

Башта Анатолій Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, доцент кафедры теоретической механики и ресурсосберегающих технологий; тел.: (050) 742–58–09; e-mail: bashta.anatoliy@gmail.com.

Bashta Anatolii Volodymyrovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Food Technologies, Associate Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Resource-saving Technologies; tel.: (050) 742–58–09; e-mail: bashta.anatoliy@gmail.com.

УДК 504.062.4

О. В. СІЧЕВИЙ, О. Г. ЛЕВИЦЬКА, О. В. ДОЛЖЕНКОВА, О. В. ЗОЛОТЬКО

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА АКТИВОВАНИХ ВУГІЛЬ В ПРОЦЕСАХ СОРБЦІЇ НАФТОПРОДУКТІВ ЛЕГКОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ ФРАКЦІЙ

Визначена сорбційна ємність активованих вугілів із переважанням мікро-, мезо- та макропор, виконаних відповідно із шкаралупи кокосового горіху, кам'яновугільного пилу, берези, в процесах сорбції нафтопродуктів легкої та середньої фракцій: бензинів А92, А95, дизельного палива та керосину в динамічних та статичних умовах. Показані залежності сорбційної ємності сорбентів у статичних умовах від часу їх взаємодії із сорбатами та виявлені найвищі значення сорбційної ємності для сорбентів, виконаних із берези.

Ключові слова: сорбент, сорбційна ємність, активоване вугілля, бензин, дизельне паливо, керосин.

Определена сорбционная емкость активированных углей с преобладанием микро-, мезо- и макропор, выполненных соответственно из скорлупы кокосового ореха, каменноугольной пыли, березы, в процессах сорбции нефтепродуктов легкой и средней нефтяной фракций: бензинов А92, А95, дизельного топлива и керосина в динамических и статических условиях. Показаны зависимости сорбционной емкости сорбентов в статических условиях от времени их взаимодействия с сорбатами и выявлены наивысшие значения сорбционной емкости для сорбентов, выполненных из березы.

Ключевые слова: сорбент, сорбционная емкость, активированный уголь, бензин, дизельное топливо, керосин.

The sorption capacity of activated carbon with the prevalence of micro-, meso- and macropores respectively made from coconut shell, coal dust, birch in the sorption processes of petroleum products light and medium petroleum fractions: gasoline А92, А95, diesel fuel and kerosene in dynamic and static conditions was determined. The values of sorption capacity of sorbates and the time in which constant values of sorption capacity in static conditions in the interaction of sorbents with different factions oils are set were compared. Dependences of sorption capacity of sorbents in static conditions from the time of their interaction with sorbates were shown and the highest values of sorption capacity were revealed for sorbents made from birch, the lowest values – for sorbents made from coal dust.

Keywords: sorbent, sorption capacity, activated carbon, benzene, diesel fuel, kerosene.

Вступ. Питанням, пов'язаним із транспортуванням нафти та нафтопродуктів, сьогодні приділяють значну увагу не тільки із-за їх економічної вигідності, але і внаслідок екологічної безпеки таких перевезень.

Чисельні аварії сприяють вивільненню токсичних вантажів та потраплянню їх в річні та океанічні поверхневі води. Крім цього, відомо, що багатьом перевізникам властиве скидання промивних та баластних стічних вод із танкерів та барж до водоймищ без будь-якої очистки.

При цьому сьогодні питання розробки мобільного фільтрувального устаткування для очищення таких вод залишається актуальним.

Аналіз літератури. При застосуванні технологій очищення доквілля та стічних вод часто використовуються наступні сорбенти: глини, перліт, торф, активоване вугілля. Крім цього, розповсюджене викорис-

тання дешевої сировини, а саме кизилової кісточки [1], технічного лігніну [2], кукурудзяних кочеріжок [3], суміші вторинних природних матеріалів або відходів: лушпиння соняшника, відходів нафти і низькосортного вугілля Донецького регіону [4], суміші бурого вугілля та змивових нафтових відходів [5], відходів переробки льону [6] для виготовлення сорбентів. Авторами було вирішено розглянути активоване вугілля як універсальний сорбент при розробці фільтрувального обладнання.

Постановка задачі. В процесах очищення доквілля та стічних вод, використовують активовані вугілля, в яких переважають макро- (діаметром більше 50 нм), мезо- (2 – 50 нм) або мікропори (менше 2 нм).

Перші виготовляються із деревинної сировини (бук, береза, дуб, сосна, ялина, липа, тополя), другі – із кам'яного вугілля та кам'яновугільного пилу,

© О. В. Січевий, О. Г. Левицька, О. В. Долженкова, О. В. Золотко, 2017

треті – із кокосової шкаралупи. Враховуючи викладене, задачею роботи стала оцінка сорбційної ємності

активованих вугіль із переважанням пор різного розміру (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика сорбентів, використаних під час експериментальних робіт

Характеристика сорбенту	Сорбент		
	Кокосове активоване вугілля	Кам'яновугільне активоване вугілля	Деревинне активоване вугілля
Марка сорбенту	NWC	АГ-3	БАУ-А
Сировина	Кокосова шкаралупа	Кам'яновугільний пил	Береза
Густина, г/л	500	750	300 – 350
Фракційність, мм	2	4 – 5	3,6

Тому для досліджень були використані вугілля із кокосової шкаралупи, берези та кам'яно-вугільного пилу. Їх сорбційна ємність визначалась для нафтопродуктів легкої та середньої фракцій – бензинів А92, А95, дизпалива та керосину.

Результати роботи. При визначенні ємності сорбентів у статичних умовах [6, 7] за вищевказаними сорбатами у чашки Петрі наливалось по 200 мл нафтопродуктів, після чого зверху вносився сорбент

(табл. 1) у кількості 50 г і лабораторний посуд герметично закривався кришкою. По закінченні часу експериментів (від 5 до 60 хв. із інтервалом часу у 5 хв.) сорбент збирався за допомогою сита із розміром осередку 0,5 мм, стівав і зважувався.

Отримані в результаті експерименту криві залежності сорбційної ємності у статичних умовах від часу взаємодії сорбента із сорбатом наведені на рисунку 1 – 4.

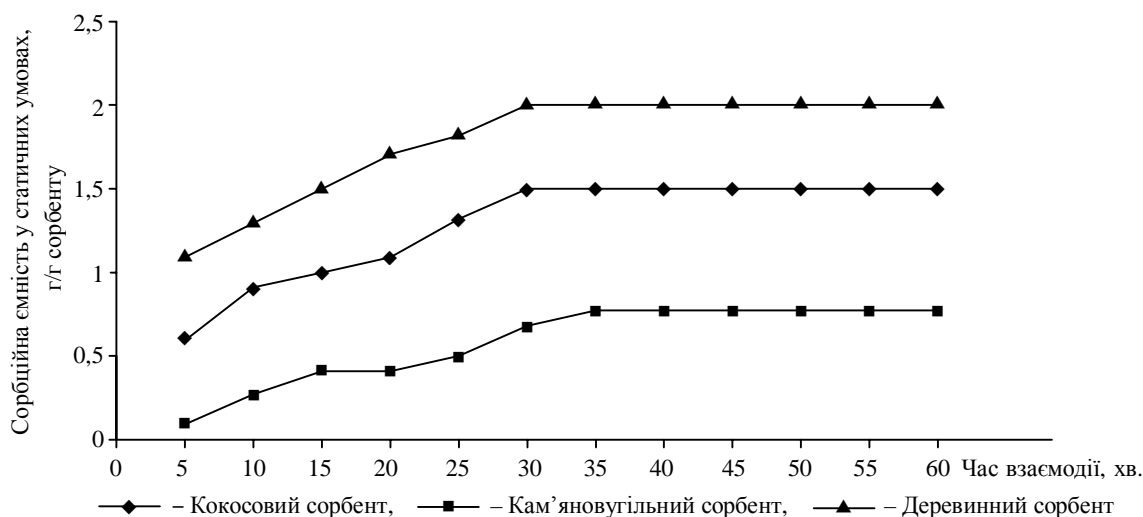


Рис. 1 – Залежність сорбційної ємності активованих вугіль у статичних умовах від часу їх взаємодії із бензином А92

Із наведених графіків можна зробити висновки про схожість наведених кривих, а отже і процесів сорбції у статичних умовах для нафтопродуктів легкої фракції – бензинів марок А92 та А95, а також схожими виявились сорбційні процеси для нафто-продуктів середньої фракції – дизельного палива та керосину.

Із всіх наведених залежностей можна зробити висновки про низький час сорбції та високу сорбційну ємність активованих вугіль, виконаних на основі берези.

Середні показники сорбційної ємності має вугілля, виконане на основі кокосової шкаралупи та низькі – вугілля, виконане на основі кам'яновугільної сировини.

Процеси максимальної взаємодії сорбентів із наф-

топродуктами легких фракцій здійснюються протягом 35 хвилин, середніх фракцій – протягом 20 – 25 хвилин.

Після наведених проміжків часу сорбційна ємність всіх досліджених сорбентів практично не змінювалась.

При визначенні сорбційної ємності у динамічних умовах [6, 7] досліджувані нафтопродукти легких та середніх фракцій у кількості 100 мл пропускались через сорбційні шари, виконані із активованих вугіль із різним розміром пор, масою 50 г.

Висота сорбційного шару наведена у таблиці 2.

Сорбційна ємність сорбентів у статичних умовах визначалась за формулою:

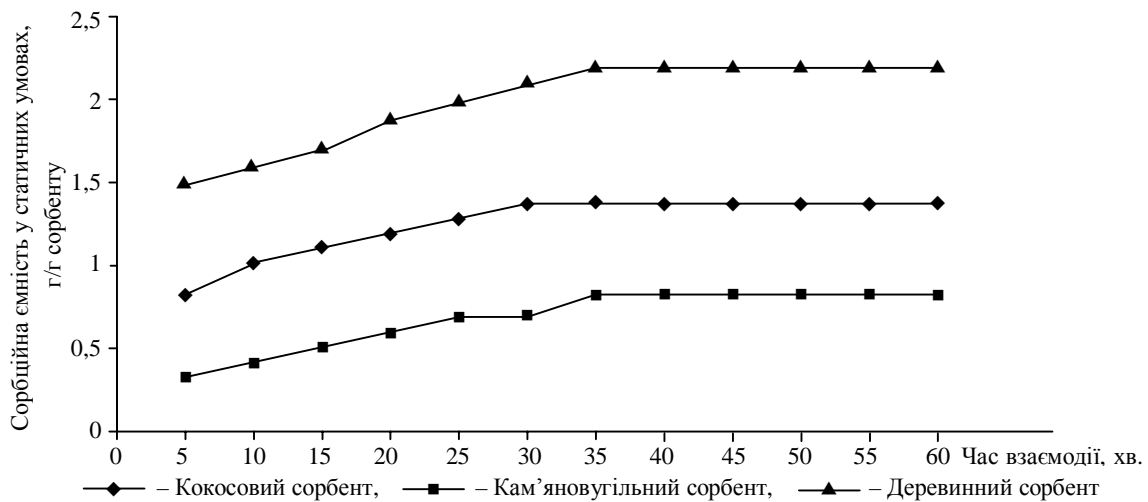


Рис. 2 – Залежність сорбційної ємності активованих вугілів у статичних умовах від часу їх взаємодії із бензином А95

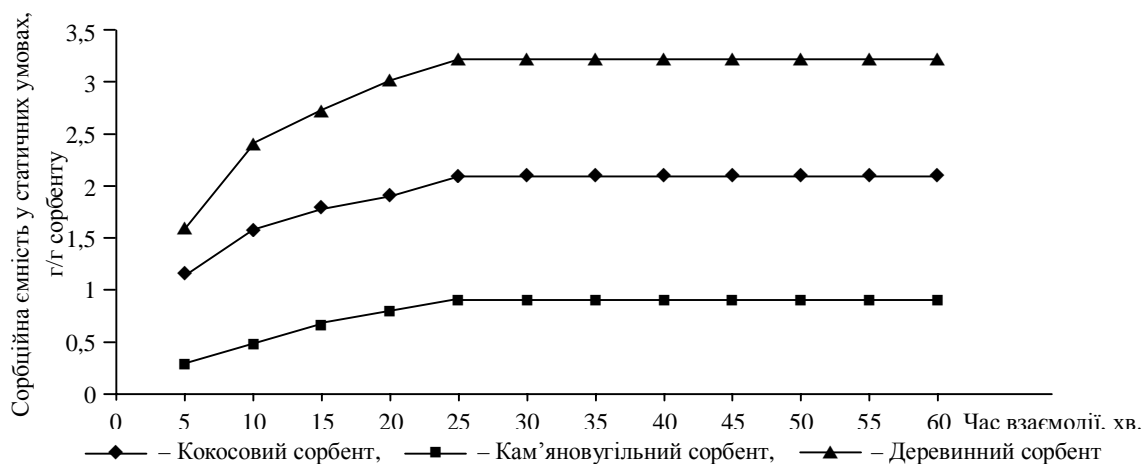


Рис. 3 – Залежність сорбційної ємності активованих вугілів у статичних умовах від часу їх взаємодії із дизельним паливом

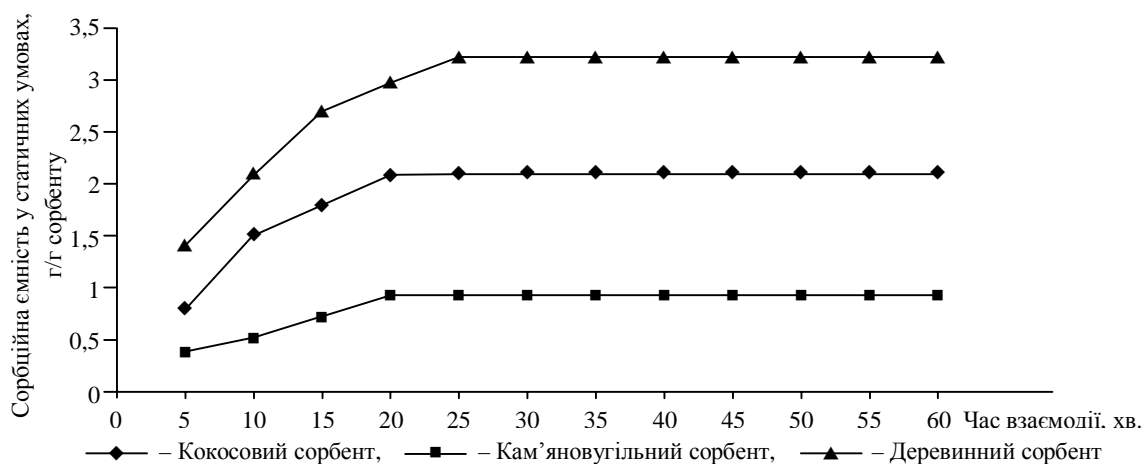


Рис. 4 – Залежність сорбційної ємності активованих вугілів у статичних умовах від часу їх взаємодії із керосином

$$E_c = \frac{m_2 - m_1}{m_1},$$

де m_1 – маса сорбенту перед внесенням до ємності із нафтопродуктом, г; m_2 – маса сорбенту, зануреного у нафтопродукт, г.

Таблиця 2 – Висота сорбційного шару активованих вугілів, використаних при визначенні їх сорбційної ємності у динамічних умовах

Висота сорбційного шару сорбентів, мм		
Кокосове	Кам'яновугільне	Деревинне
74	55	91

Значення сорбційної ємності активованих вугілів у динамічних умовах для вказаних вище сорбатів на-

ведені на гістограммі на рисунку 5.

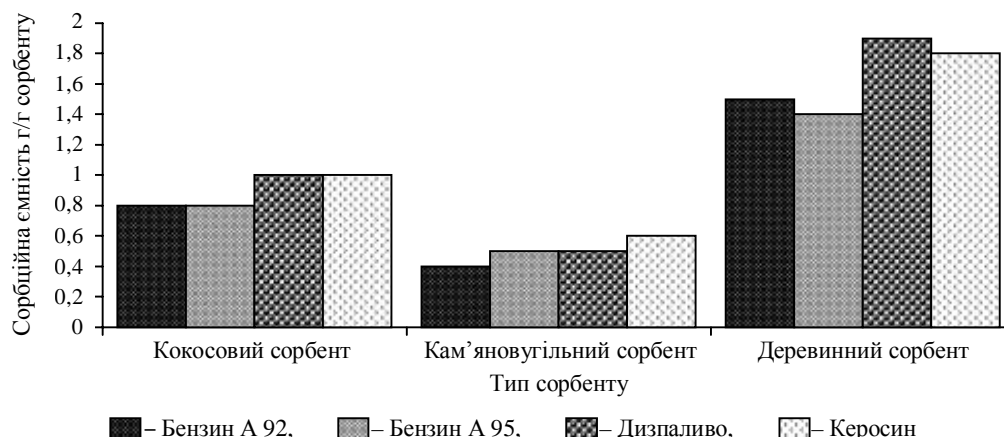


Рис. 5 – Сорбційна ємність активованих вугілів у динамічних умовах для нафтопродуктів легких та середніх нафтових фракцій

З рисунку 2 видно, що найвищу сорбційну ємність мають сорбенти, виконані із берези, найнижчу – сорбенти, виконані із кам'яновугільної сировини.

При цьому вищу сорбційну ємність показують всі досліджені сорбенти для нафтопродуктів середньої фракції, нижчу – для нафтопродуктів легкої фракції.

Висновки.

Аналізуючи вищенаведене, можна зробити висновки про найвищу сорбційну ємність березових активованих вугілів для всіх досліджених сорбатів при оцінці процесів сорбції як у динамічних, так і у статичних умовах. Значення сорбційної ємності для всіх досліджених сорбатів у динамічних умовах дещо нижчі, ніж у статичних умовах, оскільки процеси взаємодії сорбату із сорбентом потребують певного часу – 20 – 25 хвилин для нафтопродуктів середніх фракцій та 35 хвилин для нафтопродуктів легких фракцій як показано на кривих сорбції у статичних умовах.

Крім цього, при проходженні рідких нафтопродуктів крізь шар сорбенту має місце канальний ефект, що знижує сорбційну ємність досліджуваних вугілів.

Також визначено, що сорбційна ємність для сорбатів легкої фракції нижча, ніж для сорбатів середніх фракцій.

Список літератури

1. Сыч Н. В. Переработка кизиловой косточки в высокопористые сорбционные материалы / Н. В. Сыч // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 3. – С. 54 – 57.
2. Ставицкая С. С. Новые микропористые углеродные сорбенты из технического лигнина / [С. С. Ставицкая, Н. Т. Картель, В. М. Викарчук и др.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – № 6. – С. 42 – 48.
3. Кутчик Л. А. Переработка отходов кукурузных кочерыжек для получения сорбентов ионов тяжелых металлов / [Л. А. Кутчик,

О. Ю. Семак, Н. Т. Картель и др.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006. – № 3. – С. 43 – 45.

4. Тихонова Л. П. Сорбционная очистка технологических растворов на углеродных адсорбентах, полученных из отходов / [Л. П. Тихонова, В. Е. Гоба, М. Ф. Ковтун и др.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – № 5. – С. 40 – 44.
5. Хабарова Т. В. Сокарбонизация бурого угля и нефтяных отходов с целью получения адсорбентов / [Т. В. Хабарова, Т. Г. Шендрик, Ю. В. Тамаркина, В. А. Кучеренко] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006. – № 1. – С. 42 – 45.
6. Шайхиев И. Г. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов / [И. Г. Шайхиев, Р. Х. Низамов, С. В. Степанова, С. В. Фридланд] // Вестник Башкирского университета. – Уфа: БГУ. – 2010. – № 2. – С. 304 – 306.
7. Кольшикин, Д. А. Активные угли: свойства и методы испытаний: справочник / Д. А. Кольшикин, К. К. Михайлова; под общ. ред. Т. Г. Плаченова. – Л.: Химия., 1972. – 57 с.

References (transliterated)

1. Sych N. V. *Pererabotka Kizilovoy kostochki v vysokoporystye sorbtsionnyye materialy* [Recycling cornel bones in highly porous sorption materials]. *Ecotechnologii i resursosberezheniye*, 2008, No. 3, pp. 54 – 57.
2. Stavitskaya S. S., Kartel N. T., Vikarchuk V. M., Petrenko T. P., Tsyiba N. N., Zaytsev Yu. P., Bakalinskaya O. N., Strelko V. V. *Noviye microporistyye uglerodnyye sorbenty iz tekhnicheskogo lignina* [New microporous carbon adsorbents from technical lignin]. *Ecotechnologii i resursosberezheniye*, 2005, No. 6, pp. 42 – 48.
3. Kupchik L. A., Semak O. Yu., Kartel N. T., Mironyuk T. N., Schegoleva A. A. *Pererabotka otkhodov kukurusnykh kocheryzhek dlya polycheniya sorbentov ionov tyazhelykh metallov* [Recycling corn stalks to produce sorbents of heavy metal ions]. *Ecotechnologii i resursosberezheniye*, 2006, No. 3, pp. 43 – 45.
4. Tikhonova L. P., Goba V. E., Kovtun M. F., Tarasenko Yu. A., Lyubchik S. B., Fonseka I. M. *Sorbtsionnaya ochistka technologicheskikh rastvorov na yglernodnykh adsorbentakh, poluchennykh iz otkhoda* [Process solutions sorption cleaning on carbon adsorbents made from waste]. *Ecotechnologii i resursosberezheniye*, 2007, No. 5, pp. 40 – 44.
5. Khabarova T. V., Shendrik T. G., Tamarkina Yu. V., Kucherenko V. A. *Sokarbonizatsiya burogo uglya i nefyanykh otkhodov s*

- tselyu polucheniya adsorbentov [Joint carbonation brown coal and waste oil to produce adsorbents]. Ecotechnologii i resursov-sberezheniye, 2006, No. 1, pp. 42 – 45.*
6. Shaikhiev I. G., Nizamov R. Kh., Stepanova S. V., Fridland S. V. *Otkhody pererabotki lna v kachestve sorbentov nefteproduktov [Waste processing flax as a mineral oil sorbents]. Vestnik Bashkirskogo universiteta, 2010, No. 2, pp. 304 – 306.*
7. Kolyshkin D. A. Mikhaylova K. K. *Aktivnyye ugli: svoystva i metody ispytaniy [Active coals: properties and test methods].* Leningrad, Khimiya Publ., 1972. 57 p.

Надійшла (received) 27.07.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Порівняльна оцінка активованих вугіль в процесах сорбції нафтопродуктів легкої та середньої фракції / О. В. Січевий, О. Г. Левицька, О. В. Долженкова, О. В. Золотко // Вісник НТУ«ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ«ХПІ». – 2017. – № 48 (1269). – С. 11 – 15. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Сравнительная оценка активированных углей в процессах сорбции нефтепродуктов легкой и средней фракций / А. В. Сичевой, Е. Г. Левицкая, Е.В. Долженкова, Е.В. Золотко // Вісник НТУ«ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ«ХПІ». – 2017. – № 48 (1269). – С. 11 – 15. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Comparative evaluation of activated carbons in sorption processes of petroleum products light and medium fractions / O. V. Sichevii, O. G. Levytska, O. V. Dolzhenkova O. V. Zolotko // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2017. – No 48 (1269). – P. 11 – 15. – Bibliogr.: 7 names. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Січевий Олексій Володимирович – доктор технічних наук, професор, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, завідуючий кафедрою безпеки життєдіяльності; тел.: (056)3731218; e-mail: asi@ua.fm

Сичевой Алексей Владимирович – доктор технических наук, профессор, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности; тел.: (056)3731218; e-mail: asi@ua.fm

Sichevii Oleksii Volodymyrovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, Head at the Department of Life Safety; tel.: (056)3731218; e-mail: asi@ua.fm

Левицька Олена Григорівна – кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, доцент кафедри безпеки життєдіяльності; тел.: (056)3731218; e-mail: LLevi@ukr.net

Левицкая Елена Григорьевна – кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; тел.: (056)3731218; e-mail: LLevi@ukr.net

Levytska Olena Hryhoriivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, Associate Professor at the Department of Life Safety; tel.: (056)3731218; e-mail: LLevi@ukr.net

Долженкова Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, доцент кафедри безпеки життєдіяльності; тел.: (056)3731218; e-mail: dolena57@mail.ru

Долженкова Елена Викторовна – кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; тел.: (056)3731218; e-mail: dolena57@mail.ru

Dolzhenkova Olena Victorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, Associate Professor at the Department of Life Safety; tel.: (056)3731218; e-mail: dolena57@mail.ru

Золотко Олена Василівна – кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, доцент кафедри безпеки життєдіяльності; тел.: (056)3731218; e-mail: zltkelena@mail.ru

Золотко Елена Васильевна – кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; тел.: (056)3731218; e-mail: zltkelena@mail.ru

Zolotko Olena Vasilivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, Associate Professor at the Department of Life Safety; tel.: (056)3731218; e-mail: zltkelena@mail.ru