

УДК 631.42:[631.461.73+632.95]

О.А. Шевцова

Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, Харьков

МЕТОДЫ ИНДИКАЦИИ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ПЕСТИЦИДОВ

В работе рассмотрены и обобщены существующие методы определения фосфорорганических отравляющих веществ и пестицидов. Дается анализ достоинств и недостатков наиболее распространенных методов мониторинга фосфорорганических токсикантов: физико-химических и биологических. Приводятся некоторые наиболее перспективные, по мнению автора, методики и приборы, которые с наибольшей эффективностью могут быть использованы службами аналитического массового контроля.

Ключевые слова: мониторинг, индикация, фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ), пестициды, биосенсоры.

Введение

Постановка проблемы. К числу приоритетных задач государственной политики Украины в области обеспечения химической и биологической безопасности отнесены разработка и внедрение систем комплексной индивидуальной и коллективной защиты от опасных химических и биологических факторов, разработка приборов химического и биологического контроля [1]. Позитивные шаги международного сообщества в области ликвидации и полного запрета химического оружия не уменьшили реальной угрозы его использования в террористических и криминальных целях [2].

Кроме этого, не следует исключать возможность возникновения аварийных ситуаций в процессе уничтожения химического оружия, которые могут сопровождаться выбросом в окружающую среду отравляющих веществ или продуктов их деструкции [3]. Наиболее опасными в аварийном и террористическом отношении являются фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ) – зарин, зоман, вещество VX, относящиеся к отравляющим веществам нервно-паралитического действия [4]. Чрезвычайно высокая токсичность ФОВ, превосходящая во много раз все известные отравляющие вещества, быстрое развитие отравлений (в течение нескольких минут) требуют создания приборов, способных с достаточно высокой степенью точности определять химическую природу опасного вещества в течение короткого промежутка времени (10 – 30 сек.). Решение этой химико-аналитической задачи возможно при использовании специальной быстродействующей аппаратуры, способной устойчиво работать в местах контроля (в полевых условиях).

Мониторинг токсичных остатков фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей среды, растениях, кормах, продуктах питания является важным инструментом в предотвращении или минимизации их негативного воздействия на организм человека. Определение содержания остаточных количеств пестицидов является сложной аналитиче-

ской задачей, которая усугубляется низкими уровнями содержания токсикантов и их сложным взаимодействием с матрицей объектов [5].

Методы решения проблемы

Анализ литературы показывает, что хотя работ по определению фосфорорганических веществ довольно много, достаточно широко применяется крайне ограниченное число методов. При выборе наиболее подходящего метода руководствуются следующими критериями:

- 1) способность метода обеспечивать непосредственное и специфичное измерение аналитического сигнала определяемого соединения; чувствительность;
- 2) рабочий диапазон концентраций;
- 3) предел обнаружения;
- 4) информативность;
- 5) влияние мешающих компонентов и факторов;
- 6) возможность автоматизации.

Хроматографические методы и приборы на их основе в достаточно полной мере отвечают поставленным целям. Особо высокие требования к чувствительности аналитического прибора предъявляют выявление и идентификация следов токсичных веществ в воздушной среде. Что касается экспрессности хроматографических методов, то как свидетельствует аналитическая практика, до недавнего времени процесс газохроматографического разделения и детектирования близких по свойствам веществ в большинстве случаев осуществлялся довольно длительное время [6]. Для проведения оперативных анализов разработаны специализированные хроматографические приборы за счет использования капиллярных хроматографических колонок, которые способны обеспечить быстрое детектирование [6]. Единичная капиллярная колонка имеет длину 0,2 – 3,0 м при диаметре порядка 50 мкм в сочетании с детекторами высокой чувствительности (электронно-захватные, хемилюминесцентные, поверхностно-акустические и др.) [7]. Учеными Института катали-

за Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск) разработана серия компактных переносных хроматографических приборов ЭХО (экспрессный хроматографический обнаружитель), имеющих автономные источники электропитания (аккумуляторы). Эти хроматографические анализаторы способны в течение 10 – 20 с регистрировать наличие в воздухе паров взрывчатых, наркотических и отравляющих веществ [8], в том числе и фосфорорганических.

Примеры использования хроматографических методов в таких случаях приведены в работах [7 – 9]. Для аналитических целей при исследовании фактов применения ядовитых, психотропных, в том числе и ФОВ, особенно эффективно использование комбинации химико-аналитических методов, в частности хроматографии и масс-спектрометрии или хроматографии и ИК-Фурье спектроскопии. В методе хромато-масс-спектрометрии масс-спектрометр по существу выполняет функцию хроматографического детектора. Особую ценность представляет комбинация газовой или жидкостной хроматографии с масс-спектроскопическими анализаторами – хромато-масс-спектрометрия [10]. На основе этого метода в настоящее время интенсивно разрабатываются аналитические приборы, способные функционировать не только в стационарных лабораториях, но и на передвижных средствах – на автомобилях, самолетах, речных и морских судах [10].

Ферментативные методы

Использование ферментативных реакций является частным случаем кинетических методов анализа, основанных на измерении скорости индикаторной каталитической реакции в присутствии различных количеств определяемых веществ [11].

Практический интерес представляют всего около 20 ферментов, которые имеют высокую специфичность и обеспечивают низкие пределы обнаружения. Причем в иммобилизованном состоянии – 8 – 10 [11]. Среди них широкое применение находят холинэстеразы, относящиеся к ферментам гидролазам [12].

Возможность аналитического применения холинэстераз обусловлена тем, что их активность в заметной мере зависит от присутствия в растворе токсичных веществ (ингибиторов) [11], причем некоторые из них действуют необратимо, а другие – обратимо. К необратимым ингибиторам холинэстераз относятся эфиры фосфорной, фосфоновой, и пиррофосфорной кислот, в том числе и ФОВ.

Особенности ферментного определения токсиантов с помощью холинэстераз рассмотрены в обзоре [12]. Для удобства применения холинэстеразы иммобилизуют в полимерные пленки и гели. При этом существенно увеличивается устойчивость фермента к влиянию внешних факторов. Так, при иммобилизации холинэстеразы в желатиновый гель, срок ее хранения составляет 2 – 3 года, а при непрерывной работе активность препарата падает на 20% лишь через 10

дней. Наряду с повышением стабильности, иммобилизация холинэстераз обеспечивает многократное использование препарата. В качестве реактиваторов применяют гидроксилламин, оксимы и др.

Другие ферменты, например, карбоксилэстераза и арилэстераза, проявляют высокую чувствительность к фосфорорганическим пестицидам. Описаны многочисленные конструкции потенциометрических и амперометрических биосенсоров [13 – 19]. Амперометрические биосенсоры на основе иммобилизованной холинэстеразы представляют собой устройства, позволяющие определять токсичные ФОВ на более низком уровне, чем в случае потенциометрических датчиков. В полевых условиях целесообразно для определения ингибиторов холинэстеразы наиболее простых по устройству и удобных в эксплуатации технических средств типа «индикаторный билет». Авторами [14] предлагается комплект для определения ингибиторов холинэстеразы в воде и водных экстрактах, состоящий из ферментного элемента с иммобилизованной холинэстеразой и субстрата индикаторного элемента, импрегнированного карбоксилтиохолином и индикатором на тиольную группу. В качестве индикатора на тиольную группу предлагается использовать 4,4'-бис-(2-гидрокси-6,8-дисульфо-1-нафтаизо) фенилдисульфид-тетракалиевой соли. Использование этого индикатора существенно облегчает визуальную дистракцию аналитического эффекта и снижает погрешность результата анализа.

С целью повышения чувствительности фосфорорганических веществ авторами [20] предложен способ изготовления индикаторной бумаги для определения фосфорорганических пестицидов. Экспрессность обнаружения ФОВ достигается применением фермента эстеразы в концентрации 0,3 – 0,4 Е/мл., продуцируемого микроорганизмами *Bacillus subtilis*. Предлагаемый способ позволяет проводить анализ водных растворов ФОВ в течение 7 – 8 мин.

Поскольку катионы тяжелых металлов сами являются ингибиторами холинэстеразы, их наличие в пробе мешает определению ФОВ. Для повышения селективности определения ФОВ используется субстрат-индикаторная система ацетилтиохоллин-реактив Эллмана [21].

В работе [22] предлагается оптический биосенсор для определения ингибиторов холинэстеразы на основе флуоресцентного кинетического метода. Наиболее широко для разработки оптических биосенсоров аналогичного назначения используется калориметрический метод Эллмана. Однако этот метод имеет ряд недостатков. Основным из них является легкая окисляемость 5-тиол-2-нитробензойной кислоты – окрашенного продукта взаимодействия тиохолина с реактивом Эллмана. Использование известных флуорогенных субстратов в оптических биосенсорах, например индоксилацетата, не дает преимуществ перед классическими кинетическими методами анализа с использованием в качестве субстрата холиновых

эфиров карбоновых кислот, что обусловлено высокой специфичностью холинэстеразы к своему природному субстрату.

В последние годы интенсивно разрабатываются иммунохимические биосенсоры, которые содержат в качестве биоматериала антитела, антигены и рецепторы [23 – 27]. Они относятся к так называемым аффинным сенсорам. Однако аналитический сигнал аффинных биосенсоров относительно мал по сравнению с ферментными. Поэтому для усиления аналитического сигнала иммунохимические реакции сочетают с каталитическими. Сочетание селективности взаимодействия антиген-антитело с низким пределом обнаружения ферментативных методов привело к созданию биосенсоров, которые позволяют проводить прямые определения следовых количеств токсичных веществ. Одно из преимуществ – возможность анализа мутных и сильноокрашенных сред, простота аппаратуры. Авторами [24] разработан и изготовлен прибор для экспресс-анализа содержания ФОС в технологических смесях лазерно-акустическим методом. Прибор будет выполнен в виде малогабаритного переносного устройства, применимого непосредственно в местах проведения технологических работ.

Обнаружение токсичных химикатов в капельно-жидком состоянии (капель, высадившихся аэрозолей) [29] производится нанесением индикаторной рецептуры непосредственно на обследуемую поверхность с помощью распыления специальных аэрозолей. Предлагаемая конструкция аэрозольного устройства позволяет удобно размещать его в кармане одежды [29]. Разработаны методики выполнения измерения содержания ОБ во всем диапазоне концентраций атмосферного воздуха с использованием хроматомасс-спектрометрических систем импортного производства. Адаптация этих методик в условиях подвижных химических лабораторий позволит осуществить химический контроль ФОС с соответствующими оперативностью, чувствительностью и достоверностью [30].

Автоматические приборы для определения ФОВ в воздухе, основанные на ионизационном (ПДК – 100 и выше) и биохимическом (ПДК – 0,5) методах анализа предлагаются в работе [31]. Создана база данных фосфорорганических соединений, состоящая из 157 наименований.

Применение метода микротвердофазной экстракции, основанного на использовании специального экстрагирующего стеклянного стержня с полидиметилсилаксановым покрытием для определения содержания зарина и зомана в воде рассматривается в работе [32]. Для реализации данного способа представляется необходимым проведение дальнейших исследований по оптимизации условий извлечения и термической десорбции.

Рассмотрены аналитические системы и детекторы, используемые для химических соединений типа зарина, цианида и пестицидов, входящих в состав хи-

мических вооружений [33]. Особое внимание уделено возможности селективного детектирования за счет устранения влияния мешающих компонентов и выбора подходящего детектора. Отмечено, что наиболее эффективной системой является та, в которой применяются два точечных детектора, недорогие, работающие по разным физическим механизмам и обеспечивающие получение ортогональных данных [33].

Возможности применения метода спектрометрии ионной подвижности для индикации ФОВ рассмотрены в работе [34]. Универсальный титриметрический способ определения ФОВ и продуктов их деструкции предложен авторами [35].

Общедоступным биоиндикатором ФОС в условиях чрезвычайных ситуаций может стать пиявка *Hirudo medicinalis* L, обладающая четко выраженной и строго специфичной патологической реакцией на действие антихолинэстеразных веществ, в частности, ФОС [36]. Пиявка способна распознавать за минуты боевые отравляющие вещества в концентрациях: для табуна – 2–3 мг/г, зомана и зарина – 0,5 мг/г. Пестицид ДДВФ (0,5 мг/г) из группы ФОС вызывает специфический ответ у пиявки в воде через 30 мин. аппликации.

Выводы

Таким образом, развитие методов индикации фосфорорганических отравляющих веществ и пестицидов направлено на увеличение их чувствительности, точности, специфичности и воспроизводимости, а также на упрощение техники измерений. Из известных методов определения ФОС наиболее высокой чувствительностью и специфичностью отличается биохимический метод.

Следует заметить, что несмотря на отмеченные достижения в создании иммуносенсоров, их внедрение в практику связано со значительными трудностями, хотя в лабораторных условиях они демонстрируют несомненные преимущества перед инструментальными методами.

Наибольшее внимание, на наш взгляд, следует уделить разработке биосенсоров, которые проводят анализ непосредственно на месте отбора проб, то есть методом экспрессного определения [7 – 9, 14, 20, 28, 29, 33, 37 – 39].

Список литературы

1. Конвенція про заборону розробки, виробництва, накопичення та застосування хімічної зброї, та про її знищення // *Хім. пром. України*. – 1994. – № 2. – С. 6-80.
2. Нестеркин Д.В. Совершенствование системы для определения отравляющих и биологических веществ в США / Д.В. Нестеркин // *Зарубежное военное обозрение*. – 2/2003. – С. 31.
3. Гранкин С. Средства радиационной, химической и биологической разведки ВС Франции / С. Гранкин, В. Зосев, К. Митов // *Зарубежное военное обозрение*. – 2005. – № 4. – С. 32-37.
4. Александров В.Н. Отравляющие вещества / В.Н. Александров. – М. Воениздат. – 1990. – 186 с.
5. Жадан Т.А. Проблемы и методы анализа пес-

тицидов // Т.А. Жадан, О.А. Шевцова, А.В. Гайнутдинов // Системы обработки информации. – X., 2008. – Вып. 5(72). – С. 163-166.

6. Петров А.Н., Нечипоренко С.П. Разработка и принятие решения по снижению последствий для здоровья населения при террористических актах с применением опасных веществ / А.Н. Петров, С.П. Нечипоренко // Мат-лы Межд. симп. по антитерроризму. – Волгоград: изд. НИИ гигиены, токсик. и профпат. 2002. – С. 46-47.

7. Быстродействующий переносной газовый хроматограф "Эхо-020". Техническое описание и инструкция по эксплуатации / В.Г. Филоненко, А.Т. Шиммарев, Г.Г. Коденев и др. – Новосибирск: ИЦ ГЭП СО РАН, 1994. – 77 с.

8. ЭХО-ПИД: характеристики и возможности применения. В сб.: Полевые аналитические методы и приборы / М.Н. Балдин, А.Ф. Горохов, В.Г. Рыболовлев и др. // Мат-лы V Межрег. конф., 8, 9 сентября 1998 г. – Новосибирский гос. ун-т. – 1998. – С. 14.

9. Ефименко А.П. Портативный газовый хроматограф с фотоионизационным детектором «ЭХО-ФИД», возможности его применения / А.П. Ефименко // Мат-лы V Межрег. конф. 8,9 сентября 1998 г. – Новосибирский гос. ун-т. – 1998 – С. 17.

10. Руденко Б.А. Хроматография опасных веществ при террористических актах, авариях и катастрофах / Б.А. Руденко // Рос. хим. журн. – 2005. – Том X, №4. – С. 125-131.

11. Шеховцова Т.Н. Ферменты: их использование в химическом анализе / Т.Н. Шеховцова // Соросовский образов. журн. – 2000 – Т. 6. – № 1. – С. 44-48.

12. Биосенсоры для определения фосфатов, нитратов, сульфатов. Phosphate, nitrate, and sulfate biosensors. Amine Aziz, Pallechi Gauseppe. Anal. Lett. – 2004. – 37, № 1. – С. 1-19. Англ.

13. Канюк М.І. Розробка та вивчення робочих характеристик ензимних сенсорів для визначення рівня фосфорорганічних пестицидів та іонів важких металів / М.І. Канюк. УДК 577.15.543.554.504.064: автореф. дис. ... канд. біолог. наук. – К., 2003. – 17 с.

14. Пат. № 2182929 Россия С 12 Q 1/46, С 12 N 11/12 Комплект для определения ингибиторов холинэстеразы / В.И. Гайнуллина, М.А. Искалин, И.В. Понсов и др.; заявл. 21.07.00; опубл. 27.05.02.

15. Власкин Д.Н. Тест-система для определения ингибиторов холинэстеразы. (Военная академия радиационной, химической и биологической защиты) / Д.Н. Власкин, Э.Т. Гайнуллина, О.В. Ерастова // 2 Научно-практ. конф. «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия»: тез. докл. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 73-74.

16. Холинэстеразный сенсор на основе графитового электрода, модифицированного 1,3-дизамещенными каликсаренами / Г.А. Евтюгин, И.И. Стойков, Г.К. Будников и др. // Журнал аналит. химии. – 2003. – Т. 58, № 12. – С. 1284-1290.

17. Электрохимические биосенсоры для определения токсичных соединений различных классов / И.В. Гачок, И.И. Курочкин и др. – ЭМА-2004. – С. 87-88.

18. Холинэстеразные сенсоры на основе толсто-пленочных графитовых электродов для проточно-эжекционного определения фосфорорганических пестицидов / А.Н. Иванов, Г.А. Евтюгин, Х.З. Брайнина, Г.К. Будников, Л.Э. Степанина // Журнал аналитич. химии. – 2002. – Т. 57, № 11. – С. 1221-1230.

19. Ермолаева Т.Н. Пьезокварцевые биосенсоры для анализа объектов окружающей среды, пищевых продуктов, клинической диагностики / Т.Н. Ермолаева, О.Ю.

Шашканова // Рос. Хим. Журнал. – 2008. – Т. LIII, № 2. – С. 17-29.

20. Пат. № 1709824 Россия G 01 N 33/48, 33/18. Способ изготовления индикаторной бумаги для определения фосфорорганических пестицидов / О.В. Вашкевич, А.Н. Устинова. – № 4793877/13; заявл. 22.12.89; опубл. 20.10.95.

21. Повышение селективности определения фосфорорганических инсектицидов и карбомиатов ферментативным методом / Д.О. Веткин, Э.Т. Гайнуллина, С.А. Еремин и др. // Журнал аналит. химии. – 2003. – Т. 58, № 11. – С. 1214-1218.

22. Оптический биосенсор для определения ингибиторов холинэстеразы / С.Т. Гайнуллина, Н.Е. Кауров, О.В. Ключев и др. // 2 Всероссийская конф. "Аналитические приборы". – Санкт-Петербург, 27 июня-1 июля 2005: тез. докл. СПб КОРОНА принт, 2005. – С. 243.

23. Амперометрические иммуноферментные сенсоры для диагностики некоторых инфекционных заболеваний / Г.Р. Сафина, Э.П. Медянцева, О.Г. Фолина и др. // Журнал аналитической химии. – 2005. – Т. 60, № 6. – С. 616-621.

24. Development of a composite optical waveguide sensor for immtoglobulin / G. Yimit Abliz Huang Xiuzhu, Xu Yitai et all // Chem. Lett. – 2003. – 32, N 1. – P. 86-87.

25. Single Chain fragment variable antibody piezo-immunosensor / Shen Zhihong, Stryker Gabrielle A., Mer-naugh Ray et all // Anal. Chem. – 2005. – 77, N 3. – P. 797-805.

26. Yang Liju, Li Yanbin, Erf Gisera F. Intenrdigited array mierodec trodebased electrochemical impedance immunosensor for detection of Escherichia coli 0157:H7 // Anal. Chem. – 2004. – 76, N 4. – P. 1107-1113.

27. Пат. 6649417 США, МКИ7 G 01 N 21/76, A N 09/819511. Tissue-based standoff biosensor for detecting chemical warfore agents / UT Battelle, LLG Greenbaum E., Sanders G; заявл. 28.03.01; опубл. 18.11.03; НПК 436/172.

28. Разработка и изготовление прибора для экспресс-анализа содержания фосфорорганических соединений в технологических смесях лазерно-фотоакустическим методом / В.С. Афанасьев, Ю.Ю. Сергеев, Г.Ю. Воробейчук // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – Москва, 6 – 8 окт., 2004. – С. 57-58.

29. Пашинин В.А. Средства экспресс-обнаружения токсичных химикатов на поверхностях объектов // В.А. Пашинин, А.А. Семин, Г.П. Лукьяненко // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 74-76.

30. Новиков С.В. Количественное определение фосфорорганических отравляющих веществ в воздухе хромато-масс спектрометрическим методом / С.В. Новиков, О.А. Кулажин, О.В. Козлов // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 78-79.

31. Кобцев Г.Н. Автоматические приборы для определения фосфорорганических отравляющих веществ // Г.Н. Кобцев, К.В. Векслер, А.В. Ершов // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 89-90.

32. Новиков С.В. Применение статической микротвердофазной экстракции для определения содержания зарина и зомана в воде // С.В. Новиков, Е.В. Качур // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 81-83.

33. Сенсоры для детектирования агентов химических вооружений. Sensors fo chemical weapons detection. Murray George M., Southard Glen E. IEEE Instrum. and Meas. Mag. – 2002. – 5, №4. – С. 12-21.

34. Волкова Е.И. Возможности применения метода спектрометрии ионной подвижности для индикации отравляющих веществ и соответствии технических харак-

теристик приборов, основанных на данном методе, предъявляемых к ним требованиям / Е.И. Волкова, Е.В. Брызгалкина // Тез. докл. – М., 6 – 8 октября 2004. – С. 17-19.

35. Денисов Н.С. Универсальный титриметрический способ определения массовой доли основного вещества некоторых отравляющих веществ и продуктов их деструкции / Н.С. Денисов, И.А. Левшиов, О.Я. Веткин // Тез. докл. 2 Научно-практ. конф. – М., 6 – 8 окт., 2004. – С. 91-93.

36. Лапкина Л.Н. Общедоступный биоиндикатор ФОС в условиях чрезвычайной ситуации. 2 съезд токсикологов России. / Л.Н. Лапкина, Б.А. Флеров // Тез. докл. Москва, 12 – 13 ноября 2003 г. – М., 2003. – С. 155-156.

37. Комиссаров А.Н. Результаты разработки газоанализаторов санитарно-гигиенического и аварийного контроля для объектов по уничтожению фосфорорганических отравляющих веществ. (Научно-технический центр Федерального управления по безопасному хранению

и уничтожению химического оружия) / А.Н. Комиссаров // Тез. докл. – М., 6 – 8 октября 2004. – С. 3-4.

38. Никольская Е.Б. Тестовые устройства для обнаружения микроколичеств фосфорорганических пестицидов и лекарственных препаратов антихолинэстеразного действия / Е.Б. Никольская // Журн. аналит. химии. – 1994. – Т. 49, № 4. – С. 374-380.

39. Индикаторная трубка для определения активности холинэстеразы в биологических жидкостях / Е.И. Моросонова, С.А. Резникова, Э.Т. Гайнуллина и др. // Химия аналитических веществ и материалов: тез. докл. Всерос. конф., 16 – 17 апр. 2000. – М., 2007. – С. 106-107.

Поступила в редколлегию 4.12.2009

Рецензент: д-р хим. наук, проф. А.Е. Васюков, Национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, Харьков.

МЕТОДИ ІНДИКАЦІЇ ФОСФОРОРГАНІЧНИХ ОТРУЙНИХ РЕЧОВИН ТА ПЕСТИЦИДІВ

О.О. Шевцова

В роботі розглянуті та узагальнені існуючі методи визначення фосфорорганічних отруйних речовин та пестицидів. Аналізуються переваги та недоліки найбільш розповсюджених методів моніторингу фосфорорганічних токсикантів фізико – хімічного та біологічного.

Додаються деякі найбільш перспективні методики та прилади, які з найбільшою ефективністю можуть бути використані службами масового аналітичного контролю.

Ключові слова: моніторинг, індикація, фосфорорганічні отруйні речовини (ФОР), пестициди, біосенсори.

METHODS OF INDICATION PHOSPHOR ORGANIC POISON COMPOUNDS AND PESTICIDES

O.A. Shevtsova

This work devoted to the problem of indication of phosphor-organic poison compounds and pesticides. Analytical information is summered and also dignities and lacks of every method are considered. The most spreading methods of monitoring of phosphor-organic compounds and pesticides are analyzed namely: physical, chemical and biological methods.

The most interesting and perspective methods of analyses are recommended for the use by services of mass control.

Keywords: monitoring, indication, phosphor-organic poison compounds, pesticides, biosensors.