

М. Ф. Заяц, С. М. Лещёв

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНСЕКТИЦИДА БИФЕНАЗАТА В ЯБЛОКАХ И ОГУРЦАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Аннотация. На основании констант распределения бифеназата, полученных экспериментально, а также рассчитанных по литературным данным по растворимости бифеназата в воде и органических растворителях и еще по экспериментальным данным по извлечению бифеназата из растительных матриц различными экстрагентами нами были подобраны оптимальные условия экстракции бифеназата из плодов яблони и огурца. Подобраны также условия очистки экстрактов. Для извлечения пестицида использовали ацетонитрил в присутствии сульфата аммония и гексана. Очистку экстрактов растительных материалов осуществляли распределением между гексаном и водно-ацетонитрильной смесью. В результате такой обработки получались достаточно чистые образцы, что позволило определять в них остаточные количества бифеназата на максимально допустимом уровне, установленном в Беларуси и странах Европейского союза, или ниже с помощью широко распространенной жидкостной хроматографии с диодно-матричным (ультрафиолетовым) детектированием.

Ключевые слова: жидкостная экстракция, бифеназат, методика пробоподготовки, жидкостная хроматография, яблоки, огурцы

Для цитирования. Заяц, М. Ф. Определение инсектицида бифеназата в яблоках и огурцах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / М. Ф. Заяц, С. М. Лещёв // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – 2019. – Т. 55, № 4. С. 422–428. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-4-422-428>

M. F. Zayats, S. M. Leschev

Belarusian State University, Minsk, Belarus

DETERMINATION OF THE BIFENAZATE INSECTICIDE IN APPLES AND CUCUMBERS BY HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Abstract. Based on the distribution constants of biphenazate, obtained experimentally and also calculated from literature data on the solubility of biphenazate in water and organic solvents, as well as experimental data on the extraction of biphenazate from plant matrices by various extractants, we selected the optimal conditions for extracting biphenazate from apples and cucumbers. The conditions for the purification of the extracts were also selected. Acetonitrile in the presence of ammonium sulfate and hexane was used for extraction of the pesticide. Purification of extracts of plant materials was carried out by partitioning between hexane and water-acetonitrile mixture. The samples obtained after this treatment were pure enough to determine the residual amounts of biphenazate in them at the maximum residue level determined in Belarus and the countries of the European Union, or lower using widespread liquid chromatography with diode-array (ultraviolet) detection.

Keywords: liquid extraction, biphenazate, sample preparation method, liquid chromatography, apples, cucumbers

For citation. Zayats M. F., Leschev S. M. Determination of the biphenazate insecticide in apples and cucumbers by high performance liquid chromatography. *Vesti Natsyonal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 422–428 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-4-422-428>

Введение. Одним из новых пестицидов, проходящим регистрационные испытания в Беларуси, является инсектицид Биомайт, КС (240 г/л бифеназата) фирмы Agri Sciences Ltd. (Турция). Ввиду отсутствия адаптированных в Беларуси методик определения остаточных количеств входящего в его состав бифеназата (рис. 1), необходимо было провести соответствующую процедуру. Бифеназат является умеренно гидрофобным, термически нестабильным веществом, разлагающимся до достижения температуры кипения [1]. В структуру бифеназата входит гидразиновая группа, которая легко окисляется в диазеновую (дииминовую) даже под воздействием кислорода воздуха. Поэтому перед хроматографическим анализом приходится восстанавливать бифеназат-диазен в бифеназат, например, 1 %-ным раствором аскорбиновой кислоты.

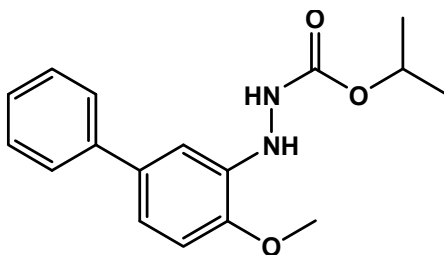


Рис. 1. Структурная формула бифеназата

Fig. 1. The structural formula of biphenazate

Обычно бифеназат определяют методом жидкостной хроматографии [2–5]. Отметим, однако, что предпринимались единичные попытки определять бифеназат методом газовой хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим детектированием в порошке красного перца [6]. Известен способ определения бифеназата методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с кулонометрическим детектированием [2]. Пробоподготовка заключалась в экстракции подкисленным уксусной кислотой водным раствором ацетонитрила, очистке распределением между дихлорметаном и водным раствором сульфата натрия, упариванием и растворением в подвижной фазе для ВЭЖХ с добавкой аскорбиновой кислоты. Метод характеризуется низким пределом обнаружения (0,01 мг/кг) и использовался для определения бифеназата в широком круге матриц. В то же время ВЭЖХ с кулонометрическим детектированием для определения остаточных количеств пестицидов в настоящее время практически не используется. Следовательно, такой метод нуждается в адаптации под наиболее распространенное в лабораторной практике оборудование.

Наиболее распространенным методом определения бифеназата является метод ВЭЖХ с тандемным масс-спектрометрическим детектированием [2–5]. Пробоподготовку обычно проводят по методу QuEChERS (EN 15662) [3], заключающемся в экстракции ацетонитрилом в присутствии сульфата магния, хлорида натрия, цитратов натрия и дисперсионной твердофазной очистке с использованием PSA сорбента (этилендиамин-*n*-пропил-силоксан). Перед хроматографическим анализом к образцу также добавляют аскорбиновую кислоту и выдерживают определенное время. Извлечение по такому методу составляет 71–114 %, предел обнаружения – 0,01 мг/кг. Ввиду дороговизны и недостаточной распространенности ВЭЖХ-МС/МС оборудования в Беларуси данный метод не может использоваться для рутинных определений остаточных количеств пестицидов и нуждается в адаптации для использования на более доступном оборудовании.

Известен также способ определения бифеназата в яблоках на широко распространенном и относительно дешевом оборудовании – ВЭЖХ с ультрафиолетовым детектором [7]. В то же время методика пробоподготовки весьма длительная и трудоемкая и включает экстракцию бифеназата из 20 г яблок 100 мл ацетонитрила, фильтрацию, добавление 10 г хлорида натрия и 1 мл 10 %-ного водного раствора аскорбиновой кислоты, выдерживание 10 мин, отделение водной фазы, добавление 50 мл гексана, встряхивание 2 мин, отделение нижнего водного слоя, фильтрацию через слой безводного сульфата натрия, промывку сульфата натрия, прибавление 2 мл 1 %-ного раствора полиэтиленгликоля 400 в ацетонитриле, упаривание досуха на ротационном вакуумном испарителе. Затем дополнительно проводят очистку экстракта, для чего его растворяют в 5 мл 0,1 %-ной аскорбиновой кислоты в дегазированной пропусканием газообразного гелия смеси ацетонитрил–вода–уксусная кислота = 600–400–5 (по объему), выдерживают 3 ч, прибавляют 50 мл 2 %-ного водного раствора сульфата натрия, перемешивают, экстрагируют бифеназат тремя порциями диэтилового эфира по 20 мл, экстракты объединяют, фильтруют через слой безводного сульфата натрия, прибавляют 1 мл 1 %-ного раствора полиэтиленгликоля 400 в ацетонитриле, упаривают досуха. После этого проводят очистку на концентрирующих патронах для твердофазной экстракции Диапак-амин (силикагель с привитой аминогруппой), для чего сухой остаток в колбе растворяют в 2 мл ацетона, прибавляют 8 мл гексана, перемешивают, вносят на патрон Диапак-амин, обмывают колбу смесью гексан–ацетон = 4–1 (по объему), наносят на патрон,

прибавляют 1 мл 1 %-ного раствора полиэтиленгликоля 400 в ацетонитриле и упаривают досуха. После этого сухой остаток растворяют в элюенте и анализируют методом ВЭЖХ. Таким образом, данная методика весьма трудоемкая и длительная. Причиной этому может служить низкая селективность извлечения бифеназата и низкой эффективности очистки экстрактов. Следовательно, данная методика нуждается в усовершенствовании.

Таким образом, разработка простой методики пробоподготовки яблок и огурцов для определения остаточных количеств бифеназата на доступном хроматографическом оборудовании представляется актуальной задачей.

Экспериментальная часть. Реактивы. Использовали аналитический стандарт бифеназата (Sigma–Aldrich, США) с содержанием основного вещества 99,7 %; ацетонитрил для градиентной ВЭЖХ; гексан, х. ч.; аммоний серноокислый, ч.д.а.; кислоту ортофосфорную, 85 %; кислоту аскорбиновую, х.ч., 99,5 %. Деионизированную воду получали с помощью системы подготовки воды Direct-Q 3 UV System (Millipore, США).

Оборудование. Хроматографический анализ проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе HP 1100 (Hewlett Packard) с диодно-матричным детектором и программным обеспечением HP ChemStation.

Условия хроматографирования. Хроматографическое разделение проводили на стальной колонке, длиной 15 см, внутренним диаметром 2,1 мм, заполненной фазой Kinetex® EVO C18 с размером частиц 2,6 мкм и размером пор 100 Å. Температура колонки – 35 °С; время анализа – 35 мин; скорость подачи элюента – 0,12 мл/мин.

Подвижная фаза №1 для ВЭЖХ: 0,01 М раствор фосфорной кислоты в деионизированной воде (тип 1). Подвижная фаза № 2 для ВЭЖХ: ацетонитрил, HPLC Gradient Grade.

Элюирование – градиентное изменение состава подвижной фазы: 0 мин – 40; 1 – 40; 13 – 70; 18 – 70; 18,1 – 100; 23 – 100; 23,1 – 40; 35 мин – 40 % подвижной фазы № 2. Рабочая длина волны – 266 нм; объем петли инжектора (объем вводимой пробы) – 20 мкл; время выхода бифеназата – 18,1–18,9 мин.

Идентификацию бифеназата проводили по сопоставлению времени удерживания пиков на хроматограмме с временем удерживания пиков стандартов. При данных условиях линейный диапазон детектирования бифеназата составлял 2,00–200 нг, что при объеме ввода пробы 20 мкл соответствует концентрации бифеназата в анализируемом растворе 0,100–10,0 мг/л. Коэффициенты детерминации градуировочных графиков R^2 были не менее 0,9999. Количественное определение проводили методом абсолютной калибровки.

Разработка методик пробоподготовки. Разработка методики пробоподготовки яблок и огурцов для определения остаточных количеств бифеназата заключалась в выборе условий экстракции для максимально полного и селективного извлечения пестицида из анализируемых матриц, а также в выборе условий очистки экстрактов от мешающих последующему хроматографическому анализу матричных компонентов.

Исходя из литературных данных по растворимости бифеназата в воде и органических растворителях [1, 3, 8], следует, что бифеназат является умеренно гидрофобным веществом (табл. 1).

Экстракция бифеназата. Из измельченных плодов огурца и яблок бифеназат успешно извлекали ацетонитрилом. Стоит отметить, что ввиду того что плоды огурца и яблок содержат большое количество воды, то при переходе воды из матрицы в ацетонитрил фактически экстрагентом выступала водно-ацетонитрильная смесь. При этом из-за различного содержания воды в матрицах и различия в природе матричных компонентов точное содержание воды в экстракте не было постоянным.

Для перехода к экстракционной системе с известным составом, для облегчения отделения ацетонитрильного экстракта от анализируемой матрицы, а также для отделения основной массы воды из экстракта с целью облегчения концентрирования упариванием на роторном вакуумном испарителе использовали свойство водно-ацетонитрильных смесей расслаиваться при добавлении таких неорганических солей, как хлорид натрия, сульфат аммония, гидрофосфат калия и др. [9, 10]. Данные экстракционные системы могут находить применение при определении фенолов, пестицидов и других веществ [9, 10].

Т а б л и ц а 1. **Некоторые физико-химические свойства бифеназата [1, 3, 8]**

Table 1. **Some physico-chemical properties of bifenazate [1, 3, 8]**

Свойство	Значение
Растворимость в воде, мг/л при 20 °С	2,06
Растворимость в органических растворителях, г/л при 20 °С	Ацетон – 210,7 Ацетонитрил – 96 Этилацетат – 102 Метанол – 44,7 Толуол – 24,7 Гексан – 0,23
Логарифм коэффициента распределения в системе <i>n</i> -октанол/вода ($\lg P_{ow}$) при 20 °С и pH 7	3,4
Температура плавления	122 °С
Температура кипения	Разлагается до кипения при 240 °С
Гидролитическая стабильность (DT ₅₀) при 25 °С	pH 4: 8,2 – 9,1 дней pH 5: 2,68 – 5,4 дней pH 7: 7,7 – 20 ч pH 9: 0,45 – 1,6 ч
Фотостабильность (DT ₅₀) при 25 °С	16,2 – 22 ч при pH 5

После встряхивания анализируемого образца с ацетонитрилом к полученной смеси добавляли сульфат аммония и гексан, который уменьшает растворимость в ацетонитриле воды и сульфата аммония, а также для отделения высокогидрофобных матричных компонентов. После экстракции и центрифугирования полученная система расслаивается на три жидких слоя: водно-солевой (над осадком анализируемой матрицы и нерастворившейся частью сульфата аммония), ацетонитрильный и гексановый. Для дальнейшей очистки отбирается аликвота среднего ацетонитрильного слоя.

На основании констант распределения *P*, определенных экспериментально или рассчитанных по растворимостям бифеназата в гексане, воде и ацетонитриле (табл. 2), видно, что для очистки ацетонитрильных экстрактов, полученных из растительного материала, может успешно использоваться экстракционная система гексан–20 %-ный водный раствор ацетонитрила (по объему). При этом бифеназат будет селективно извлекаться в гексан, а гидрофильные вещества останутся в водно-ацетонитрильной фазе.

Т а б л и ц а 2. **Логарифмы констант распределения бифеназата в экстракционных системах гексан–водные растворы ацетонитрила (АН) при 20 °С**

Table 2. **Logarithms of the distribution constants of biphenazate in extraction systems hexane–aqueous solutions of acetonitrile (АН) at 20 °С**

Вода	20 % АН	30 % АН	40 % АН	50 % АН	АН
2,0*	1,01	0,29	–0,37	–0,98	–2,6*

* Логарифмы констант распределения рассчитаны по растворимостям бифеназата в гексане, воде и ацетонитриле.

Таким образом, пробоподготовка анализируемых объектов заключалась в следующем.

Пробоподготовка яблок и огурцов при определении остаточных количеств бифеназата. Образец измельченных яблок (огурцов) массой 10 г помещали в центрифужную пробирку с завинчивающейся крышкой объемом 50 мл, прибавляли 10 мл ацетонитрила. Пробирку интенсивно встряхивали 2 мин. Далее в пробирку добавляли 7 г (NH₄)₂SO₄ и 3 мл гексана и еще встряхивали 2 мин. Пробирку центрифугировали в течение 5 мин при 3000 об./мин. Из среднего ацетонитрильного слоя отбирали аликвоту 5 мл, переносили в остродонную колбу на 50 мл, добавляли 20 мл воды, 25 мл гексана и интенсивно встряхивали 2 мин. Нижний слой отбрасывали, а верхний переносили в другую остродонную колбу на 50 мл и упаривали до ~0,5 мл на роторном вакуумном испарителе при температуре 40 °С, а затем выдували досуха в токе воздуха. В виду того

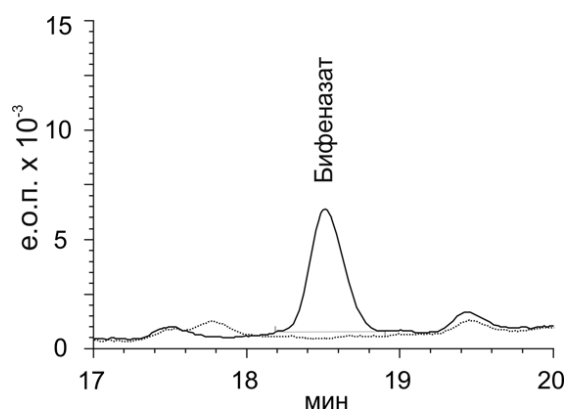


Рис. 2. Наложенные хроматограммы образцов яблок без добавки (пунктирная линия) и с добавкой 0,05 мг/кг бифеназата (сплошная), подготовленные по разработанной методике

Fig. 2. The overlaid chromatograms of samples of apples without the addition (dotted line) and with the addition of 0.05 mg/kg of bifenazate (solid), prepared according to the developed technique

матричным (ультрафиолетовым) детектированием ниже максимально допустимого уровня (МДУ), установленного в Беларуси [12] и странах Европейского союза [13] (табл. 3).

Наложенные хроматограммы образцов яблок без добавки и с добавкой 0,05 мг/кг, подготовленные по изложенной выше методике, приведены на рис. 2. Метрологические параметры методики приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Метрологические параметры методики определения бифеназата в яблоках и огурцах

Table 3. Metrological parameters of the developed technique for determination of bifenazate in apples and cucumbers

Анализируемый объект	МДУ, мг/кг	Метрологические параметры, $P = 0,95, n = 6$				
		предел определения, мг/кг	диапазон определяемых концентраций, мг/кг	среднее значение определения, %	стандартное отклонение, S %	доверительный интервал среднего, %
Яблоки	0,7	0,05	0,05–1,0	78,1	3,0	$\pm 2,4$
Огурцы	0,5	0,05	0,05–1,0	74,4	1,1	$\pm 0,9$

Таким образом, разработанная методика является очень простой, надежной, экспрессной (≤ 2 ч на 4 образца), довольно дешевой, характеризуется хорошей точностью, повторяемостью результатов и низкими пределами обнаружения, что позволяет определять бифеназат на уровне, равном или ниже максимально допустимого в яблоках и огурцах.

Разработанная методика была апробирована и успешно использована в лаборатории динамики пестицидов РУП «Институт защиты растений» для анализа плодов яблони и огурца на содержание остаточных количеств бифеназата после применения препарата Биомайт, КС (240 г/л бифеназата) на данных культурах.

Список использованных источников

1. Bifenazate. IUPAC. Gglobal availability of information on agrochemicals [Electronic resource] – Mode of access: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/76.htm>. – Date of access: 12.06.2019.
2. Bifenazate (219) [Electronic resource] – Mode of access: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation06/Bifenazate06.pdf. – Date of access: 12.06.2019.
3. EURL-SRM – Analytical Method Report [Electronic resource] – Mode of access: http://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/meth_Bifenazate_EurlSRM.pdf. – Date of access: 12.06.2019.
4. Determination of 35 Pesticides and 3 Cannabinoids in Marijuana Edibles S.O.F.T. Lunch and Learn [Electronic resource] – Mode of access: <https://thecannabisscientist.com/fileadmin/tas/10215-app-note-UCT-supplied.pdf>. – Date of access: 12.06.2019.

5. Hengel, M. J. Analysis of pesticides in dried hops by liquid chromatography-tandem mass spectrometry / M. J. Hengel, M. Miller // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – Vol. 56, № 16. – P. 6851–6856. <https://doi.org/10.1021/jf8009624>
6. Mariappan, M. Determination of Multi-Pesticide Residues in Red Chili Powder Using QuEChERS and the Agilent 7000 Series Triple Quadrupole GC/MS System: Application Note [Electronic resource] / M. Mariappan, H. Kumar, C. Kandaswamy, S. Kulkurni. – Mode of access: http://hpst.cz/sites/default/files/uploaded_files/5991-4193en_determination_of_multipesticide_residue_in_red_chili_powder_using_quechers_and_the_agilent_7000series_qqq_gcms_system.pdf. – Date of access: 12.06.2019.
7. МУК 4.1.3100-13 Определение остаточных количеств бифеназата и D 3598 в воде, почве, яблоках и яблочном соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методические указания: утв. Роспотребнадзором 08.08.2013. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. – 28 с.
8. New pesticide fact sheet. Bifenazate [Electronic resource] – Mode of access: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-000586_01-Jun-99.pdf. – Date of access: 12.06.2019.
9. Хроматографические и экстракционные свойства ацетонитрила и его смесей с водой / О. Б. Рудаков [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 458–478.
10. Заяц, М. Ф. Разработка методик определения остаточных количеств гербицида галаксифен-метил в ячмене и рапсе / М. Ф. Заяц, С. М. Лешев // Журн. Белорус. гос. ун-та. химия. – 2019. – № 1. – С. 59–65.
11. SANTE/11813/2017. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. [Electronic resource] – Mode of access: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2017-11813.pdf. – Date of access: 08.06.2019.
12. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», Гигиенического норматива «Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов (средств защиты растений) в объектах окружающей среды, продовольственном сырье, пищевых продуктах» и признании утратившими силу некоторых постановлений Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь и их отдельных структурных элементов [Электронный ресурс]: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 27 сентября 2012 г., № 149. – Mode of access: <https://registr.by/doc/1215904>. – Date of access: 08.06.2019.
13. Plants. EU Pesticides database. Current MRL values [Electronic resource] – Mode of access: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN>. – Date of access: 12.06.2019.

References

1. *Bifenazate. IUPAC. Global availability of information on agrochemicals.* Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/76.htm> (accessed 12 June 2019).
2. *Bifenazate (219).* Available at: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation06/Bifenazate06.pdf (accessed 12 June 2019).
3. *EURL-SRM – Analytical Method Report.* Available at: http://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/meth_Bifenazate_EurlSRM.pdf (accessed 12 June 2019).
4. *Determination of 35 Pesticides and 3 Cannabinoids in Marijuana Edibles S.O.F.T. Lunch and Learn.* Available at: <https://thecannabisscientist.com/fileadmin/tas/10215-app-note-UCT-supplied.pdf> (accessed 12 June 2019).
5. Hengel M. J., Miller M. Analysis of pesticides in dried hops by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56, no. 16, pp. 6851–6856. <https://doi.org/10.1021/jf8009624>
6. Mariappan M., Kumar H., Kandaswamy C., Kulkurni S. *Determination of Multi-Pesticide Residues in Red Chili Powder Using QuEChERS and the Agilent 7000 Series Triple Quadrupole GC/MS System: Application Note.* Available at: http://hpst.cz/sites/default/files/uploaded_files/5991-4193en_determination_of_multipesticide_residue_in_red_chili_powder_using_quechers_and_the_agilent_7000series_qqq_gcms_system.pdf (accessed 12 June 2019).
7. МГ 4.1.3100-13. *Determination of residues of bifenazate and D 3598 in water, soil, apples and apple juice by high performance liquid chromatography.* Methodical guidelines: approved by Rospotrebnadzor on 08.08.2013. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2014. 28 p. (In Russian).
8. *New pesticide fact sheet. Bifenazate.* Available at: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-000586_01-Jun-99.pdf (accessed 12 June 2019).
9. Rudakov O. B., Selemenev V. F., Rudakova L. V., Podolina E. A. Chromatographic and extraction properties of acetonitrile and mixtures of acetonitrile with water. *Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protessy = Sorption and chromatographic processes*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 458–478 (in Russian).
10. Zayats M. F., Leshev S. M. The development of methods for the determination of residues of the herbicide halauxifen-methyl in barley and rape. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya = Journal of the Belarusian State University. Chemistry*, 2019, no. 1, pp. 59–65 (In Russian).
11. SANTE/11813/2017. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. Available at: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2017-11813.pdf (accessed 08 June 2019).
12. Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus No. 149 of 27.09.2012 “On the Approval of Sanitary Norms and Regulations” Requirements for the Application, Conditions of Transport and Storage of Pesticides (Plant Protection Products), Agrochemicals and Mineral Fertilizers”, Hygienic Standard “Hygienic Norms for the Content of Active

Substances of Pesticides (Plant protection products) in environmental objects, food raw materials, foodstuffs” and the recognition of some Resolutions invalid of the Chief Sanitary Doctor the Republic of Belarus and their individual structural elements”. Available at: <https://registr.by/doc/1215904> (accessed 08 June 2019) (in Russian).

13. *Plants. EU Pesticides database. Current MRL values.* Available at: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN> (accessed 12 June 2019).

Информация об авторах

Заяц Михаил Фёдорович – канд. хим. наук, зав. кафедрой. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 14, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mikhail_zayats@tut.by

Лецев Сергей Михайлович – д-р хим. наук, профессор. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 14, 220030, Минск, Республика Беларусь). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com

Information about the authors

Mikhail F. Zayats – Ph. D. (Chemistry), Head of the Department. Belarusian State University (14, Leningradskaya Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mikhail_zayats@tut.by

Sergey M. Leschev – D. Sc. (Chemistry), Professor. Belarusian State University (14, Leningradskaya Str., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leschev.sergey54@gmail.com