

Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 24–34.
Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 4 (13): 24–34 (In Russ.)

Научная статья
УДК 544.723
doi 10.54398/1818507X_2023_4_24

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И СВИНЦА В МОТОРНОМ ТОПЛИВЕ

Очередко Юлия Александровна^{1✉}, Матвеева (Котлова) Анастасия Александровна², Матвеев Алексей Владимирович¹

¹Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

²Средняя общеобразовательная школа № 37, г. Астрахань, Россия
jocheredko@yandex.ru[✉]

Аннотация. Предложенный метод определения металлов, попадающих в топливо в результате коррозии и в составе антидетонационных присадок, позволяет проводить определение вне лаборатории, а также без привлечения высококвалифицированных специалистов. Превышение допустимых концентраций определяемых ионов металлов приводит к неблагоприятным последствиям не только для транспорта, но и для окружающей среды, куда они могут попасть с продуктами сгорания топлива. Данный метод определения ионов металлов железа, марганца и свинца характеризуется экспрессностью и селективностью определения. Метод основан на визуальной контрастности цветового перехода при взаимодействии индикаторного средства с ионами марганца, железа и свинца, содержащимися в моторном топливе. В основу положены хромогенные реакции определяемых ионов с реагентами-индикаторами. Экспресс-определитель представляет собой стеклянные трубки, наполненные индикаторным средством на носителе, в качестве которого использовали мелкие гранулы силикагеля, а индикаторное средство для каждого иона определяемого металла готовили по определённым методикам. Индикаторный состав имеет высокую чувствительность к соединениям, содержащим в своём составе данные металлы, что позволяет обнаружить их в пробе моторного топлива с высокой точностью. С помощью экспресс-метода возможно определить металлы вне лабораторных условий, на заправочных станциях, базах, хранилищах и других предприятиях, производящих и потребляющих моторные топлива.

Ключевые слова: моторное топливо, ферроцены, цимантрены, тетраэтилсвинец, антидетонаторы, индикатор, экспресс-определитель, гранулы силикагеля

Для цитирования: Очередко Ю. А., Матвеева (Котлова) А. А., Матвеев А. В. Метод определения ионов железа, марганца и свинца в моторном топливе // Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 24–34. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_24.

METHOD OF EXPRESS DETERMINATION OF ANTI-KNOCK ADDITIVE IN MOTOR FUEL

Ocheredko Yuliya A.^{1✉}, Matveeva (Kotlova) Anastasia A.², Matveev Alexey V.¹

¹Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

²Secondary school No. 37, Astrakhan, Russia

jocheredko@yandex.ru[✉]

Abstract. The proposed method for determining metals that enter fuel as a result of corrosion and as part of anti-knock additives allows determinations to be made outside the laboratory, and also without the involvement of highly qualified specialists. Exceeding the permissible concentrations of detectable metal ions leads to adverse consequences not only for transport, but also for the environment, where they can enter with fuel combustion products. This method for the determination of metal ions iron, manganese and lead is characterized by rapidity and selectivity of determination. The method is based on the visual contrast of the color transition during the interaction of the indicator agent with manganese, iron and lead ions contained in motor fuel. It is based on chromogenic reactions of the determined ions with indicator reagents. The express determinant consists of glass tubes filled with an indicator agent on a carrier, for which small silica gel granules were used, and the indicator agent for each ion of the metal being determined was prepared according to certain methods. The indicator composition is highly sensitive to compounds containing these metals, which allows them to be detected in a motor fuel sample with high accuracy. Using the express method, it is possible to determine metals outside laboratory conditions, at gas stations, bases, storage facilities and other enterprises that produce and consume motor fuels.

Keywords: motor fuel, ferrocene, cymantrene, tetraethyl lead, antiknock agents, indicator, express determinant, silica gel granules

For citation: Ocheredko Yu. A., Matveeva (Kotlova) A. A., Matveev A. V. Method for determining iron, manganese and lead ions in motor fuel. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2023; 4 (13): 24–34. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_24.

Введение. Проблема качества моторного топлива в настоящее время продолжает оставаться актуальной. Это связано с тем, что нарушение норм изготовления и превышение допустимых концентраций различных примесей приводит к неблагоприятным последствиям как для транспорта, так и для окружающей среды. В течение длительного времени эксплуатации у различных видов транспорта — наземного, воздушного и водного — могут возникать такие последствия использования моторного топлива, загрязнённого ионами металлов (железа, марганца, свинца), как быстрый износ двигателей, нарушение работы топливных систем, увеличение смолообразования, оседание этих смол на клапанах двигателя, образование нагара на свечах зажигания и т. д.

Существует и негативное влияние этих соединений на окружающую среду, куда они могут попасть с продуктами сгорания топлив. Ежегодно выбрасываются миллионы тонн вредных веществ в атмосферу, почву, воду, которые негативно влияют на здоровье человека. Так, установлены предельные допустимые концентрации определяемых ионов металлов в атмосферном воздухе населённых мест, которые составляют: марганца — 0,01 мг/м³; железа —

0,04 мг/м³; свинца — 0,001 мг/м³. Соединения последнего и вовсе относятся к первому классу опасности [12].

Основным путём поступления таких ионов металлов в моторное топливо являются антидетонационные присадки. Введение присадок является наиболее дешёвым и эффективным способом повышения детонационной стойкости бензинов. Детонационная стойкость — главный показатель качества топлива. Соответствие требованиям детонационной стойкости зависит от природного химического состава нефти и технологии получения из неё топлива, а также от ввода соответствующих присадок [17].

Одной из групп таких антидетонационных присадок являются так называемые металлоцены — цимантрены (соединения марганца), ферроцены (соединения железа), тетраэтилсвинец (соединение свинца). Превышение допустимых концентраций цимантренов и ферроценов приводит к неблагоприятным последствиям, которые упомянуты выше, а наличие тетраэтилсвинца и вовсе запрещено [10].

1 июля 2003 г. был принят Федеральный закон Российской Федерации «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в РФ», в котором сказано, что в целях предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду производство и оборот этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации запрещаются. То есть содержание тетраэтилсвинца совершенно недопустимо. Однако некоторые недобросовестные производители экономят на качестве бензина и добавляют в него вредные свинецсодержащие антидетонационные присадки с целью повышения октанового числа бензина. Это является правонарушением и влечёт за собой административное наказание [25].

В целях уменьшения вредного воздействия транспортных средств на окружающую среду установлены обязательные требования к качеству моторных топлив, которые изложены в техническом регламенте «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» [21].

Настоящая работа посвящена созданию нового экспресс-метода определения металлов в пробе моторного топлива, с помощью которого возможно точно, быстро и просто, вне лабораторных условий определить соединения марганца, железа и свинца в моторных топливах, т. к. уже имеющиеся способы анализа проб топлива требуют дорогостоящего оборудования, высококвалифицированных специалистов, агрессивных температур и т. д. [1–9; 11; 13–16; 20].

Материалы и методы исследований. В основе предложенного экспресс-метода определения металлов лежат хромогенные реакции [17–19; 22–24].

Для установления наличия марганца используется реакция, в ходе которой определяемый ион взаимодействует с метапериодатом калия, в результате чего изменяется окраска из белой в бурую (рис. 1).

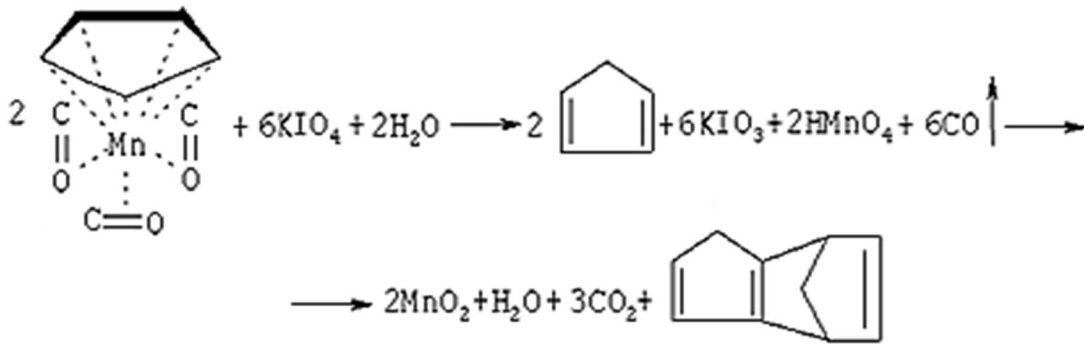


Рисунок 1 — Уравнение реакции взаимодействия цимантрена с метапериодатом калия

Для определения железа использовали качественную реакцию с *o*-фенантролином, образующим с железом (II) красный комплекс (рис. 2).

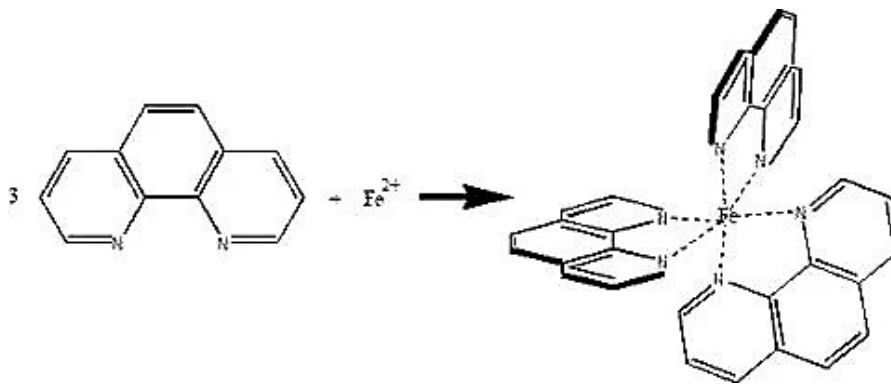


Рисунок 2 — Уравнение реакции взаимодействия *o*-фенантролина с ионом железа (II)

Для определения ионов свинца (II) использовали 4-(2-пиридилазо)резорцин, при взаимодействии с которым изменяется окраска из оранжевой в красную (рис. 3).

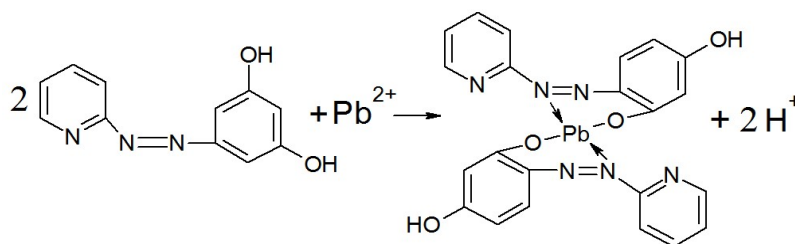


Рисунок 3 — Уравнение реакции взаимодействия 4-(2-пиридилазо)резорцина с ионом свинца (II)

Результаты исследования и их обсуждение. Предлагаемый экспресс-определитель представляет собой стеклянные трубки, наполненные носителем с индикаторным средством. В качестве носителя использовали мелкие гранулы силикагеля, а индикаторное средство готовили по определённым методикам для каждого определяемого иона металла.

Для определения марганца готовили 6,55%-ный раствор KIO_4 , затем адсорбировали его на силикагель. Полученную суспензию отфильтровывали, и фильтр с модифицированным силикагелем высушивали в сушильном

шкафу. Высушенным силикагелем заполняли стеклянные трубки с внутренним диаметром 5 мм на 100 мм по высоте.

Для построения градуировочного графика готовили растворы, содержащие ион марганца в различной концентрации, в интервале 13–24 мг/дм³, после чего 1 см³ раствора пропускали через трубку, наполненную модифицированным силикагелем. Спустя 2 мин., когда весь силикагель пропитывался раствором марганца, измеряли длину окрашенной зоны.

По полученным данным построили градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации марганца в растворе (рис. 4).

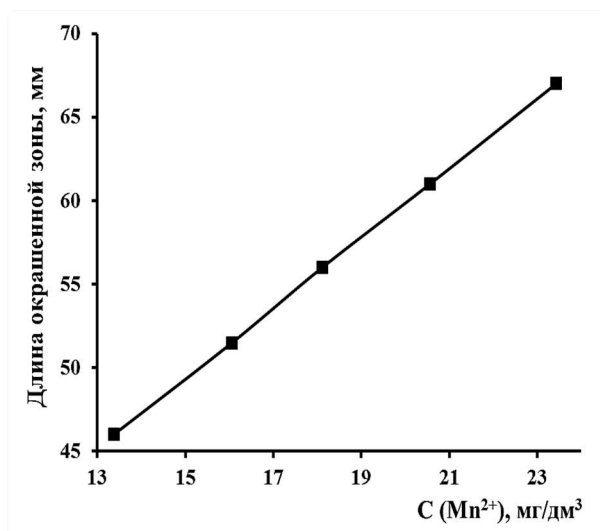


Рисунок 4 — Градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации марганца

Для определения железа готовили раствор 1%-го фенантролина, который затем адсорбировали на силикагель. Полученную суспензию отфильтровывали, сушили в сушильном шкафу. После полного высушивания силикагеля заполняли им стеклянные трубки с внутренним диаметром 5 мм на 100 мм по высоте.

Для построения градуировочного графика готовили растворы, содержащие ион железа (II) в различной концентрации от 20 до 55 мг/дм³. После чего 1 см³ раствора пропускали через трубку, наполненную модифицированным силикагелем. Спустя 2 мин., когда весь силикагель пропитался раствором железа (II), измеряли длину окрашенной зоны.

По полученным данным построили градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации железа в растворе (рис. 5).

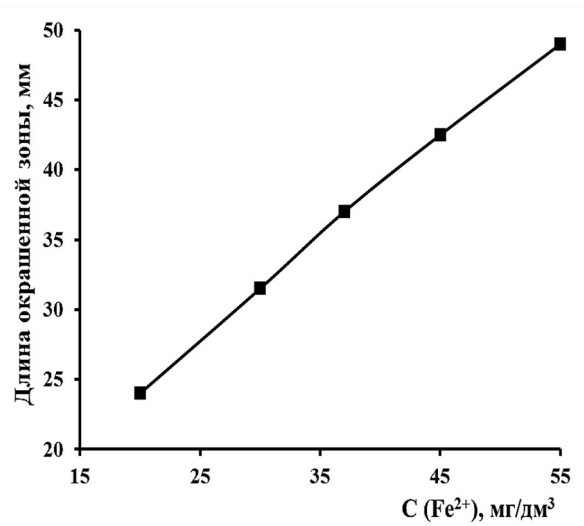


Рисунок 5 — Градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации железа

Для определения свинца готовили раствор 4-(2-пиридилазо)резорцина с концентрацией 0,2 % (масс.) и адсорбировали на силикагель. Полученную суспензию отфильтровали и фильтр с модифицированным силикагелем высушивали в сушильном шкафу. После полного высушивания силикагеля заполняли им стеклянные трубки с внутренним диаметром 5 мм на 100 мм по высоте.

Для построения градуировочного графика готовили растворы, содержащие ион свинца (II) в различной концентрации 0,005–0,100 мг/дм³. После чего 1 см³ раствора пропускали через трубку, наполненную модифицированным силикагелем. Спустя 2 мин., когда весь силикагель пропитался раствором свинца (II), измеряли длину окрашенной зоны.

По полученным данным построили градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации свинца в растворе (рис. 6).

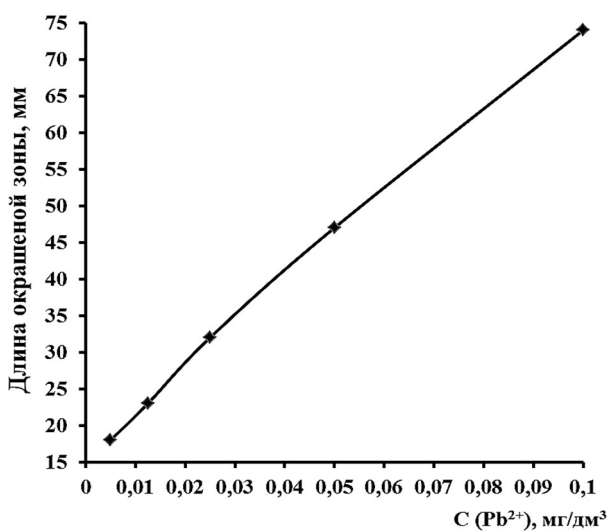


Рисунок 6 — Градуировочный график зависимости длины окрашенной зоны предложенного индикатора от концентрации свинца

На графиках зависимости, представленных на рисунках 4–6, видно, что полученные данные имеют линейный характер зависимости. На всех градуировочных графиках с увеличением концентрации иона металла увеличивается длина окрашенной зоны, что и стало основой предложенного метода.

Для определения железа и марганца в пробе бензина необходимо через стеклянную трубку, наполненную модифицированным силикагелем, пропустить 1 см³ моторного топлива и спустя 2 мин., когда весь силикагель пропитается пробой анализируемого бензина, измерить длину окрашенной зоны.

При определении свинца пробу бензина разбавляют метилизобутилкетон и стабилизируют компоненты алкилсвинца с использованием реакции четвертичного аммония с йодом и солью. Несмотря на сложность определения свинца, все эти действия можно произвести в шприце и затем также пропустить полученный раствор через трубку с индикаторным средством.

Для определения точной концентрации металла в пробе используют градуировочный график, т. е. сопоставляют длину окрашенной зоны и концентрацию металла [10; 17–19].

Заключение. Таким образом, с помощью предложенного метода появилась возможность точно, быстро и просто, вне лабораторных условий определить содержание соединений металлов в моторном топливе в следующих пределах: для марганца — 13–24 мг/дм³, для железа — 20–55 мг/дм³, для свинца — 0,005–0,1 мг/дм³.

Список литературы

1. Bağ, H. Determination of Cu, Zn, Fe, Ni and Cd by flame atomic absorption spectrophotometry after preconcentration by *Escherichia coli* immobilized on sepiolite / H. Bağ, A. R. Türker, M. Lale // *Talanta*. — 2000. — Vol. 51 (5). — P. 1035.
2. Bağ, H. Determination of Fe (II) and Fe (III) in water by flame atomic absorption spectrophotometry after their separation with *Aspergillus niger* immobilized on sepiolite / H. Bağ, A. R. Türker, A. Tunçeli, M. Lale // *Anal Sci*. — 2001. — Vol. 17 (7). — P. 901.
3. Baytak, S. The use of *Agrobacterium tumefaciens* immobilized on Amberlite XAD-4 as a new biosorbent for the column preconcentration of iron (III), cobalt (II), manganese (II) and chromium (III) / S. Baytak, A. R. Türker // *Talanta*. — 2005. — Vol. 65 (4). — P. 938.
4. Baytak, S. Determination of lead and nickel in environmental samples by flame atomic absorption spectrometry after column solid-phase extraction on Amborsorb-572 with EDTA / S. Baytak, A. R. Türker // *J. Hazard Mater*. — 2006. — B129. — P. 130.
5. Doğan, C. E. Sorption and preconcentration of some trace metals on sepiolite / C. E. Doğan, K. Ünel // *Ann Chim*. — 2002. — Vol. 92. — P. 1171.
6. Elci, L. Flow injection solid phase extraction with chromosorb 102: determination of lead in soil and waters by flame atomic absorption spectrometry / L. Elci, Z. Arslan, J. F. Tyson // *Spectrochim Acta*. — 2000. — 55B. — P. 1109.
7. Hüseyin, Bağ. Determination of Lead, Iron, Manganese and Zinc in Sea Water Samples by Atomic Absorption Spectrometry after Preconcentration with Chromosorb 105 / Hüseyin Bağ, Aydan Elçi, Latif Elçi // *Eur. J. of Anal. Chem*. — 2006, September. — Vol. 1, № 1. — P. 42–54.
8. Kaldykozov, E. K. Influence of additives on anti knock and environmental properties of gasoline and their mechanism of action / E. K. Kaldykozov, B. A. Abdikerimov, G. E. Kaldygozova, E. S. Tleubay // *Rasayan J. Chem*. — 2020, October – December. — Vol. 13, № 4. — P. 2582–2587.

9. Kendüzler, E. Determination of Iron, Manganese and Zinc in Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry after Preconcentration with Solid-Phase Extraction onto Amborsorb 572 / E. Kendüzler, A. R. Türker // *Anal Sci.* — 2002. — Vol. 18 (8). — P. 917.

10. Kotlova, A. A. Identification of lead compounds in the engine fuel / A. A. Kotlova, Yu. A. Ocheredko // *Scientific discussion.* — Praha, Czech Republic, 2018. — Vol. 1, № 17. — P. 20–22.

11. Türker, A. R. Determination of iron and lead by flame atomic absorption spectrometry after preconcentration with sepiolite / A. R. Türker, H. Bağ, B. Erdoğan // *Fresenius J. Anal. Chem.* — 1997. — Vol. 357 (3). — P. 351.

12. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест : Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : издание официальное : утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации. Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации от 30 05 03, № 114 с 25 июня 2003 г. / Разработаны коллективом авторов в составе М. А. Пинигин, Л. А. Тепикина, С. М. Новиков и т. д. — Москва : Минздрав России, 2003. — 86 с.

13. ГОСТ Р 51925-2011. Бензины. Определение марганца методом атомно-абсорбционной спектроскопии. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51451/?ysclid=lolrnlcpuu799786231> (дата обращения: 05.11.2023).

14. ГОСТ Р 51942-2010. Бензины. Определение свинца методом атомно-абсорбционной спектроскопии. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51154/?ysclid=lolrpkuxmw710818273> (дата обращения: 05.11.2023).

15. ГОСТ Р 52530-2006. Бензины автомобильные. Фотокolorиметрический метод определения железа. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76/?ysclid=lolrkgqpkv911342676> (дата обращения: 05.11.2023).

16. ГОСТ Р 8.783-2012. Бензин автомобильный. Прямой метод определения свинца, железа и марганца. — URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57904/?ysclid=lolrues8ax594788460> (дата обращения: 05.11.2023).

17. Котлова, А. А. Определение содержания в бензине металлов, используемых в антидетонационных присадках / А. А. Котлова // *Химия и химическая технология в XXI веке.* — Томск, 2019. — С. 252–253.

18. Котлова, А. А. Определение содержания железа в моторном топливе / А. А. Котлова, Ю. А. Очередко // *Инновации и перспективы современной науки. Естественные науки.* — Астрахань, 2018. — № 2 (59). — С. 97–103.

19. Котлова, А. А. Определение содержания железа и марганца в моторном топливе / А. А. Котлова, И. А. Белоус, А. В. Кияшко [и др.] // *Естественные науки.* — 2017. — № 2 (59). — С. 97–102.

20. Левин, А. А. Определение марганца в бензинах методом ИК-спектроскопии / А. А. Левин, С. Д. Лихтеров // *Проблемы разработки, производства, оценки соответствия и применения горючесмазочных материалов и технических средств нефтепродуктообеспечения.* — Москва, 2008. — С. 216–217.

21. О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту : Технический регламент Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2008 г. № 118. — Москва, 2008. — 12 с.

22. Островская, В. М. Экспрессное тест-определение железа (II) в водных средах реагентной индикаторной бумагой / В. М. Островская, Н. В. Давидовский, О. А. Прокопенко, Д. А. Маньшев // *Журнал аналитической химии.* — 2004. — Т. 59, № 9. — С. 979–981.

23. Пат. № 2 088 917 Российская Федерация, МПК G01N 31/22 (2006.01). Способ определения железа реактивной индикаторной бумагой / Виноградов В. Ю., Островская В. М., Королев Ю. С. — Заяв. 1994.11.29 ; опубл. 1997.08.27. — Бюл. № 94042651/04. — 5 с.

24. Пат. № 2249814 Российская Федерация, МПК B22D 11/115(2006.01). Способ определения содержания свинца в бензине, индикаторный состав для его осуществления и способ получения индикатора на носителе для определения содержания свинца в бензине / Дедов А. Г., Зрелова Л. В., Некрасова В. В., Филиппенкова Н. М., Небога С. В., Котова Н. Н., Мясоедов Б. В., Кузьмин С. Т. — Заяв. № 2005130798/02 от 2005.10.04 ; опубл. 10.04.2005. — 11 с.

25. О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации : Федеральный закон № 34-ФЗ : [принят Государственной думой 7 марта 2003 года : одобрен Советом Федерации 12 марта 2003 года]. – Москва, 2003. – 1 с.

References

1. Bağ, H., Türker, A. R., Lale, M. Determination of Cu, Zn, Fe, Ni and Cd by flame atomic absorption spectrophotometry after preconcentration by *Escherichia coli* immobilized on sepiolite. *Talanta*. 2000; 51(5): 1035.

2. Bağ, H., Türker, A. R., Tunçeli, A., Lale, M. Determination of Fe (II) and Fe (III) in water by flame atomic absorption spectrophotometry after their separation with *Aspergillus niger* immobilized on sepiolite. *Anal Sci*. 2001; 17(7): 901.

3. Baytak, S., Türker, A. R. The use of *Agrobacterium tumefaciens* immobilized on Amberlite XAD-4 as a new biosorbent for the column preconcentration of iron (III), cobalt (II), manganese (II) and chromium (III). *Talanta*. 2005; 65(4): 938.

4. Baytak, S., Türker, A. R. Determination of lead and nickel in environmental samples by flame atomic absorption spectrometry after column solid-phase extraction on Ambersorb-572 with EDTA. *J. Hazard Mater*. 2006; B129: 130.

5. Doğan, C. E., Ünel, K. Sorption and preconcentration of some trace metals on sepiolite. *Ann Chim*. 2002; 92: 1171.

6. Elçi, L., Arslan, Z., Tyson, J. F. Flow injection solid phase extraction with Chromosorb 102: determination of lead in soil and waters by flame atomic absorption spectrometry. *Spectrochim Acta*. 2000; 55B: 1109.

7. Hüseyin, Bağ, Aydan, Elçi, Latif, Elçi. Determination of Lead, Iron, Manganese and Zinc in Sea Water Samples by Atomic Absorption Spectrometry after Preconcentration with Chromosorb 105. *Eur. J. of Anal. Chem*. 2006, September; 1(1): 42–54.

8. Kaldykozov, E. K., Abdikerimov, B. A., Kaldygozova, G. E., Tleubay, E. S. Influence of additives on anti knock and environmental properties of gasoline and their mechanism of action. *Rasayan J. Chem*. 2020, October – December; 13(4): 2582–2587.

9. Kendüzler, E., Türker, A. R. Determination of Iron, Manganese and Zinc in Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry after Preconcentration with Solid-Phase Extraction onto Ambersorb 572. *Anal Sci*. 2002; 18(8): 917.

10. Kotlova A. A., Ocheredko Yu. A. Identification of lead compounds in the engine fuel. *Scientific discussion*. Praha: 2018; 1(17): 20–22.

11. Türker, A R, Bağ, H., Erdoğan, B. Determination of iron and lead by flame atomic absorption spectrometry after preconcentration with sepiolite. *Fresenius J Anal Chem*. 1997; 357(3): 351.

12. *GN 2.1.6.1338-03. Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas: State sanitary and epidemiological rules and regulations: official publication: approved and put into effect by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation. First Deputy Minister of Health of the Russian Federation dated 30.05.2003, No. 114*

from June 25, 2003 / Developed by a team of authors consisting of M. A. Pinigin, L. A. Tepikina, S. M. Novikov, etc. Moscow: Ministry of Health of Russia; 2003: 86.

13. GOST R 51925-2011. Gasolines. Determination of manganese by atomic absorption spectroscopy. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51451/?ysclid=lo1m1cpuu799786231> (accessed: 11.05.2023).

14. GOST R 51942-2010. Gasolines. Determination of lead by atomic absorption spectroscopy. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51154/?ysclid=lo1rqkuxmw710818273> (accessed: 11.05.2023).

15. GOST R 52530-2006. Automobile gasolines. Photocolorimetric method for determining iron. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76/?ysclid=lo1rkqpkv911342676> (accessed: 11.05.2023).

16. GOST R 8.783-2012. Automotive gasoline. Direct method for the determination of lead, iron and manganese. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57904/?ysclid=lo1rues8ax594788460> (accessed: 11.05.2023).

17. Kotlova A. A., Ocheredko Yu. A. Opredelenie sodержaniya zheleza v motornom toplive. *Innovatsii i perspektivy sovremennoy nauki. Yestestvennye nauki = Innovations and prospects of modern science. Natural Sciences*. Astrakhan; 2018: 207.

18. Kotlova, A. A., Belous, I. A., Kiyashko, A. V. Opredelenie sodержaniya zheleza i margantsa v motornom toplive. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2017; 2(59): 97–102.

19. Kotlova, A. A. Opredelenie sodержaniya v benzine metallov, ispolzuemykh v antidetonatsionnykh prisadkakh. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya v XXI veke = Chemistry and chemical technology in the XXI century*. Tomsk; 2019: 634.

20. Levin, A. A., Likhterov, S. D. Opredelenie margantsa v benzinakh metodom IK spektroskopii. *Problemy razrabotki, proizvodstva, otsenkisootvetstviya i primeneniya goryuchemazochnykh materialov i tekhnicheskikh sredstv nefteproduktoobespecheniya = Problems of development, production, compliance assessment and use of fuels, lubricants and technical means for supplying petroleum products*. Moscow; 2008: 216–217.

21. *On the requirements for automobile and aviation gasoline, diesel and marine fuel, jet fuel and heating oil: Technical regulations of the Russian Federation: official publication: approved and put into effect by Decree of the Government of the Russian Federation dated February 27, 2008 No. 118*. Moscow; 2008: 12 p.

22. Ostrovskaya, V. M. et al. Ekspressnoe test-opredeleniezheleza (II) v vodnykhsredakhreagentnoyindikatorenoybumagoy. *Zhurnal analiticheskoy khimii = Journal of Analytical Chemistry*. 2004; 59(9): 979–981.

23. Vinogradov, V. Yu., Ostrovskaya, V. M., Korolev, Yu. S. Patent No. 2088917. Russian Federation, IPC G01N 31/22 (2006.01). Method for determining iron using reactive indicator paper: No. 94042651/04, application 1994.11.29; publ. 1997.08.27: 5.

24. Dedov, A. G., Matrelova, L. V., Nekrasova, V. V., Filippenkova, N. M., Neboga, S. V., Kotova, N. N., Myasoedov, B. V., Kuzmin, S. T. Patent No. 2249814. Russian Federation, IPC B22D 11/115(2006.01). A method for determining the lead content in gasoline, an indicator composition for its implementation and a method for obtaining an indicator on a carrier for determining the lead content in gasoline: No. 2005130798/02 application 2005.10.04; publ. 10.04.2005: 11.

25. *On the ban on the production and circulation of leaded motor gasoline in the Russian Federation: Federal Law No. 34-FZ: [adopted by the State Duma on March 7, 2003: approved by the Federation Council on March 12, 2003]*. Moscow; 2003: 1.

Информация об авторах

Очередко Ю. А. — кандидат технических наук, доцент;
Матвеева (Котлова) А. А. — учитель;
Матвеев А. В. — магистрант.

Information about the authors

Ocheredko Yu. A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Matveeva (Kotlova) A. A. — Teacher;
Matveev A. V. — undergraduate.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 08.11.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023;
принята к публикации 24.11.2023.

The article was submitted 08.11.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted
for publication 24.11.2023.