержание компонента  $l$  в составе пищевых отходов, %;

$B_{l1}$ ,  $B_{l2}$ ,  $B_{l3}$  - содержание компонента  $l$  для жилых многоэтажных домов, частного сектора и офисных помещений, %;

$M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  – доля образующихся ТБО для жилых многоэтажных домов, частного сектора и офисных помещений, в относительных единицах.

*DOC и влажность компонентов пищевых отходов.* Отбор проб для каждого из компонентов пищевых отходов проводился параллельно с замерами их содержания. Образцы гомогенизировались и помещались в емкости объемом 3 л. Каждый из них исследовался на соде-

ржание *DOC*, влаги и золы в Украинской лаборатории качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса. Содержание органического вещества по углероду определялось согласно ГОСТ 27980-88; влаги – ГОСТ 26713-85, золы – ГОСТ 26714-85.

Влажность и содержание *DOC* в компонентах пищевых отходов рассчитывались как среднее арифметическое каждого из анализов:

$$u_{w,c} = \frac{\sum_{i=1}^9 u_{li,w,c,i}}{9}, \quad (3)$$

где  $u_{w,c}$  – влажность и содержание *DOC* в компоненте  $l$  пищевых отходов, %;

$u_{li,w,c}$  – влажность и содержание *DOC* в компоненте  $l$  пищевых отходов в анализе  $i$ , %;

$i$  – номер анализа;

9 – количество анализов для каждого компонента  $l$ ;

Средняя влажность и содержание *DOC* для пищевых отходов рассчитывались как произведение соответствующих величин компонента на содержание этого компонента:

$$U_{w,c} = u_{w,c} \cdot B_l, \quad (4)$$

где  $U_{w,c}$  – соответственно общее содержание влаги и *DOC* в пищевых отходах, в %;

$B_l$  – общее содержание компонента  $l$  в составе пищевых отходов, %.

### 3. Результаты

*Состав пищевых отходов.* Результаты исследования состава пищевых отходов в г. Борисполе представлены на рис. 1, из которого выплывает, что наибольшее содержание отмечается для овощей – 31,0 %.

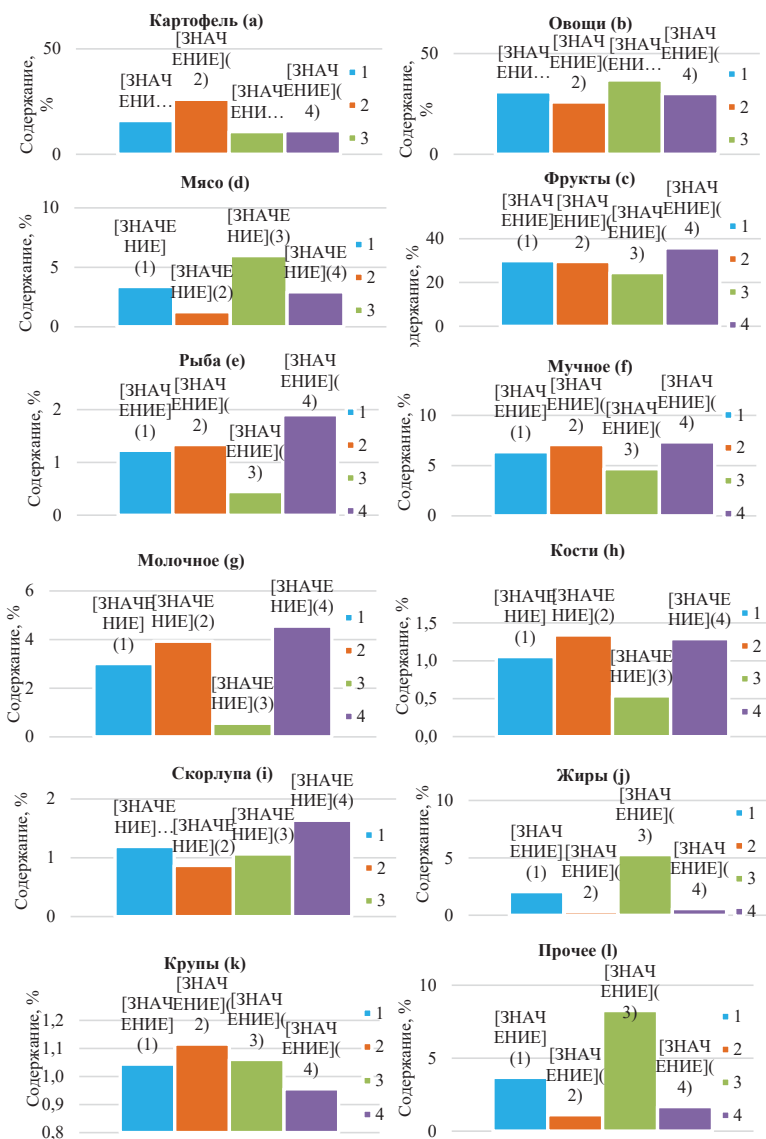


Рис. 1. Состав пищевых отходов в г. Борисполе, сентябрь-ноябрь 2012 г.

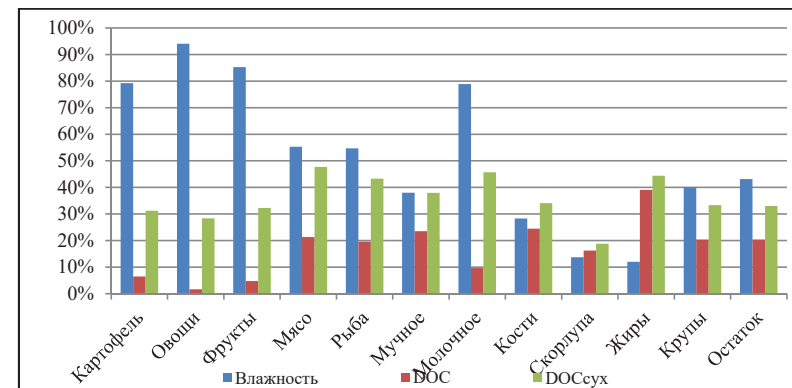


Рис. 2. Содержание DOC во влажном и сухом весе и влажность компонентов пищевых отходов в г. Борисполе

Следует отметить, что доля овощей сильно изменяется для различных потоков ТБО: от 36,9 % в частном секторе до 26,0% в жилых многоквартирных домах. Общее содержание картофеля составило 16,0 %, а наибольшее отмечается для жилых многоквартирных домов – 26,1 %. Третьим крупным компонентом в составе пищевых отходов являются фрукты – 30,0 %. Доля остальных компонентов незначительна и составляет 23,0 %, из них мучного – 6,4 %; мяса – 3,4 %; молочного – 3,0 %.

Содержание DOC и влажность компонентов пищевых отходов. На рис. 2 приведены результаты лабораторных исследований содержания DOC во влажном и сухом весе, а также влажности компонентов пищевых отходов.

Из рис. 2. Видно, что наибольшая влажность характерна для овощей, фруктов, картофеля и молочного – 94,1 %, 85,3 %, 79,3 % и 78,9 % соответственно. Для остальных компонентов влажность значительно ниже и варьирует в интервале 12,0%- 47,7 %. Содержание DOC во влажном весе изменяется в разы в зависимости от компонентов, что связано с

их влажностью. Так, содержание DOC в овощах, фруктах, картофеле и молочной продукции составляет 1,6 %, 4,7 %, 6,5 % и 9,6 % соответственно. Наибольшее значение DOC во влажном весе отмечается для жиров, костей и мучной продукции – 39,1 %, 24,4 % и 23,5 % соответственно. Колебания DOC в сухом весе изменяется значительно меньше, и за исключением скорлупы (18,8 %) значение данного показателя для компонентов пищевых отходов составляет 28,4%-47,7%. Общая влажность пищевых отходов с учетом содержания в них отдельных компонентов составила 77,5 %, содержание DOC во влажном и сухом весе – 7,9 % и 32,5 % соответственно. Суммарный вклад мяса, рыбы, мучного и жиров в содержание DOC во влажном весе составляет 41,2 % несмотря на их содержание в пищевых отходах в количестве всего 13,1 %, что объясняется высоким содержанием биоразлагаемого углерода и низкой влажностью в вышеупомянутых компонентах. Однако, суммарный вклад овощей, картофеля и фруктов в содержание DOC во влажном весе составляет 37,3 % несмотря на их

долю в составе пищевых отходов, равной 77,0 %.

#### 4. Сравнение полученных результатов с данными в других странах.

В Украине исследования состава пищевых отходов до 2012 г. не проводились, в СССР существовала практика исследования свойств ТБО на основании свойств так называемого «искусственного мусора», который учитывал ориентировочный состава пищевых

отходов [6,7]. В мировой практике известен ряд системных исследований состава пищевых отходов в странах Западной Европы и США, направленных на оценку возможных путей сокращения образования пищевых отходов в местах общественного питания, а также в жилых домах, результаты которых приведены в табл. 1. Влажность и DOC рассчитаны на основании результатов лабораторных исследований, представленных на рис. 2.

Таблица 1

Состав пищевых отходов в странах мира, в % по массе

Страна			Украина, (г. Борисполь)	Литва [8]	Финляндия [9]	СССР [6]	СССР [7]	Великобритания [10]	США [11]	Япония [12]			
Год			2012	2011	2012	1964	1990	2009	2005	2009			
№	Компонент	Составляющая											
1	Фрукты		30,0	19,3		5,0	7,0	17,1	16,0	24,8			
2	Овощи	Картофель	16,0	71,3	54,0	82,0	62,5	30,3	27,0	53,6			
		Овощи	31,0			3,0	12,0						
3	Мучное		6,4	4,3	14,0	6,0	1,6	13,2	В остатке	4,2			
4	Молочное		3,0	1,4	3,0	0,0	0,4	9,2			В остатке		
5	Мясо и рыба	Мясо	3,4	3,7	9,0	1,0	2,5	9,2	В остатке	11,0	2,2		
		Рыба	1,2			5,0	2,2					В остатке	2,7
6	Остальное	Кости	1,1	0	15,0	0,0	3,8	В остатке	В остатке	В остатке	В остатке		
		Крупы	1,0							20,0	4,0		
		Жиры	2,1							2,0	В остатке		
		Скорлупа	1,2							1,0	0,4	24,0	0,5
		Остаток	3,7							0,0	7,7	21,1	8,0
Общее содержание DOC в пищевых отходах*													
			7,9	5,2	12,2	7,8	8,5	12,0	13,7	7,4			
Влажность пищевых отходов*													
			77,5	84,7	67,2	76,1	74,7	68,0	62,4	78,3			

Из табл. 1 видно, что содержание DOC и влажность пищевых отходов в г. Борисполе сопоставимы с параметрами пищевых отходов СССР, но сильно отличаются от данных в странах Западной Европы и США. Такие расхождения вызваны большим содержанием овощей и фруктов, характерных высоким содержанием влаги, и меньшим содержанием мясной и рыбной продукции, продуктов с высоким содержанием DOC, по сравнению с США, Финляндией и Великобританией. Надо отметить, что значения DOC и влажности пищевых отходов в г. Борисполе также сопоставимы с данными в Японии. Сравнительный анализ показывает, что наибольшая влажность и наименьшее содержание DOC отмечаются для Литвы, что объясняется высоким содержанием овощей и фруктов в пищевых отходах в данной стране – суммарно более 90 %.

#### 5. Практическая ценность полученных результатов для проведения национальной инвентаризации выбросов парниковых газов в Украине

В рамках международных обязательств Украина как страна-участница Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) ежегодно проводит национальную инвентаризацию выбросов парниковых газов и предоставляет отчет о ее выполнении в Секретариат РКИК ООН – Кадастр.

Согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций парниковых газов Международной группы экспертов по изменению климата, 2006 (Руководство МГЭИК, 2006) содержание биоразлагаемого углерода

DOC в составе пищевых отходов, а также данные о пищевых отходах, которые не были съедены населением и были отправлены на полигоны ТБО – важная информация для оценки выбросов метана от захоронения ТБО и закиси азота при обращении с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

*Выбросы метана со свалок ТБО.* Выбросы метана от анаэробного разложения пищевых отходов в составе ТБО можно оценить потенциалом образования метана  $L_{no}$  – количеством метана, которое со временем образуется из исходного биоматериала по формуле 5:

$$L_{no} = DOC_j \cdot DOC_F \cdot F \cdot 16/12 \cdot MCF; (5)$$

где  $L_{no}$  – потенциал образования метана от пищевых отходов, т  $CH_4$ /т пищевых отходов;

DOC – содержание биоразлагаемого углерода в составе пищевых отходов т C/т пищевых отходов;

$DOC_F$  – доля углерода, принимающего участие в реакциях распада;

F – доля метана в свалочном газе;

16/12 – коэффициент пересчета углерода в метан;

MCF – фактор, учитывающий параметры захоронения ТБО.

В связи с тем, что до недавнего времени в Украине не существовало информации и содержания DOC в пищевых отходах в Кадастре при расчете выбросов метана от захоронения ТБО использовалось значение DOC по умолчанию, рекомендуемое в Руководстве МГЭИК, 2006 равное 15,0%, которое получено на основании исследований в странах Западной Европы и США,

В целом, согласно [13] типичными значениями DOC для пищевых отходов является диапазон 8,0-20,0%, при этом предполагается, что влажность

пищевых отходов составляет около 60,0 %. Однако, как показали исследования в г. Борисполе, содержание *DOC* в условиях Украины сильно отличается от данных в работе [13], и в 1,9 раз ниже значения *DOC* по умолчанию, используемого в Кадастре. Таким образом, использование значения *DOC*, равных 15,0 %, приводит к двукратной переоценке потенциала образования метана от захоронения пищевых отходов в составе ТБО. Причиной такой переоценки является значительно меньшее содержание *DOC* в пищевых отходах, образываемых в Украине (а также исторических данных СССР, табл. 1) как результат высокого содержания фруктов и овощей, характерных низким содержанием *DOC* и высокой влагоемкостью.

Кроме того, высокая влажность (более 75 %) и низкое содержание *DOC* могут быть одним из ключевых факторов, которые влияют на расхождения между теоретическими оценками и экспериментальными замерами объемов выбросов свалочного биогаза на полигонах ТБО, так как более низкое содержание *DOC* в пищевых отходах приводит к снижению потенциала образования метана, а повышенная влага ускоряет процессы биоразложения в «теле» полигонов.

*Выбросы закиси азота от обращения с хозяйственно-бытовыми сточными водами (ХБСВ).* Выбросы закиси азота от обращения с ХБСВ являются причиной разложения органических остатков от потребления продуктов питания населением и в Кадастре рассчитываются в соответствии с [13] по формулам 6-8:

$$Q_{N2O} = N_{СТОК} \cdot EF_{СТОК} \cdot 44/28; \quad (6)$$

где  $Q_{N2O}$  – выбросы закиси азота от обращения с ХБСВ, кг/год;

$N_{СТОК}$  – масса азота, который был сброшен в ХБСВ, кг N/год;

$EF_{СТОК}$  – коэффициент выбросов закиси при сбросе ХБСВ, кг  $N_2O$ -N/кг N;

44/28 – коэффициент преобразования из азота в закись азота.

$$N_{СТОК} = \sum_{l=1}^n (P_{вал_l} \cdot k_l \cdot F_{NON-CON_l}) \cdot F_{NPR}; \quad (7)$$

где  $P_{вал_l}$  – валовое потребление  $l$ -го вида продукта питания населением, кг/год;

$k_l$  – содержание протеина в  $l$ -ом виде продукта питания, в долях;

$F_{NON-CON_l}$  – коэффициент потери  $l$ -го вида продукта питания, в долях;

$F_{NPR}$  – доля азота в протеине, кг N/кг протеина.

В последнем опубликованном Кадастре выбросов ПГ коэффициент потери  $F_{NON-CON_l}$  был принят, равным нулю, так как на момент разработки отчета отсутствовали данные о количестве пищевых отходов, которые фактически не были потреблены населением, а были выброшены на свалки и полигоны ТБО. Данные, представленные в табл. 1, позволяют определить долю неиспользованной пищевой продукции и оценить ее как отношение общего количества размещенной пищевой продукции на свалках и полигонах ТБО (произведение доли содержания компонентов пищевых отходов на общее количество захороненных ТБО) к валовому потреблению пищевой продукции за год. Таким образом,  $F_{NON-CON_l}$  можно оценить по формуле 8:

$$F_{NON-CON_l} = V \cdot Q \cdot B_l / P_{вал_l} \cdot 10^3; \quad (8)$$

где  $V$  – масса захороненных ТБО в Украине, т/год;

$Q$  – содержание пищевых отходов в составе ТБО, в долях;

$B_l$  – содержание компонента  $l$  в составе пищевых отходов.

Количество захороненных ТБО (включая несанкционированно) в Украине за 2012 г. составило 13312,1 тыс. т [3], содержание пищевых отходов в составе ТБО равно 0,318 [3], валовое потребление в Украине за 2012 г. мяса и мясопродуктов составило 2,5 млн т, молочной продукции – 9,8 млн т, хле-

бной продукции – 5,0 млн т, картофеля – 6,4 млн т, прочих овощей – 7,5 млн т, рыбной продукции – 0,62 млн т.

Оценка доли пищевой продукции, которая не была использована в качестве еды населением в 2012 г., и в дальнейшем была захоронена на свалках и полигонах ТБО, проведена по ф. 8. Ее результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Захоронение пищевых отходов на свалках и полигонах ТБО в Украине в 2012 г.

Продукты питания	Валовое потребление	Захоронено на свалках и полигонах	Доля захороненных компонентов пищевых отходов от из валового потребления
	тыс. т	тыс. т	в % по массе
Мясо и мясопродукты	2478,0	188,5	7,6
Молоко и молочные продукты	9797,1	127,6	1,3
Хлебные продукты	4989,9	127,6	2,6
Картофель	6393,9	678,7	10,6
Овощи	7452,2	1313,6	17,6
Рыба и рыбные продукты	620,1	52,1	8,4

Полученные результаты показывают, что наименьшее количество выбрасываемых отходов характерно для молочной и хлебной продукции – 1,3 % и 2,6 % соответственно, доля выбрасываемых отходов для мясной продукции составляет 7,6 %, рыбной – 8,4 %, картофеля – 10,6 %, для овощей – 17,6 % (для плодов, ягод и винограда рекомендуется принимать значение доли захороненных отходов равной аналогичному значению для овощей).

### Выводы

Исследования состава пищевых отходов в г. Борисполе показывают, что для пищевых отходов в составе ТБО в Украине характерно высокое содержание компонентов с влажностью 75 % и

более: так, общая доля картофеля, овощей и фруктов составила 57,0 %. Отмечается также существенное содержание мучной продукции – 6,4 %, доля остальных компонентов невелика и составляет 3,4 % и менее.

Лабораторные исследования содержания биоразлагаемого углерода и влажности компонентов пищевых отходов в г. Борисполе показали, что содержание биоразлагаемого углерода в пищевых отходах равно 7,9 %, что соответствует данным литературных источников СССР, в 1,5 ниже аналогичных показателей стран Западной Европы и США, и в 1,9 раз ниже использованного значения в целях проведения национальной инвентаризации ПГ в Украине в рамках выполне-

ния обязательств в соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. Данные отличия объясняются спецификой состава пищевых отходов в Украине, а именно: высокой долей компонентов с влажностью более 75 % и низким содержанием высококалорийной продукции с наибольшим содержанием биоразлагаемого углерода – мясом и рыбой.

Показано, что одним из ключевых факторов более низкого метанообразования на полигонах ТБО страны в сравнении с результатами теоретических расчетов является низкое содержание биоразлагаемого углерода, характерного для пищевых отходов в Украине.

Установлено, что значительная часть приобретенных населением продуктов питания в дальнейшем выбрасывается на свалки и полигоны ТБО: от 1,3 % для молочной продукции и до 17,6 % для овощей.

Полученные результаты о содержании биоразлагаемого углерода в пищевых отходах, а также о доле неиспользованных и захороненных в дальнейшем пищевых отходов уместно использовать при подготовке ежегодного Национального кадастра антропогенных выбросов и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине в секторе «Отходы».

### Литература

1. Состояние сферы обращения с твердыми бытовыми отходами в Украине в 2014 году / Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины / Киев. – 2015. – [Режим доступа]: <http://old.minregion.gov.ua/zhkh/Blahoustriterytoriy/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2014-rik-452219/>
2. Шмарин С. Содержание биоразлагаемых компонентов в составе твердых бытовых отходов в Украине / Шмарин Сергей, Алексеев Иван, Филозоф Роман, Ремез Наталья, Денафас Гинтарас // Экология и промышленность. – 2014. – №1. – С. 73 – 77.
3. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2013 гг. [Электронный ресурс] / [В. Сливинская, В. Ляшенко, С. Шмарин и др.] // National Inventory Submissions 2015. – 2015. – 569 с. – Режим доступа: [https://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/8812.php](https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8812.php).
4. Пухнюк А. Моделирование газообразования на полигонах твердых бытовых отходов/ А. Пухнюк, Ю. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34. – № 7. – С. 108-122.
5. Второй промежуточный отчет о ходе выполнения международного научно-исследовательского проекта «Изучение сезонных колебаний состава твердых бытовых отходов в зависимости от социально-экономических индикаторов для моделирования систем управления» в Украине/ Ассоциация городов Украины, Киевское региональное отделение; Киев, - 2011. [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.auc.org.ua>.
6. Арзамасова З. Вопросы методики исследования свойств твердых отходов / З. Арзамасова, А. Кузьменкова, С. Шустрова // Санитарная очистка городов от твердых бытовых отходов. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 83-88.
7. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник / под. ред. А.Н. Мирного. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Стройиздат, 1990. – С. 81.
8. Denafas G. Seasonal Aspects of Municipal Solid Waste Generation and Composition in East-European Countries with Respect to Waste Management System Development [electronic resource]: proceedings of Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste / Denafas G., Zavaraukas K., Martuzevičius D., Vitkauskaitė L., Ludwig Ch., Hoffman M., Shmarin S., Mykhalenko V., Chusov A., Romanov M., Negulyaeva E., Lednova Y.,

- Turkadze Ts., Bochoidze I., Butskhrkidze B., Karagiannidis A., Antonopoulos J., Kriipsalu M and Horttanainen M, – Padova: IWWG, 2010. – 1 CD-disk (CD-ROM). – System requirements: Windows 2000 – NT/XP ; Min, resolution 800×600 ; Macromedia Flash Player for Mac Users. – Title from List of Papers.
9. Silvennoinen K. Food Waste Volume and Composition in the Finnish Supply Chain: Special Focus on Food Service Sector / Silvennoinen K., Katajajuuri J., Hartikainen H., Jalkanen L., Koivupuro H. and Reinikainen A. // Proceedings, Fourth International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Cini Foundation, Venice, Italy; 12 - 15 November 2012.
  10. The food we waste in Scotland (WRAP Project EVA077-001), Banbury, U.K.
  11. Cuellar A. Wastes food, wasted energy; the embedded energy in food waste / Cuellar A., Webber M. // Environ. Sci. Technol., – 2010. – P. 6464-6469.
  12. Komemoto K. Effect of temperature on VFA's and biogas production in anaerobic / Komemoto k., Lim Y., Nagao N., Onoue Y., Niwa C. and Toda T. // Waste Management, (29). – 2009. – P. 250-255.
  13. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: 5 Volumes / [TFI IPCC]; edited by H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe – Hayama: IGES, 2006. – Vol. 5: Waste / [R. Pipatti and S.M. Manso Vieira]; edited by D. Kruger, K. Parikh. – 2006. – ISBN 4887880324.