

УДК:577.11:613.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЗЛИВОВИХ ВОДАХ

Синяєва Н.П., к.х.н., доцент, Дударева Г.Ф., к.с.-г.н., доцент, Хімії А.О., магістрант

Запорізький національний університет, Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66sinyaeva.1941@mail.ru

У статті наведено дослідження форми знаходження за змістом важких металів у зливових водах.

Мета – проведення моніторингу Cu, Fe, Ni у зливових водах АТ «Мотор Січ».**Методи.** Визначення форм знаходження проводили на основі аналізу відомих літературних джерел та аналізу води до та після фільтрації. Залпові викиди зливових вод контролювали тестовими методами. На локальних очисних спорудах в залежності від етапу очистки використовувався експресний метод атомної адсорбції з атомізацією проби в полум'ї. Джерело випромінювання – високоінтенсивна лампа (ксенонова) з низьким відношенням «сигнал-шум», що дозволяє одержати чутливість на рівні електротермічної атомізації.**Результати та висновки.** Встановлена доцільність при моніторингу вмісту Fe, Ni, Cu у зливових водах АТ «Мотор Січ» інструментального методу з використанням спектрометра Contra AA300 (мультиелементний аналіз) і визначено, що вміст Fe, Ni, Cu у зливових водах очисних споруд не перевищує ГДК, встановлені СанПін.*Ключові слова:* атомно-абсорбційна спектрометрія, зливна вода, важкі метали, зважені частинки, масова концентрація**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЛИВНЫХ ВОДАХ***Синяева Н.П., Дударева Г.Ф., Химий А.О.**Запорожский национальный университет, Украина, 69600, Запорожье, ул. Жуковского, 66*

В статье приведены исследования формы нахождения тяжелых металлов в водах.

Цель – проведение мониторинга Cu, Fe, Ni в сливных водах АО «Мотор Сич».**Методы.** Определение форм нахождения проводили на основе анализа известных литературных источников и анализа воды до и после фильтрации. Залповые выбросы сливных вод контролировали тестовыми методами. На локальных очистных сооружениях в зависимости от этапа очистки использовался экспресный метод атомной адсорбции с атомизацией пробы в пламени. Источник излучения – высокоинтенсивная лампа (ксеноновая) с низким отношением «сигнал-шум», что позволяет получить чувствительность на уровне электротермической атомизации.**Результаты и выводы.** Установлена целесообразность при мониторинге содержания Fe, Ni, Cu в сливных водах АО «Мотор Сич» инструментального метода с использованием спектрометра Contra AA300 (мультиэлементный анализ) і определено, что содержание Fe, Ni, Cu в сливных водах очистных сооружений не превышает ПДК, установленные СанПин.*Ключевые слова:* атомно-абсорбционная спектрометрия, сливная вода, тяжелые металлы, взвешенные частички, массовая концентрация**THE STUDY OF HEAVY METAL CONTENT IN WASTEWATER IN THE CITY***Synyaeva N.P., Dudaryeva G.F., Khimiy A.O.**Zaporizhzhya National University, Ukraine, Zhukovsky st., 66, Zaporizhzhya, 69600,*

The article contains the research ways of detecting the heavy metals by their content in storm waters.

The aim of research is to conduct the monitoring process of Cu, Fe, Ni in the storm waters of the "Motor Sich" JSC.**Methods.** Defining the forms of analysis was carried out on the basis of known literary sources and analysis of water before and after filtration. Volley emissions of the storm water was being controlled using the test methods. At the local wastewater treatment plants, depending on the stage of purification process, the express method of atomic absorption spectroscopy based on flame atomization was used. The source of radiation - high intensity (xenon) lamp with low "signal to noise" ratio that allows achieving sensitivity at the level of electrothermal atomization.

Results and conclusion. We have established the expediency of monitoring the content of Fe, Ni, Cu in storm waters of the "Motor Sich" JSC by way of utilizing the instrumental method using a Contra AA300 spectrometer (multielement analysis) and determined that the content of Fe, Ni, Cu in storm waters at the sewage treatment plants does not exceed the TLV set by the Sanitary rules and regulations.

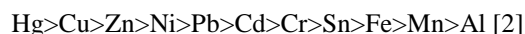
Key words: atomic absorption spectroscopy, storm water, heavy metals, suspended particles, mass concentration

INTRODUCTION

State of the environment is an important factor in determining the livelihoods of people and society. High concentrations of many chemical elements and compounds are caused by the technogenic processes that nowadays can be found in every environment. Heavy metals are among the most widespread pollutants of the aquatic environment and toxicity wise are second only to pesticides. Once part of the biogeochemical cycle they seldom leave it and when they do it happens extremely slowly. Metals are often found in the storm waters, so you need to be aware of the methods that allow for a reliable determination in order to prevent their spread in nature. They are dangerous in that they have the ability to accumulate in living organisms, become included in the metabolic cycle, form toxic organometallic compounds, change forms of detection when moving from one environment to another, without succumbing to biodegradation.

Heavy metals can be found in storm waters of metallurgical and metal processing companies, electroplating shops, autoenterprises. The pattern of emissions will vary depending on the type of company. Among the emissions produced by autoenterprises the lead compounds prevail unequivocally; galvanic shops, on the other hand, dump compounds of zinc, iron, cobalt, cadmium, nickel and copper in storm waters.

Toxicity wise metals can be lined up in a following order:



Out of the large volume of industrial emissions that end up polluting the environment, the mechanical engineering amounts to a tiny fraction of 1 to 2%. However, machine-building enterprises of the city of Zaporizhzhya are composed of the main and auxiliary technological processes and plants that emit relatively high levels of environmental pollution. Electroplating shops are one of the largest sources of waste water formation in the field of mechanical engineering because emissions of iron, copper and nickel appear to be quite large.

Heavy metals that are being studied in terms of storm waters, can be classified toxicity wise as follows:



Local wastewater treatment plants operate at the manufacturing plants, which provide purification of rainwater from metallic impurities and suspended solids. Purification techniques used: reagent-based and physico-chemical. pH adjustment of galvanic discharges is carried out using two-stage reagent treatment before converting metals into an insoluble hydroxide form. When processing storm water it undergoes neutralization and discoloration, which is the result of interaction with a reagent. Then the storm water is subjected to mechanical treatment — flotation, sedimentation, filtration, which allows separating the insoluble impurities. The next step in storm water purification is filtering through high pressure sediment, sorption and ion exchange filters. At this stage the water loses all the suspended particles, organic compounds, heavy metal ions, nitrates, sulfates, chlorides etc..

The effectiveness of storm water treatment is evaluated at 97-99%.

In aquatic environments metals are present in three forms: in the form of a suspension, colloid or a dissolved compound. The latter are represented by the free ions and soluble complex compounds that have organic and inorganic ligands. Hydrolysis has a great influence on the content of these elements in water, which determines the way of detecting the element in the aquatic environment. A significant portion of Cu, Ni, Fe is transferred by the surface water in the form of a suspension, so the analysis of such water is subject to certain difficulties [3].

They are represented by the test methods that we use in case of volley emissions with concentrations that lie in the range of $\sim 1000 \text{ mg/dm}^3$.

Photocolorimetric method of using organic reagents such as sulfo-salicylic acid, α, α -dipyridyl, ortofenatrolin (Fe), diethyldithiocarbonate (Cu), dimethylglyoxine (Ni) allows you to control the content of metals in accordance with the range of $0,001\text{-}1 \text{ mg/dm}^3$. Determination of small concentrations requires the use of pure reagents and measuring vessels of the first class accuracy. In addition, you must consider the mutual influence of interfering elements and their ratios, which are not always known, and even the analysis of variance, i.e.: the method, which is based on a large number of samples, we think is inappropriate.

Among promising techniques for determining Cu, Ni, Fe are instrumental, selective methods, one of which is the atomic absorption spectroscopy using flame atomization [4, 5].

MATERIALS AND METHODS

The object of study is storm water near the "Motor Sich" JSC.

The subject of study here is the monitoring of the Fe, Ni, Cu content in storm waters.

Experiments carried out using Contra AA300 spectrometer that has a spectral range of 190-900 nm; radiation source - xenon high-intensity lamp; measurements and access to the flame temperature mode - automatic; simultaneously with the powering of the device. The double monochromator allows for selective multielement measurements from one sample. Metal content under control is possible from 0.15 to 50 mg/m³. Atomization mode given in Table 1.

Таблиця 1 – Умови проведення аналізу зливових вод.

Element	λ , nm	d, mm	Mixture of gases	area/hour	z, nm
Ni	232,00	100	C ₂ H ₂ — air	68-635	5
Fe	248,33	100	C ₂ H ₂ — air	68-635	6
Cu	324,75	100	C ₂ H ₂ — air	40-600	5

Notes: d - width of the burner; n - the ratio of fuel to oxidizer; z - transluence flame zone. Modes of atomic absorption spectroscopy are given below.

Element Cu λ 324,75; Ni λ 232,00; Fe λ 248,33; period of integration C3; number of pixels: 7; spectrum number: 30; spectral observations per length, 0.33 nm; 0.27; 0.37; 200 mcs; background adjustment tied to a reference spectrum.

Close attention is paid to the optimization of the combustion mode: its stoichiometry (ratio c/o), temperature and the working transluence area. Analysis was carried out using 2 or 3 absorption wavelengths and the line of absorption we chose on account of absence of mutual influence of iron and nickel. The number of pixels that were included in the analytical signal was 3 to 9, corresponding to the width of the registered absorption spectrum $\Delta\lambda$ from 0,005 to 0,015.

Calibration of the device and the quantity of each element was determined using standard samples of metal ion solutions for metrological maintenance of electroscopic and electrochemical analysis.

If storm water was disposed of directly into the water body, the samples were taken near their release into the pond. Special emphasis was put on frequency selection. In emergency situations, when repairing sewage treatment plants, the frequency selection is increased.

Storm waters vary in composition depending on the enterprise and so when monitoring one should take into account their specific technologies. Samples were taken in turbulent flow in straight sections of sanitation.

Samples were taken for research in dishes from colorless glass or polyethylene of those brands that did permit contact with drinking water. Glassware was thoroughly washed with detergents, repeatedly rinsed immediately before sampling using tap water and then several times afterwards with the water, which was selected for the experiments. If the experiments were carried out after a certain period of time - conservation of samples was conducted on the spot at the pH level of 2 [3, 7].

Preparation of samples for the analysis using atomic absorption spectrometry with flame atomization is performed as follows: at the first stage of the study we conduct wet ashing — 5 aliquot servings of 50 cm³ in volume are being transferred to a heat-resistant glass of 100 cm³ in volume and then we add 3 cm³ of concentrated nitric acid. After wet ashing we fill up a glass with a wet residue with 20-30 cm³ of 0.1 M solution of nitric acid. The resulting solution is quantitatively transferred to a volumetric flask of 50 cm³. The walls of glass are rinsed with 0.1 M nitric acid solution and transferred to the flask. The solution is brought to the mark using 0.1 M solution of nitric acid and then stirred. In the process of determining the dissolved metals, part of the original water sample is filtered through a paper filter called "white ribbon". We used the measuring cylinder to obtain 50 cm³ in filtered samples and all the subsequent sample preparation was carried out similarly. As a control test bidistilled water was used of the volume equal to the volume of the analyzed samples [2,3,5,6]

RESULTS AND DISCUSSION

According to the researchers, storm waters have soluble and insoluble forms of metals (the ions; hydroxides in the form of suspension) and can have different environmental effects, that is why we conducted a test to determine the total metal content before and after filtering, but the preparation of samples for measurements was carried out identically.

The experimental results are shown in Table 2.

Table 2 – The results of determining Fe, Cu, Ni using atomic absorption spectroscopy with flame atomization (n = 5 at P = 0,95)

Element	Mass concentration, mg/dm ³	
	Insoluble forms of elements (before filtration)	Soluble forms of elements in the form of ions (after filtration)
1	2	3
Fe	0,4065	0,1211
	0,4077	0,1216
	0,4081	0,1202
	0,4095	0,1201
	0,4050	0,1216
Cu	0,0269	0,0164
	0,0265	0,0153
	0,0277	0,0160
	0,0281	0,0165
	0,0294	0,0160
Ni	0,0201	0,0145
	0,0210	0,0150
	0,0207	0,0155
	0,0213	0,0158
	0,0201	0,0144

Results of statistical analysis [9] presented in Table 3.

Table 3 – Results of statistical analysis (n = 5; P = 0,95)

Mass concentration	Element	X_{avg}	S^2	S	ϵ
Soluble forms of elements (after filtration) with flame atomization	Fe	0,121	$2,92 \cdot 10^{-3}$	0,0541	$\pm 0,067$
	Cu	0,016	$2,23 \cdot 10^{-7}$	0,0005	$\pm 0,001$
	Ni	0,015	$3,73 \cdot 10^{-7}$	0,0006	$\pm 0,001$
Insoluble forms of elements (before filtration) with flame atomization	Fe	0,407	$3,32 \cdot 10^{-2}$	0,1821	$\pm 0,023$
	Cu	0,028	$1,28 \cdot 10^{-6}$	0,0011	$\pm 0,001$
	Ni	0,021	$8,47 \cdot 10^{-5}$	0,0092	$\pm 0,011$

Table 3 shows that the metal content in the filtered sample studied is lower than metal content in the unfiltered sample. This indicates that metals exist in storm waters not only in ionic form, but also in the insoluble one (hydroxides, etc.), especially in the form of suspended particles.

CONCLUSION

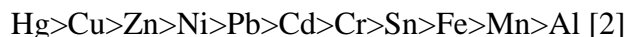
1. It has been established that the quantitative study of metals in the filtered water sample is lower than that of metals in the unfiltered sample, indicating the existence of metals not only in the ionic form, but also in the insoluble one (hydroxides, etc.), especially in the form of suspended particles.
2. To monitor the content of iron, copper, nickel in the storm waters it is advisable to use multielement method of atomic absorption spectrometry with flame atomization and continuous radiation source (xenon lamp) which gives stable results with sensitivity at the level of electrothermal atomization.
3. As a result of our research we have determined the iron, copper, nickel content in the storm waters at the "Motor Sich" JSC. Massive concentrations are at the threshold limit value (TLV).

ВСТУП

Стан навколишнього середовища є найважливішим чинником, що визначає життєдіяльність людини і суспільства. Високі концентрації багатьох хімічних елементів і сполук зумовлені техногенними процесами, виявлені на сьогоднішній день у всіх природних середовищах. Важкі метали відносяться до найбільш широко розповсюджених забруднювачів водного середовища і за токсичністю займають друге місце після пестицидів. Потрапивши до біогеохімічного циклу одного разу, вони вкрай рідко та повільно залишають його. Метали часто зустрічаються у зливних водах, тому необхідно знати методи їх надійного визначення задля запобігання поширення у природі. Вони небезпечні тим, що мають здатність накопичуватися в живих організмах, включатися в метаболічний цикл, утворювати високотоксичні металоорганічні сполуки, змінювати форми знаходження при переході від одного природного середовища в інше, не піддаючись біологічному розкладанню.

Важкі метали можна знайти у зливних водах металургійних та металообробних підприємств, гальванічних цехів, автопідприємств. В залежності від виду підприємства буде змінюватися картина викидів. В викидах автопідприємств переважають викиди сполук свинцю, гальванічні цехи скидають в зливні води сполуки цинку, феруму, кобальту, кадмію, нікелю, купруму.

За токсичністю метали можна розподілити в ряд:



З великого об'єму промислових викидів, що потрапляють у довкілля, на машинобудування доводиться лише незначна його частина – 1-2 %. Проте на машинобудівних підприємствах міста Запоріжжя є основні і забезпечуючі технологічні процеси і виробництва з досить високим рівнем забруднення довкілля. Гальванічне виробництво – одне з найбільш крупних джерел утворення стічних вод у машинобудуванні, тому викиди заліза, міді та нікелю є достатньо великими.

Важкі метали, що досліджуються у зливових водах за токсичністю можна розподілити наступним чином:



На виробничих підприємствах функціонують локальні очисні споруди, що забезпечують очищення зливових вод від металічних домішок, зважених речовин. Використовувані методи очищення: реагентний і фізико-хімічний.

Двоступеневою реагентною обробкою здійснюється коригування рН гальванічних зливів для переведення металів у нерозчинну гідроокисну форму. При обробці зливових вод реагентами відбувається їх нейтралізація і знебарвлення. Потім зливі води піддають механічному очищенню – флотація, відстоювання, фільтрування, що дозволяє відокремити нерозчинні домішки. На наступному етапі очищення зливі води фільтрують через напірні осадові, сорбційні та іонообмінні фільтри. На даній стадії з води видаляються усі зважені частинки, органічні сполуки, іони важких металів, нітрати, сульфати, хлориди тощо.

Оцінка ефективності очищення зливових вод становить 97-99%.

У водних середовищах метали присутні у трьох формах: у формі зависей, колоїдів та розчинених сполук. Останні представлені вільними іонами і розчинними комплексними сполуками з органічними і неорганічними лігандами. Великий вплив на вміст цих елементів у воді має гідроліз, який визначає форму знаходження елемента у водному середовищі. Значна частина Cu, Ni, Fe переноситься поверхневими водами у вигляді зависей, тому при аналізі таких вод виникають певні труднощі [3].

Вони представлені тестовими методами, які використовують при залпових викидах в діапазоні концентрацій ~до 1000 мг/дм³.

Фотоколориметричний метод з використанням органічних реагентів, таких як сульфосаліцилова кислота, α, α -дипіридил, ортофенатролін (Fe), диетилдитіокарбонат (Cu), диметилгліоксин (Ni) дозволяє контролювати вміст металів відповідно в діапазоні 0,001-1 мг/дм³. Визначення малих концентрацій потребує використання чистих реагентів, мірного посуду першого класу точності. Крім цього, необхідно враховувати взаємний вплив заважаючих елементів та їх співвідношення, що не завжди відомі, і навіть дискусійна, тобто метод на основі великої кількості проб, на нашу думку є недоцільним.

Перспективними методами для визначення Cu, Ni, Fe можуть бути інструментальні, селективні методи, якими є атомно-абсорбційна спектроскопія з полум'яною атомізацією [4, 5].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом роботи обрали зливові води АТ «Мотор Січ».

Предметом дослідження є моніторинг вмісту заліза, нікелю та міді у зливових водах.

Досліди, проведені на спектрометрі Contra AA300 – спектральний діапазон (190-900 нм), джерело випромінювання – ксенонова високоінтенсивна лампа, виміри і вихід на температурний режим полум'я – автоматичний, в момент включання прилада. Подвійний монохроматор дозволяє проводити селективні мультиелементні виміри з однієї проби. Вміст металів під контролем можливий від 0,15 до 50 мкг/м³. Режим атомізації наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Умови проведення аналізу зливових вод.

Елемент	λ , нм	d, мм	Суміш газів	пл/год	z, нм
Ni	232,00	100	C ₂ H ₂ — повітря	68-635	5
Fe	248,33	100	C ₂ H ₂ — повітря	68-635	6
Cu	324,75	100	C ₂ H ₂ — повітря	40-600	5

Примітки: d – ширина пальника; n – співвідношення палива до окисника; z – зона просвічування полум'я. Режими проведення атомно-абсорбційного аналізу наведені нижче.

Елемент Cu λ 324,75; Ni λ 232,00; Fe λ 248,33; термін інтегрування С3; кількість пікселів: 7; кількість спектрів: 30; спектральне спостереження за довжиною, нм 0,33; 0,27; 0,37; 200 мкс; фонова корекція автоматично з еталонним спектром.

Особливу увагу приділено оптимізації режиму горіння полум'я: його стехіометрії (співвідношення с/о), температури і робочої зони просвічування. Аналіз проводили на 2-3 довжинах хвиль поглинання і вибирали ту лінію поглинання, де не спостерігався взаємний вплив феруму або нікелю. Число пікселів, що входили в аналітичний сигнал, нараховувалося від 3 до 9, що відповідало ширині зареєстрованого спектру поглинання $\Delta\lambda$ від 0,005 до 0,015.

Градування приладу і кількість кожного елемента визначали за допомогою стандартних зразків складу розчинів іонів металів для метрологічного забезпечення електроскопічного та електрохімічного аналізу.

Якщо зливові води відводилися безпосередньо у водний об'єкт, то проби відбирали біля їх випуску у водойму. Особливу увагу приділяли частоті відбору. А аварійних ситуаціях, при ремонті очисних споруд частоту відбору збільшували.

Зливні за складом відрізняються в залежності від підприємства, мають неідентичний склад і тому при проведенні моніторингу необхідно враховувати їх специфічні технології. Проби відбирали у турбулентних потоках на прямолінійних ділянках водовідведення.

Проби для досліджень відбирали у посуд з безбарвного скла або поліетилену тих марок, які дозволені для контакту з питною водою. Посуд ретельно вимивали м'якими засобами, багаторазово промивали безпосередньо перед забором проби водопровідною водою, а потім декілька разів водою, що відбирали для дослідів. Якщо досліди проводили через деякий термін – проводили консервацію проби безпосередньо на місці відбору проби за рівня рН 2 [3, 7].

Підготовка проби до аналізу атомно-абсорбційною спектрометрією з полум'яною атомізацією проведена наступним чином: на першому етапі дослідження проведено мокре озолення – 5 аліквотних порцій об'ємом по 50 см³ перенесли у жароміцний стакан об'ємом 100 см³, додавали 3 см³ концентрованої нітратної кислоти. Після мокрого озолення у стакан з вологим залишком доливали 20-30 см³ 0,1 М розчину нітратної кислоти. Отриманий розчин кількісно перенесли у мірну колбу місткістю 50 см³. Стінки стакана ополіскували 0,1 М розчином нітратної кислоти і перенесли до колби. Розчин доводили до риски 0,1 М розчином нітратної кислоти і перемішували. При визначенні розчинених форм металів частину вихідної проби води фільтрували через паперовий фільтр «біла стрічка». Відбирали мірним циліндром 50 см³ відфільтрованої проби і далі пробопідготовку проводили аналогічно. Як контрольну пробу використовували бідистильовану воду в об'ємі, рівному об'єму аналізованої проби [2,3,5,6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Зливові води за даними дослідників мають розчинні і нерозчинні форми металів (іони, гідроксиди у формі зависей) і можуть по-різному впливати на довкілля, тому нами було проведено визначення загального вмісту металів до фільтрації та після фільтрації, але підготовку проб для вимірів проводили ідентично.

Результати дослідів представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати визначення Fe, Cu, Ni атомно-абсорбційним методом з полум'яною атомізацією (n=5 при P=0,95)

Елемент	Масова концентрація, мг/дм ³	
	Нерозчинних форм елементів та (до фільтрації)	Розчинних форм елемента у вигляді іонів (після фільтрації)
1	2	3
Fe	0,4065	0,1211
	0,4077	0,1216
	0,4081	0,1202
	0,4095	0,1201
	0,4050	0,1216
Cu	0,0269	0,0164
	0,0265	0,0153
	0,0277	0,0160
	0,0281	0,0165
	0,0294	0,0160

Продовження таблиці 2

1	2	3
Ni	0,0201	0,0145
	0,0210	0,0150
	0,0207	0,0155
	0,0213	0,0158
	0,0201	0,0144

Результати статистичної обробки [9] подано в таблиці 3

Таблиця 3 – Результати статистичної обробки (n=5; P=0,95)

Масова концентрація	Елемент	$\bar{x}_{\text{сер}}$	S^2	S	ϵ
Розчинених форм елемента (після фільтрації) з полум'яною атомізацією	Fe	0,121	$2,92 \cdot 10^{-3}$	0,0541	$\pm 0,067$
	Cu	0,016	$2,23 \cdot 10^{-7}$	0,0005	$\pm 0,001$
	Ni	0,015	$3,73 \cdot 10^{-7}$	0,0006	$\pm 0,001$
Нерозчинних форм елемента (до фільтрації) з полум'яною атомізацією	Fe	0,407	$3,32 \cdot 10^{-2}$	0,1821	$\pm 0,023$
	Cu	0,028	$1,28 \cdot 10^{-6}$	0,0011	$\pm 0,001$
	Ni	0,021	$8,47 \cdot 10^{-5}$	0,0092	$\pm 0,011$

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що кількісний вміст металів у фільтрованій досліджуваній пробі води нижчий за кількісний вміст металів у нефільтрованій пробі, що свідчить про існування металів не лише у іонній формі, а й у нерозчинній (гідроксиди та ін.), зосереджених на зважених частинках.
2. Для проведення моніторингу вмісту заліза, міді, нікелю у зливових водах доцільно використовувати мультиелементний метод атомно-абсорбційної спектроскопії з полум'яною

атомізацією і безперервним джерелом випромінювання (ксенонова лампа), що дає стабільні результати з чутливістю на рівні електротермічної атомізації.

3. В результаті дослідження визначений вміст заліза, міді, нікелю у зливових водах АТ «Мотор Січ». Масові концентрації знаходяться на рівні ГДК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко Л.Д., Іваненко О.А. Вплив іонів важких металів на здоров'я людини. – Педагогічна Житомирщина, ЖОІППО, 2005. – С. 66-69.
2. Алемасова А.С., Луговой К.С. Экологическая аналитическая химия. Учебное пособие. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 271 с.
3. Нінова Т.С. Аналітична хімія навколишнього середовища. Навчально-методичний посібник. – Черкаси: Черкаськ. Нац. Ун-т імені Богдана Хмельницького, 2014. – 178 с.
4. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.
5. Методика измерений массовой концентрации алюминия, бария, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена, мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, титана, хрома, цинка в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД. Методика ПНД Ф 14.1:2.253-09 (М 01-46-2013).
6. Методика измерений массовых концентраций железа, кадмия, кобальта, марганца, никеля, меди, цинка, хрома и свинца в питьевых, поверхностных и сточных водах методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии. Методика ПНД Ф 14.1:2;4.214-06.
7. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. Учебное пособие. – М.: БИНОМ, 2006. – 243 с.
8. Стандартные образцы состава растворов ионов металлов и неметаллов для метрологического обеспечения спектроскопических и электрохимических методов анализа [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://chemtest.com.ua/gosudarstvennye_standartnye_obrazcy. – 14.03.2015.
9. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии: уч. пособие. — Ростов на Дону: Феникс, 2012– 346 с.

REFERENCES

1. Ivanenko L.D., Ivanenko O.A. The impact of heavy metals on human health. – Pedagogichna Zhytomyrshchyna, ZhOIPPO, 2005. – С. 66-69.
2. Alemasova A.S., Lugovoi K.S. Environmental Analytical Chemistry. Textbook. – Donetsk: DonNU, 2010. – 271 с.
3. Ninova T.S. Environmental Analytical Chemistry. Textbook. – Cherkasy: Cherkas'k. The Bohdan Khmelnytsky Nat-al Uni-ty of Cherkasy, 2014. – 178 с.
4. Havelov I., Tsalev D. Atomic absorption analysis. – L.: Chemistry, 1983. – 144 с.
5. Methodology for determination of mass concentration of aluminum, barium, beryllium, vanadium, iron, cadmium, cobalt, lithium, manganese, copper, molybdenum, arsenic, nickel, lead, selenium, silver, strontium, titanium, chromium, zinc in the samples of natural and storm waters using atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization and utilizing an atomic absorption spectrometers of the following modifications: MGA-915, 915M-MGA, MGA-915MD. PND F 14.1 Methodology: 2.253-09 (M 01-46-2013).

6. Methodology of measurements of mass concentrations of iron, cadmium, cobalt, manganese, nickel, copper, zinc, chromium and lead in drinking water, surface water and wastewater using atomic absorption spectrometry with flame atomization. PND F 14.1 Methodology: 2; 4.214-06.
7. Karpov Y.A., Savostin A.P. Methods for sampling and sample preparation. Textbook. – М.: Binom, 2006. – 243 с.
8. Standard samples of metal ion solutions and nonmetals for metrological maintenance of spectroscopic and electrochemical methods of analysis [E-resource]. – Access mode: http://chemtest.com.ua/gosudarstvennye_standartnye_obrazcy . – 14.03.2015.
9. Smagunova A.N., Karpukova O.M. Methods of mathematical statistics in analytical chemistry: Textbook. – Rostov-on-Don: Ph

Рецензенти: Коляда В.П., к.х.н., доцент кафедри водопостачання та водовідведення ЗДІА;
Завгородній М.П., к.б.н., доцент кафедри хімії ЗНУ.