

2) Максимальный коэффициент восстановления формируется при использовании метода TOF совместно с PSF функцией.

3) По отношению к использованным методам реконструкции и сбора данных значительным преимуществом при формировании коэффициента восстановления при сокращении длительности исследований до 1 и 2 минут характеризуется метод TOF+PSF.

4) Минимальными значениями RC представлен метод VPHD.

5) На участках 4,5 минут не наблюдается значимой разницы в коэффициентах восстановления (в рамках клинической значимости)

В случае томографов, с детектирующей системой BGO, не поддерживающей времяпролетную технологию наиболее оптимальным методом для максимизации коэффициента восстановления будет использование итерационного алгоритма VPHD с PSF функцией.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проверки влияния прочих факторов (пост-фильтры, аксиальные фильтры, алгоритм QClear) на коэффициент восстановления.

Использование PSF функции и времяпролетной технологии позволяет значительно улучшить коэффициент восстановления изображений ПЭТ/КТ. Полученные результаты показывают, что PSF и TOF могут улучшить пространственное разрешение ПЭТ/КТ. Отмечается значительное проявление эффекта частичного объема в случае отсутствия включенной PSF функции. Подобные исследования необходимо проводить на каждом из томографов в рамках одного отделения для гармонизации диагностических протоколов и качественной интерпретации результатов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Srinivas, S. M., Dhurairaj, T., Basu, S., Bural, G., Surti, S., Alavi, A. A* // Recovery coefficient method for partial volume correction of PET images.// Ann Nucl Med. 2009;23:341–8.

2. *Miwa, K., Hayasaka, K., Umeda, T., Kojima, H.* // Partial volume corrected SUV for monitoring the response of non-Hodgkin lymphoma on 18FDG-PET/CT.// J Nucl Med. 2010;51:S2072.

3. Quantification, improvement, and harmonization of small lesion detection with state-of-the-art PET.//Van der Vos CS, Koopman D, Rijnsdorp S, Arends AJ, Boellaard R, van Dalen JA, Lubberink M, Willemsen ATM, Visser EP //Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Aug;44 (Suppl 1):4-16. doi: 10.1007/s00259-017-3727-z.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ PH СРЕДЫ НА РАДИАЦИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА ГЕКСАХЛОРАН ДУСТ STUDY OF MEDIA PH INFLUENCE ON RADIATION SUSTAINABILITY OF PESTICIDE PREPARATION HEXACHLORAN DUST ACTIVE SUBSTANCE

V. V. Ivakhno, A. Yu. Meleshko, L. P. Polyakova, T. V. Melnikova, A. A. Udalova
V. Ivakhno, A. Meleshko, L. Polyakova, T. Melnikova, A. Oudalova

Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

ivakhnyash@gmail.com,

*Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University “MEPhI”,
Obninsk, Russia*

В работе рассматривается воздействие электронного излучения на образцы пестицидного препарата гексахлоран дуст в диапазоне доз от 10 до 700 кГр. Изучаются обводненные образцы с нейтральной, а также щелочной реакцией среды. Результаты хроматографического анализа образцов пестицидного препарата показывают, что максимальная степень разложения (P,%) действующего вещества наблюдается при дозах 100 и 200 кГр. Увеличение дозы до 700 кГр не оказывает существенного влияния на величину P. Тем самым доказано, что исследования следует продолжить при воздействии электронного излучения в дозах до 200 кГр, а также используя вариации параметров среды.

The work considers the impact of electronic radiation on the samples of pesticide preparation hexachloran dust in the dose range from 10 to 700 kGy. Moisturized samples with neutral and alkaline reaction are studied. The results of chromatographic analysis of pesticide preparation samples show that the maximum decomposition degree (P,%) of the active substance is observed at doses of 100 and 200 kGy. Increasing the dose to 700 kGy does not have a significant effect on the value of P. Thus, it is proved that studies should be continued under the impact of electronic radiation in doses up to 200 kGy, as well as using variations of the medium parameters.

Ключевые слова: хлорорганические пестициды, гексахлоран dust, электронное излучение, изомеры ГХЦГ, степень разложения, утилизация пестицидов.

Keywords: organochlorine pesticides, hexachloran dust, electron radiation, HCH isomers, decomposition degree, utilization of pesticides.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-353-356>

Проблема загрязнения окружающей среды хлорорганическими пестицидами (далее – ХОП) обусловлена их широким производством и применением в России, а также странах СНГ во второй половине XX века. Самыми известными представителями данного класса пестицидов являются ДДТ и гексахлоран dust. В соответствии с положениями Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (далее – СОЗ), представляющих угрозу для здоровья человека и природной среды, производство и применение некоторых веществ было запрещено или ограничено. В список также вошли перечисленные ранее представители ХОП. Накопленные запасы пестицидов создают определенные риски при их долговременном ненадлежащем хранении. В связи с этим возникла необходимость поиска методов утилизации ХОП, одним из которых выступают радиационные технологии [1-4].

Из литературных источников о влиянии ионизирующего излучения на ХОП известно, что гамма-облучение изучено шире, чем электронное. Для гамма-облучения зарегистрированы высокие степени разложения вещества пестицидного препарата (изомеров гексахлорциклогексана (далее – ГХЦГ)) в щелочной и водных средах, оценено влияние фазового состава на эффективность деструкции веществ, показано отсутствие влияния наполнителя в процессе разложения ГХЦГ. Нами также рассматривались некоторые аспекты воздействия электронного излучения на действующее вещество пестицидного препарата [5].

Целью работы являлось изучение воздействия электронного излучения на устойчивость действующего вещества препарата гексахлоран dust в нейтральной и щелочной средах. В задачи работы входило определение степени разложения изомеров ГХЦГ в зависимости от поглощенной дозы электронного излучения.

Объектом исследования являлся отход пестицидного препарата гексахлоран dust. Исследовались обводненные образцы пестицидный препарат – дистиллированная вода 1 г : 1 мл (обозначение ДВ), а также пестицидный препарат – аммиачно-буферный раствор (рН=10,7) 1 г : 2 мл (обозначение ДБ). Ранее проводились исследования пестицидный препарат – аммиачно-буферный раствор 1 г : 10 мл.

В составе препарата присутствуют 8 изомеров ГХЦГ, наибольший процент из которых приходится на α -, β - и γ -изомеры. Наиболее значимым с эколого-токсикологической точки зрения является γ -изомер, обладающий наибольшей токсичностью и устойчивостью к факторам внешней среды.

Подготовленные образцы пестицидного препарата подвергались облучению ускоренными электронами на установке УЭЛР10-10С с максимальной энергией электронов 10 МэВ в лаборатории Инновационно-внедренческого центра радиационной стерилизации Уральского федерального университета (далее – ИВЦ РС УрФУ).

Облученные образцы были проанализированы на базе лаборатории «Экологический контроль объектов ядерного топливного цикла» ИАТЭ НИЯУ «МИФИ» на газовом хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000.2». Заданные параметры работы прибора:

- колонка кварцевая капиллярная типа Waxms 30м·0,32мм·0,5мкм;
- режим программирования температуры от 180 до 250°C (10°C/мин);
- температура детектора (ЭЗД – 63Ni): 250°C;
- температура испарителя: 230°C;
- объем пробы: 0,5 мкл;
- деление потока: 1:10.

Первым этапом работы являлась подготовка образцов к их облучению. Подготовлено 5 серий образцов ДВ и 8 серий образцов ДБ в трех повторностях в указанных ранее соотношениях с дистиллированной водой и буферным раствором соответственно, предназначенные для облучения. Аналогично подготовлены по три образца, которые не облучались.

На втором этапе выполнено облучение подготовленных образцов ускоренными электронами. Образцы ДВ подверглись радиационному воздействию в дозах (D) 10, 100, 200, 500, 700 кГр; ДБ – 10, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 кГр.

На третьем этапе работы проведено выделение изомеров ГХЦГ из облученной и исходной смесей посредством экстрагирования гексан-ацетоновым раствором с последующим просушиванием экстракта сернокислым натрием.

На четвертом этапе проведен инструментальный анализ образцов, получены значения концентраций изомеров ГХЦГ, которые были пересчитаны в процентные с использованием формулы:

$$C_{\%} = \frac{C_i \cdot V_i \cdot R}{m_i \cdot 1000 \cdot 10^6}$$

где: C_i – концентрация исследуемой пробы, выдаваемая прибором, мкг/мл;

V_i – объем экстракта пробы (100 мл);

R – разбавление исследуемой пробы, мкг/мл;

m_i – масса навески пробы, г.

В таблице представлены результаты проведенного хроматографического анализа с указанием процентных концентраций действующего вещества пестицидного препарата. Отсутствующие данные для образцов ДВ обозначены в таблице аббревиатурой НД (нет данных).

По полученным значениям величины процентной концентрации изомеров ГХЦГ была рассчитана степень разложения Р, %. Статистическая обработка данных проведена с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2016.

На рисунках 1-2 представлена графическая зависимость степени разложения Р,% от поглощенной дозы D, кГр электронного облучения.

Таблица – Концентрация изомеров ГХЦГ в исследуемых образцах до и после облучения

Образец	Пестицид	С%±ΔС								
		до	D, кГр							
			10	100	200	300	400	500	600	700
ДБ	α-ГХЦГ	7,1±1,4	4,1±0,7	3,4±0,5	2,1±1,4	3,8±0,0	3,5±0,5	4,0±0,4	6,1±2,6	4,3±1,3
	β-ГХЦГ	2,60±0,38	1,8±0,4	1,5±0,6	0,9±0,5	1,9±0,8	1,6±0,4	1,6±0,3	2,5±0,8	2,1±1,3
	γ-ГХЦГ	1,30±0,38	0,7±0,3	0,5±0,1	0,4±0,3	0,6±0,3	0,6±0,2	0,6±0,3	0,6±0,1	0,5±0,2
ДВ	α-ГХЦГ	6,9±2,1	3,9±0,9	3,2±0,5	3,1±0,5	НД	НД	5,0±0,6	НД	4,2±1,7
	β-ГХЦГ	2,40±0,66	1,5±0,4	1,3±0,4	1,3±0,3	НД	НД	1,9±0,4	НД	1,7±0,9
	γ-ГХЦГ	1,60±0,38	0,8±0,3	0,6±0,3	0,6±0,1	НД	НД	0,9±0,2	НД	0,7±0,3

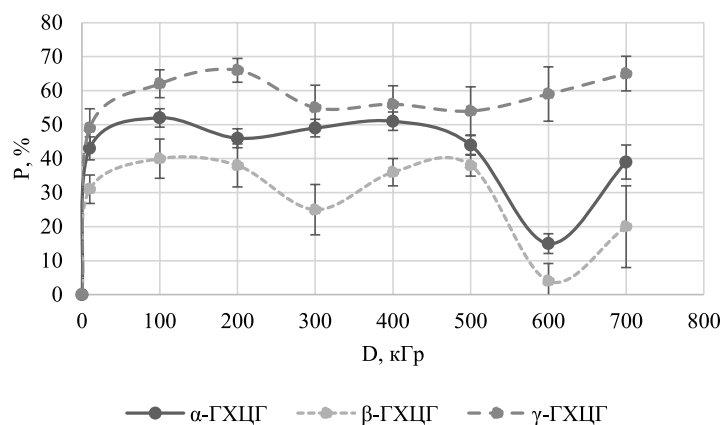


Рисунок 1 – Дозовая зависимость деструкции изомеров ГХЦГ в аммиачно-буферном растворе

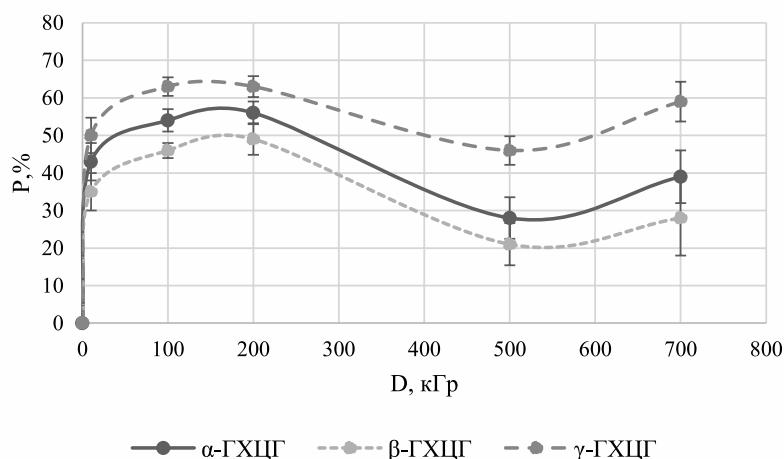


Рисунок 2 – Дозовая зависимость деструкции изомеров ГХЦГ в обводненном препарате с нейтральной реакцией среды

Как видно из рисунков 1-2, разложение действующего вещества пестицидного препарата в обоих случаях при воздействии электронного излучения начинается уже при дозе 10 кГр и составляет соответственно для образцов ДБ и ДВ следующие проценты: α-ГХЦГ – 43 и 43, β-ГХЦГ – 31 и 35, γ-ГХЦГ – 49 и 50. Однако, максимальная степень разложения изомеров наблюдается при дозе 100-200 кГр вне зависимости от реакции среды исследуемых образцов. Отсутствуют достоверные отличия для показателя степени разложения Р,% при повышении дозы

облучения, что позволяет предположить о существовании области доз D, в которых практически не наблюдается увеличение деструкции действующего вещества.

Исключение составляют полученные значения P,% в образцах ДБ для α - и β -изомеров при дозе 600 кГр, а также в образцах ДВ для всех изомеров при дозе 500 кГр, где наблюдается снижение степени разложения. Возможным объяснением возникшей ситуации может являться неточность при проведении электронного облучения образцов или же другие процессы химической природы, которые только предстоит изучить в последующих работах.

Максимально достигнутые значения показателя степени разложения P, % составили для случаев ДБ и ДВ: α -ГХЦГ – 52 и 56, β -ГХЦГ – 40 и 46, γ -ГХЦГ – 66 и 63.

На рисунке 3 представлены гистограммы с полученными максимальными значениями степени разложения P,% в среде с щелочной и нейтральной реакцией. Как видно, изомеры ГХЦГ одинаково эффективно разлагаются под действием радиационного фактора в двух рассмотренных средах. При изучении данных систем под воздействием гамма-излучения [4] было установлено незначительное увеличение степени разложения пестицидов в щелочной среде.

Таким образом, в результате выполнения работы было выявлено, что реакция среды не влияет на достижение максимальных значений степени разложения действующего вещества пестицидного препарата при электронном облучении. Наибольшие показатели P,% изомеров ГХЦГ наблюдаются в случае щелочной и нейтральной реакции среды при дозах 100-200 кГр и достигают 66%. Возможным объяснением полученных идентичных результатов может быть природа ионизирующего излучения. Однако, необходимо проведение повторных опытов, которые подтвердят полученные нами данные в ходе выполнения изложенной работы.

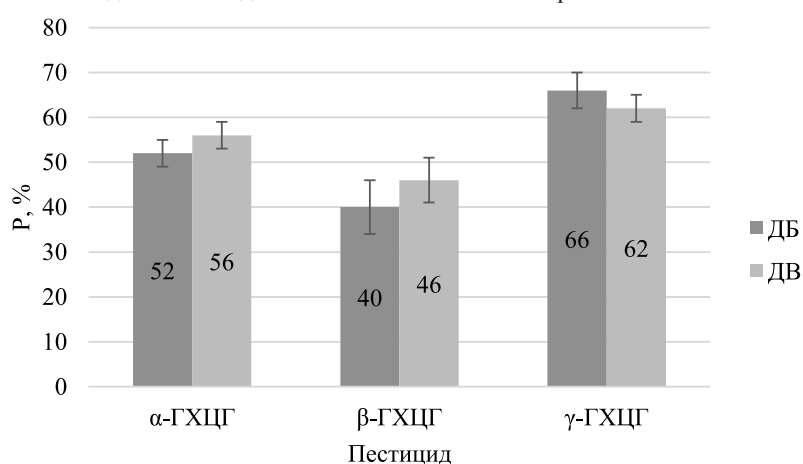


Рисунок 3 – Сравнение показателей степени разложения для щелочной и нейтральной реакции среды

В заключении необходимо отметить, что дальнейшие работы по исследованию устойчивости изомеров ГХЦГ в составе пестицидного препарата целесообразно проводить при дозах до 200 кГр вне зависимости от реакции среды, так как максимум P, % наблюдается при достижении D 100-200 кГр. При этом также следует отметить, что для повышения степени разложения действующего вещества в перспективе возможно изменение таких показателей, как температура, объем жидкости, добавляемой к препарату для активизации процесса радиолитического разложения, а также поддержание дисперсионной стойкости гетерогенной системы при ее облучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abadel, S. E. Degradation of some pesticides in aqueous solutions by electron beam and gamma radiation / S.E. Abadel, A.M. Dessouki, Y.H.H. Sokker // Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry. – 2001. – Vol. 250, №2 – P. 329–334.
2. Мельникова, Т. В. Исследование последствий радиационного воздействия на линдан и действующее вещество препарата «Гексахлоран дуст» / Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, Н.Н. Лукьянова // Ядерная энергетика. – 2017. – №1. – С. 107–115.
3. Полякова, Л. П. Методические аспекты радиационной обработки пестицидных препаратов в целях утилизации их отходов / Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова, Г.В. Козьмин // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2014 – №11. – 6 с.
4. Мельникова, Т. В. Изучение устойчивости хлорорганических соединений в составе пестицидного препарата под воздействием гамма-излучения / Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, Г.В.Козьмин, Ю.И. Никулкина, Ю.М. Глушков // Ядерная физика и инжиниринг– 2011. – Т.2, №4. – С. 370-374.
5. Полякова, Л. П. Исследование дозовой зависимости степени разложения действующего вещества в составе пестицидного препарата при облучении электронами. / Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова, А.В. Гордеев, Г.В. Козьмин // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Состояние и перспективы: сборник докладов междунар. науч.-практ. конф., Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 108-112.