

Научная статья/Research Article

УДК 543.42 : 678.84 : 634.8

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-48-54

Леонид Александрович Яковишин<sup>1✉</sup>, Игорь Павлович Лутков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский государственный университет, Севастополь, Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Ялта, Республика Крым, Россия

<sup>1</sup>chemsevntu@rambler.ru

<sup>2</sup>igorlutkov@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК- И ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА АКТИВАТОРА ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ

Цель исследования – оценка возможностей методов ИК- и электронной спектроскопии для анализа кремнийорганического активатора пестицидов и агрохимикатов на основе полиалкиленоксида силоксана и определения его остаточных количеств на гроздях винограда в сезон сбора урожая. Объекты исследования – виноград сортов Алиготе и Каберне-Совиньон, кремнийорганический адъювант «Атомик» и его модельные смеси с дистиллированной водой, а также смывочная вода с винограда. Анализ проведен методами электронной спектроскопии и ИК-Фурье-спектроскопии с использованием приставки нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с алмазным элементом. Показано, что в ИК-спектре «Атомик» наблюдается очень сильная характеристическая полоса поглощения валентных колебаний связей Si–O и C–O при 1077 см<sup>-1</sup>, которая может быть маркером наличия этого адъюванта в его смесях с водой. Также найдена широкая полоса поглощения валентных колебаний связей O–H при 3389 см<sup>-1</sup>. Полоса поглощения валентных колебаний связей Si–O и C–O адъюванта «Атомик» наблюдается в ИК-спектрах его смесей с водой вплоть до соотношения 1:69 (по объему). В электронном спектре «Атомик» найдены максимумы поглощения при 276 и 310 нм. Максимум поглощения при ≈270 нм сохраняется при дальнейшем разбавлении, но практически уже не виден в спектре смеси «Атомик» с водой в соотношении 1:500 (по объему). В условиях эксперимента методами ИК- и электронной спектроскопии не выявлено остаточных количеств адъюванта «Атомик» в смывочной воде с винограда сортов Алиготе и Каберне-Совиньон, предварительно обработанных им. Полученные результаты могут быть использованы при анализе активатора «Атомик» и других средств на основе полиалкиленоксида силоксана в различных смесях, используемых в сельском хозяйстве для обработки растений.

**Ключевые слова:** поверхностно-активные вещества, активатор «Атомик», ИК-Фурье-спектроскопия, электронная спектроскопия, виноград, Алиготе, Каберне-Совиньон

**Для цитирования:** Яковишин Л.А., Лутков И.П. Использование ИК- и электронной спектроскопии для анализа активатора пестицидов и агрохимикатов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 48–54. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-48-54.

Leonid Aleksandrovich Yakovishin<sup>1✉</sup>, Igor Pavlovich Lutkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Republic of Crimea, Russia

<sup>2</sup>All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

<sup>1</sup>chemsevntu@rambler.ru

<sup>2</sup>igorlutkov@mail.ru

---

**USE OF IR AND UV-VIS SPECTROSCOPY  
FOR PESTICIDES AND AGROCHEMICALS ACTIVATOR ANALYSIS**

---

*The purpose of the study is to evaluate the capabilities of IR and electron spectroscopy methods for analyzing the organosilicon activator of pesticides and agrochemicals based on polyalkylene oxide siloxane and determining its residual quantities on grape bunches during the harvest season. The objects of research are Aligote and Cabernet Sauvignon grape varieties, the organosilicon adjuvant Atomic and its model mixtures with distilled water, as well as grape rinsing water. The analysis was carried out using electron spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy using an attenuated total internal reflection (ATR) attachment with a diamond element. It has been shown that in the Atomic IR spectrum there is a very strong characteristic absorption band of stretching vibrations of the Si–O and C–O bonds at 1077 cm<sup>-1</sup>, which may be a marker of the presence of this adjuvant in its mixtures with water. A wide absorption band for stretching vibrations of O–H bonds was also found at 3389 cm<sup>-1</sup>. The absorption band of stretching vibrations of the Si–O and C–O bonds of the Atomic adjuvant is observed in the IR spectra of its mixtures with water up to a ratio of 1:69 (by volume). In the Atomic electronic spectrum, absorption maxima were found at 276 and 310 nm. The absorption maximum at ≈270 nm remains with further dilution, but is practically no longer visible in the spectrum of the Atomic mixture with water in a ratio of 1:500 (by volume). Under experimental conditions, IR and electron spectroscopy methods did not reveal any residual amounts of the Atomic adjuvant in the rinsing water from Aligote and Cabernet Sauvignon grape varieties pre-treated with it. The results obtained can be used in the analysis of the Atomic activator and other products based on polyalkylene oxide siloxane in various mixtures used in agriculture for treating plants.*

**Keywords:** surfactants, Atomic activator, FT-IR spectroscopy, UV-Vis spectroscopy, grapes, Aligote, Cabernet Sauvignon

**For citation:** Yakovishin L.A., Lutkov I.P. Use of IR and UV-Vis spectroscopy for pesticides and agrochemicals activator analysis // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 48–54. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-48-54.

**Введение.** Современное сельское хозяйство в большинстве развитых стран основывается на рациональном использовании земель, пригодных для выращивания различных сельскохозяйственных культур. Эффективность использования имеющихся площадей подразумевает повышение урожайности возделываемых культур, для чего широко применяются удобрения и синтетические пестициды. В то же время обычные потребители предпочитают приобретать безопасную продукцию без повышенного содержания нитратов и остаточных количеств пестицидов [1], а некоторые покупатели готовы к большим затратам, чтобы купить продукцию с экологическим статусом [2].

Государственные органы ряда европейских стран проводят политику, направленную на сокращение использования пестицидов в растениеводстве [3–5]. Кроме того, в России введена в действие система управления качеством пищевых продуктов, основанная на принципах НАССР (Hazard analysis and critical control points – анализ рисков и критические контрольные точки) (ГОСТ Р 51705.1), которая подразумевает систематическую идентификацию, оценку и управление опасными факторами, существенно влияющими на

безопасность продукции. В связи с этим производители сельскохозяйственной продукции идут по пути снижения количества обработок пестицидами за счет использования баковых смесей, содержащих комбинацию различных препаратов, микроудобрений и поверхностно-активных веществ (ПАВ) [6, 7].

В частности, использование ПАВ в качестве прилипателя позволяет удерживать капли раствора с действующим веществом на обрабатываемой поверхности и обеспечивать их растекание на большей площади листа, ягоды или стебля растения. ПАВ за счет образования пленки также препятствует быстрому испарению жидкости из капель и разрушению действующего вещества. Все это способствует общему снижению расхода пестицидов и удобрений при той же эффективности обработок [8, 9].

В то же время сами ПАВ, оставаясь на поверхности сельскохозяйственной продукции, также могут представлять определенную опасность для потребителя. Например, в нормативной документации на питьевую воду (ГОСТ Р 51232) нормируется содержание ПАВ, но определяются только анионные и катионные ПАВ, согласно ГОСТ 31857, в диапазоне concentra-

ций от 0,015 до 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Однако многие ПАВ, используемые в сельском хозяйстве, являются неионогенными, например, такие как этоксилаты спиртов и алкиламиноэтоксилаты [10], а также кремнийорганические соединения [11], которые особенно эффективны в качестве суперпенетрантов. Кроме того, при оценке рисков, возникающих при применении средств защиты растений, в основном учитывают только отрицательное воздействие самого пестицида, при этом игнорируется токсичность применяемых адъювантов, информация об их составе и вреде зачастую не приводится. Ряд исследователей описывают негативное воздействие адъювантов на экосистему, например на медоносных пчел [12–14].

Среди неионогенных ПАВ наиболее эффективными считаются кремнийорганические, они широко распространены в мире и используются в количестве в 5 раз меньшем, чем требуют другие классы адъювантов [11]. На основе полиалкиленоксида силоксана разработан российский активатор пестицидов и агрохимикатов «Атомик», помогающий снизить потребление пестицидов [7].

Актуальна оценка содержания ПАВ в сельскохозяйственной продукции с использованием современных методов анализа. ИК-Фурье- и электронная спектроскопия широко используется для анализа полимеров и полимерных поверхностно-активных веществ [15, 16].

**Цель исследования** – оценка возможностей методов ИК- и электронной спектроскопии для анализа кремнийорганического активатора пестицидов и агрохимикатов на основе полиалкиленоксида силоксана и определения его остаточных количеств на гроздях винограда в сезон сбора урожая.

**Объекты и методы.** Использовали свежий технический виноград сортов Алиготе и Каберне-Совиньон, прошедший все необходимые обработки средствами защиты с использованием кремнийорганического адъюванта «Атомик» (ООО «Аквалар», Россия) (50 см<sup>3</sup> жидкого адъюванта на 100 дм<sup>3</sup> баковой смеси). В качестве контроля выступал такой же виноград, прошедший все необходимые обработки средствами защиты без использования адъюванта. Определение остаточных количеств ПАВ проводили в смывочной воде, для чего 1 кг винограда промывали нагретой до 75–80 °С дистиллированной водой в количестве 1 л.

Полученную смывочную воду анализировали методами ИК-Фурье- и электронной спектроскопии. Готовили модельные смеси средства «Атомик» с дистиллированной водой для ИК-Фурье-спектроскопии (от 1 : 1 до 1 : 70, по объему) и электронной спектроскопии (от 1 : 1 до 1 : 500, по объему).

ИК-спектры получены на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 (СИМЕКС, Россия) с универсальной оптической приставкой НПВО-А с алмазным элементом (спектральное разрешение 4 см<sup>-1</sup>; 25 сканов). Электронные спектры сняты при 25 °С на двулучевом сканирующем спектрофотометре LEKI SS2110UV (MEDIORA OY, Финляндия) в кварцевых кюветках ( $l = 1$  см).

ИК-спектр «Атомика» ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3389 (О–Н), 2955 (С–Н), 2910 (С–Н), 2875 (С–Н), 1642 (Н–О–Н), 1455 (С–Н), 1413 (С–Н), 1349 (С–Н), 1290 (С–О), 1253 (С–О, С–Н), 1077 (Si–O, C–O), 1042 (Si–O, C–O), 947 (Si–O), 839 (Si–C), 779 (Si–C), 752 (Si–C).

ИК-спектр смывочной воды с винограда Алиготе, необработанного «Атомиком» ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3330 (О–Н), 3249 (О–Н), 1638 (Н–О–Н), 1630 (Н–О–Н).

ИК-спектр смывочной воды с винограда сорта Алиготе, обработанного «Атомиком» ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3330 (О–Н), 3252 (О–Н), 1634 (Н–О–Н).

ИК-спектр смывочной воды с винограда Каберне-Совиньон, необработанного «Атомиком» ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3330 (О–Н), 3254 (О–Н), 1636 (Н–О–Н).

ИК-спектр смывочной воды с винограда сорта Каберне-Совиньон, обработанного «Атомиком» ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3333 (О–Н), 3251 (О–Н), 1636 (Н–О–Н).

ИК-спектр воды ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3331 (О–Н), 3249 (О–Н), 1640 (Н–О–Н), 1631 (Н–О–Н).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:1 ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3359 (О–Н), 2956 (С–Н), 2921 (С–Н), 2880 (С–Н), 1641 (Н–О–Н), 1455 (С–Н), 1349 (С–Н), 1292 (С–О), 1254 (С–О, С–Н), 1079 (Si–O, C–O), 947 (Si–O), 839 (Si–C), 750 (Si–C).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:8 ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3356 (О–Н), 2957 (С–Н), 2883 (С–Н), 1642 (Н–О–Н), 1458 (С–Н), 1350 (С–Н), 1297 (С–О), 1256 (С–О, С–Н), 1088 (Si–O, C–O), 942 (Si–O), 840 (Si–C), 750 (Si–C).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:9 ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3329 (О–Н), 3266 (О–Н), 1632 (Н–О–Н), 1640 (Н–О–Н), 1461 (С–Н), 1350 (С–Н), 1290 (С–О), 1257 (С–О, С–Н), 1082 (Si–O, C–O).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:20 ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3332 (О–Н), 3258 (О–Н), 1632

(H–O–H), 1640 (H–O–H), 1468 (C–H), 1351 (C–H), 1302 (C–O), 1256 (C–O, C–H), 1081 (Si–O, C–O).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:21 ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3329 (O–H), 3258 (O–H), 1632 (H–O–H), 1640 (H–O–H), 1349 (C–H), 1257 (C–O, C–H), 1085 (Si–O, C–O).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:35 ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3331 (O–H), 3255 (O–H), 1632 (H–O–H), 1640 (H–O–H), 1257 (C–O, C–H), 1079 (Si–O, C–O).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:69 ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3331 (O–H), 3251 (O–H), 1640 (H–O–H), 1632 (H–O–H), 1255 (C–O, C–H), 1074 (Si–O, C–O).

ИК-спектр смеси «Атомика» с водой состава 1:70 ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3248 (O–H), 1640 (H–O–H), 1632 (H–O–H).

### Результаты и их обсуждение

**ИК-спектроскопия средства «Атомик» и его смесей с водой.** Широкая полоса при 3389  $\text{см}^{-1}$  в ИК-спектре средства «Атомик» связана с

поглощением валентных колебаний ассоциированных связей O–H (рис. 1). Полоса поглощения при 1642  $\text{см}^{-1}$  обусловлена деформационными колебаниями молекул воды. Полосы поглощения валентных колебаний связей C–H обнаружены при 2955, 2910 и 2875  $\text{см}^{-1}$ . Полосы поглощения деформационных колебаний связей C–H найдены при 1455, 1413, 1349 и 1253  $\text{см}^{-1}$ .

Очень сильная полоса поглощения валентных колебаний связей Si–O в группах Si–O–Si и Si–O–C и валентных колебаний связей C–O в C–O–C обнаружена при 1077  $\text{см}^{-1}$ . В ИК-спектре средства «Атомик» также присутствуют полосы поглощения валентных колебаний связей Si–C при 839, 779 и 752  $\text{см}^{-1}$ . Полосы поглощения ароматических колец (валентные колебания C=C в области 1600–1500  $\text{см}^{-1}$ , валентные колебания связей C–H в области 3080–3030  $\text{см}^{-1}$ ) и сложноэфирных связей (валентные колебания C=O в области около 1700  $\text{см}^{-1}$ ) в ИК-спектре «Атомика» не наблюдаются.

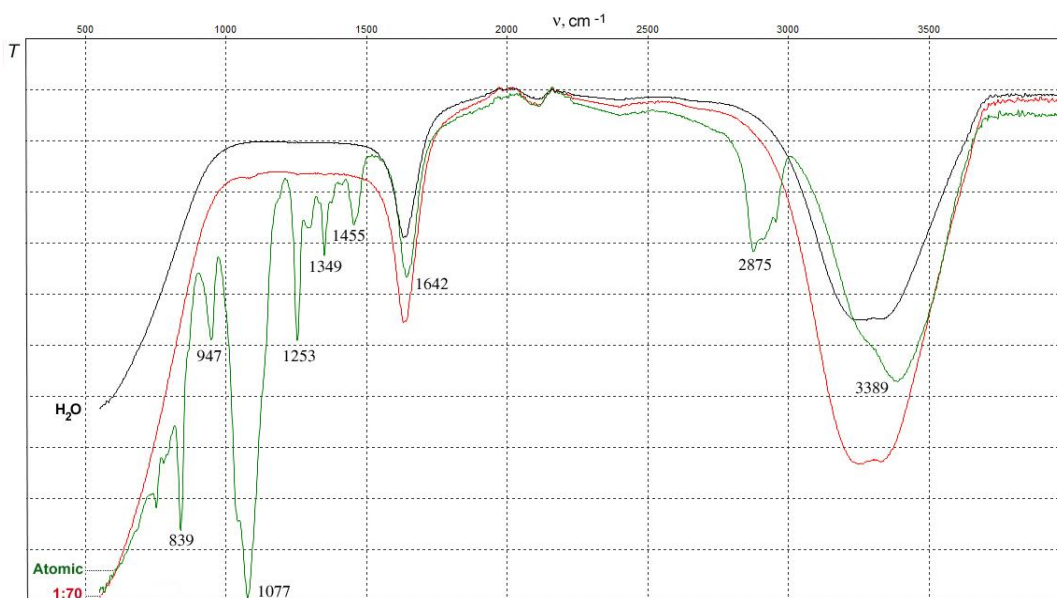


Рис. 1. ИК-спектры средства «Атомик», воды и их смеси состава 1 : 70

Для установления предела обнаружения «Атомика» готовили его модельные смеси с дистиллированной водой (от 1 : 1 до 1 : 70 по объему соответственно). В ИК-спектре смеси «Атомик»–вода состава 1 : 8 сохраняются полосы поглощения валентных колебаний связей C–H при 2957 и 2 883  $\text{см}^{-1}$  (рис. 2). В спектре смеси состава 1 : 9 (рис. 2) эти полосы поглощения уже не наблюдаются, но слабые полосы деформационных колебаний связей C–H при 1 461, 1 350, 1 290 и 1 257  $\text{см}^{-1}$  еще присутствуют. Они также

проявляются в спектре при дальнейшем разбавлении. В спектре смеси состава 1 : 20 указанные слабые полосы поглощения еще есть, но в спектре смеси состава 1 : 21 сохраняются только полосы при 1 257 и 1 349  $\text{см}^{-1}$  (рис. 2). В спектре смеси состава 1 : 35 полоса  $\approx 1350 \text{ см}^{-1}$  уже практически не проявляется. Полоса 1 254–1 257  $\text{см}^{-1}$  очень слабо наблюдается в ИК-спектрах смесей, имеющих состав до 1 : 69.

Полоса поглощения валентных колебаний связей Si–O и C–O при  $\approx 1080 \text{ см}^{-1}$ , характерная для средства «Атомик», присутствует в ИК-спектрах его смесей с водой. Хотя она и теряет интенсивность при разбавлении, но остается в спектре смеси даже при соотношении 1 : 69. Однако в ИК-спектре смеси состава 1 : 70 поло-

сы поглощения этого адъюванта уже практически не наблюдаются (рис. 1). Следовательно, полоса поглощения при  $\approx 1080 \text{ см}^{-1}$  может служить маркером наличия средства «Атомик» и других подобных адъювантов на основе полиалкиленоксида силоксана в их смесях с водой.

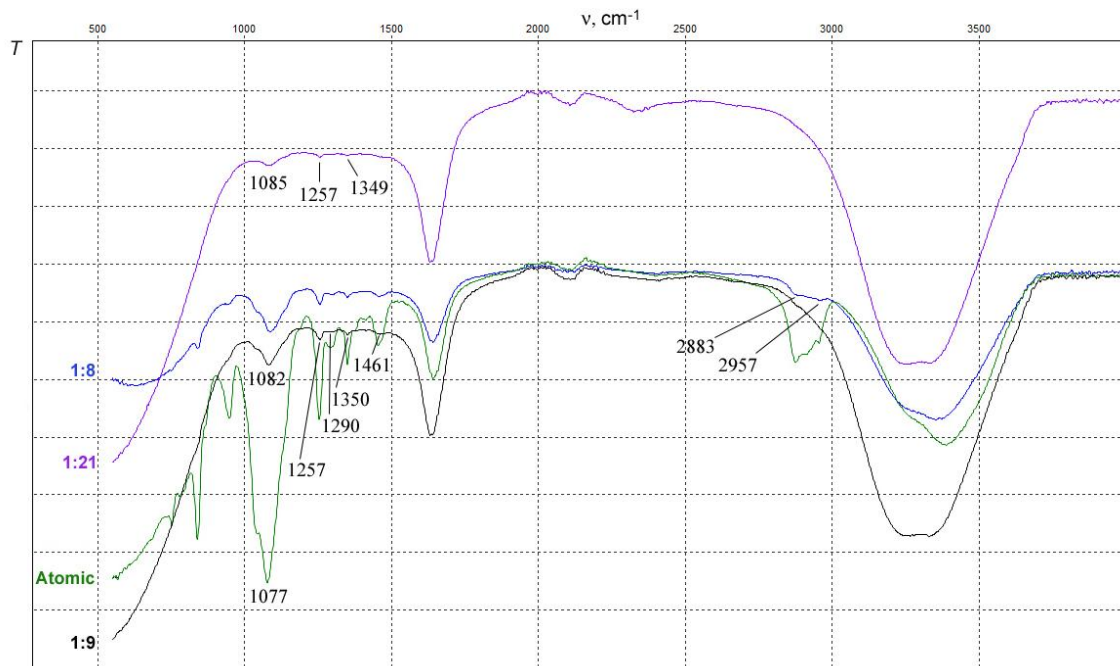


Рис. 2. ИК-спектры средства «Атомик» и его смесей с водой (1 : 8, 1 : 9 и 1 : 21)

Сравнительный ИК-спектроскопический анализ смывов с винограда сортов Алиготе и Каберне, необработанных и обработанных средством «Атомик», не показал наличия в промывной воде характерных полос поглощения этого средства. В ИК-спектрах полученных смывов присутствуют только полосы деформационных колебаний молекул воды и валентных колебаний связей O–H. Таким образом, все ИК-спектры смывной воды с изученных сортов винограда аналогичны друг другу и спектру дистиллированной воды. Метод ИК-спектроскопии не выявил остаточных количеств адъюванта в смывах в условиях эксперимента.

**Электронная спектроскопия средства «Атомик» и его смесей с водой.** В электронном спектре средства были обнаружены максимумы поглощения при 276 и 310 нм (рис. 3). Для

установления предела обнаружения «Атомика» готовили его модельные смеси с дистиллированной водой (до 1 : 500 соответственно). Максимум поглощения при 310 нм больше не проявляется в спектре смеси состава 1 : 10 (рис. 3). Однако максимум поглощения около 270 нм сохраняется в спектрах при дальнейшем разбавлении. Он практически не обнаруживается только в спектре смеси состава 1 : 500 (рис. 3).

Кроме того, было проведено сравнение спектров поглощения смывочной воды с винограда Алиготе и Каберне-Совиньон, необработанного и обработанного «Атомиком» (рис. 3). Существенных различий в спектрах обнаружено не было. Таким образом, метод электронной спектроскопии не показывает наличия остаточных количеств адъюванта в данных экспериментальных условиях.

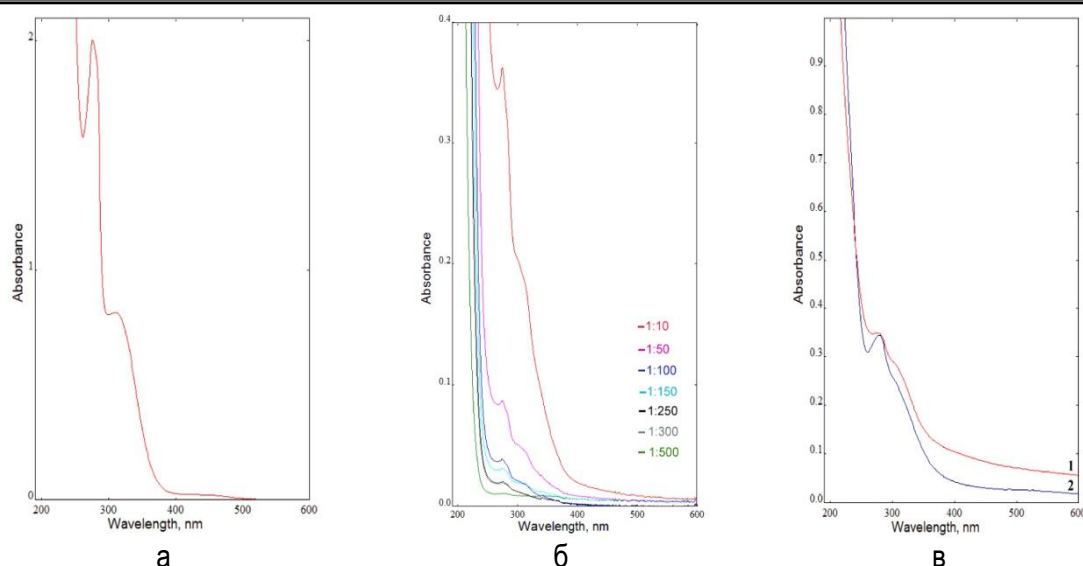


Рис. 3. Электронные спектры:

а – средства «Атомик»; б – смесей средства «Атомик» с водой (1 : 10, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 150, 1 : 250, 1 : 300 и 1 : 500); в – смывочной воды с винограда сорта Каберне-Совиньон, необработанного (кривая 1) и обработанного (кривая 2) средством «Атомик»

**Заключение.** Проведен детальный анализ ИК- и электронных спектров активатора «Атомик» и его смесей с дистиллированной водой. Предел обнаружения «Атомика» в его модельных смесях с водой определяли методами ИК- и электронной спектроскопии. Полоса поглощения при  $\approx 1080 \text{ см}^{-1}$  в ИК-спектрах может служить маркером наличия средства «Атомик» и других ему подобных адъювантов на основе полиалкиленоксида силксана в их смесях с водой. Остаточных количеств средства «Атомик» в смывочной воде с обработанных им сортов винограда Алиготе и Каберне-Совиньон обнаружено не было.

#### Список источников

1. Schaub S., Huber R., Finger R. Tracking societal concerns on pesticides – a Google Trends analysis // *Environmental Research Letters*. 2020. V. 15, № 8. 084049.
2. Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research / F. Jacquet [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. 2022. V. 42, № 8. 084049.
3. Wuepper D., Roleff N., Finger R. Does it matter who advises farmers? Pest management choices with public and private extension // *Food Policy*. 2021. V. 99. 101995.
4. Villemaine R., Compagnone C., Falconnet C. The social construction of alternatives to pesticide use: A study of biocontrol in Burgundian viticulture // *Sociologia Ruralis*. 2021. V. 61, № 1. P. 74–95.
5. Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms / M. Lechenet [et al.] // *Nature Plants*. 2017. V. 3. 17008.
6. Penner D. Activator Adjuvants // *Weed Technology*. 2000. V. 14, № 4. P. 785–791.
7. Скряплев А.А. Применение смачивателя «Атомик» в защите насаждений груши // *The Scientific Heritage*. 2021. № 62-1. С. 9–12.
8. Биологическая регламентация применения препаратов Нутри-Файт РК и Спартан на технических и столовых сортах винограда в условиях Крыма / Н.В. Алейникова [и др.] // *Плодоводство и виноградарство Юра России*. 2017. Т. 46, № 4. С. 80–93.
9. Диденко П.А. Использование адъюванта Кодасайд для защиты винограда от милдью в условиях Крыма // *Плодоводство и виноградарство Юра России*. 2015. Т. 35, № 5. С. 173–182.
10. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review / K.A. Krogh [et al.] // *Chemosphere*. 2003. V. 50, № 7. P. 871–901.
11. Mullin C.A. Effects of 'inactive' ingredients on bees // *Current Opinion in Insect Science*. 2015. V. 10. P. 194–200.
12. The formulation makes the honey bee poison / C.A. Mullin [et al.] // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2015. V. 120. P. 27–35.
13. Goodwin R., McBrydie H. Effect of surfactants on honey bee survival // *New Zealand Plant Protection*. 2000. V. 53. P. 230–234.



14. Toxicological risks of agrochemical spray adjuvants: organosilicone surfactants may not be safe / C.A. Mullin [et al.] // Front Public Health. 2016. V. 4. 92.
15. Gibbons M.K., Örmeci B. Quantification of polymer concentration in water using UV-Vis spectroscopy // Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2013. V. 62, № 4. P. 205–213.
16. Bokobza L. Some applications of vibrational spectroscopy for the analysis of polymers and polymer composites // Polymers. 2019. V. 11, № 7. 1159.
7. Skrylev A.A. Primenenie smachivatelya «Atomik» v zaschite nasazhdenij grushi // The Scientific Heritage. 2021. № 62-1. S. 9–12.
8. Biologicheskaya reglamentaciya primeneniya preparatov Nutri-Fajt RK i Spartan na tehniceskikh i stolovyh sortah vinograda v usloviyah Kryma / N.V. Alejnikova [i dr.] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2017. T. 46, № 4. S. 80–93.
9. Didenko P.A. Ispol'zovanie ad'yuvanta Kodasajd dlya zaschity vinograda ot mild'yu v usloviyah Kryma // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2015. T. 35, № 5. S. 173–182.
10. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review / K.A. Krogh [et al.] // Chemosphere. 2003. V. 50, № 7. P. 871–901.
11. Mullin C.A. Effects of 'inactive' ingredients on bees // Current Opinion in Insect Science. 2015. V. 10. P. 194–200.
12. The formulation makes the honey bee poison / C.A. Mullin [et al.] // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2015. V. 120. P. 27–35.
13. Goodwin R., McBrydie H. Effect of surfactants on honey bee survival // New Zealand Plant Protection. 2000. V. 53. P. 230–234.
14. Toxicological risks of agrochemical spray adjuvants: organosilicone surfactants may not be safe / C.A. Mullin [et al.] // Front Public Health. 2016. V. 4. 92.
15. Gibbons M.K., Örmeci B. Quantification of polymer concentration in water using UV-Vis spectroscopy // Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2013. V. 62, № 4. P. 205–213.
16. Bokobza L. Some applications of vibrational spectroscopy for the analysis of polymers and polymer composites // Polymers. 2019. V. 11, № 7. 1159.

### References

1. Schaub S., Huber R., Finger R. Tracking societal concerns on pesticides – a Google Trends analysis // Environmental Research Letters. 2020. V. 15, № 8. 084049.
2. Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research / F. Jacquet [et al.] // Agronomy for Sustainable Development. 2022. V. 42, № 8. 084049.
3. Wuepper D., Roleff N., Finger R. Does it matter who advises farmers? Pest management choices with public and private extension // Food Policy. 2021. V. 99. 101995.
4. Villemaine R., Compagnone C., Falconnet C. The social construction of alternatives to pesticide use: A study of biocontrol in Burgundian viticulture // Sociologia Ruralis. 2021. V. 61, № 1. P. 74–95.
5. Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms / M. Lechenet [et al.] // Nature Plants. 2017. V. 3. 17008.
6. Penner D. Activator Adjuvants // Weed Technology. 2000. V. 14, № 4. P. 785–791.

Статья принята к публикации 30.03.2023 / The article accepted for publication 30.03.2023.

Информация об авторах:

**Леонид Александрович Яковичин**<sup>1</sup>, профессор кафедры химии и химических технологий, доктор химических наук, доцент

**Игорь Павлович Лутков**<sup>2</sup>, начальник отделения виноделия, кандидат технических наук

Information about the authors:

**Leonid Aleksandrovich Yakovishin**<sup>1</sup>, Professor at the Department of Chemistry and Chemical Technology, Doctor of Chemical Sciences, Docent

**Igor Pavlovich Lutkov**<sup>2</sup>, Head of Winemaking Department, Candidate of Technical Sciences