



УДК: 664.723.047

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-4-6

**ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН З ТОРФУ****Петрова Жана Олександрівна**, д.т.н., головний науковий співробітник**Пазюк Вадим Михайлович**, д.т.н., провідний науковий співробітник**Петров Антон Іванович**, аспірант

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Petrova Zhanna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor**Paziuk Vadym**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor**Petrov Anton**, Postgraduate

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

*Гумінові кислоти є найважливішою складовою ґрунтового гумусу. Що більшим є їх уміст, то ґрунт родючіший. Проте в природному стані гумінові кислоти не розчинні у воді й мало доступні рослинам. Доступними вони стають лише після непрямої дії – мінералізації гумусу, коли він переходить у прості мінеральні сполуки. У природі найбільше гумінових кислот міститься в низькокалорійних видах палива – бурому вугіллі, торфій і ниших. Для енергетики гумінові кислоти є небажаним компонентом, палива з підвищенням їх умістом є низькосортними. Проте для виробництва гуматів – що більше їх у сировині, то краще.*

*Хімічна активація торфу шляхом обробки лужним розчином активує гумінові кислоти, які переходять пластичний водорозчинний стан. Гумінові речовини торфу це одночасно природне в'язуче та корисне для відновлення гумусового шару добриво.*

*Класична технологія екстрагування гумусових речовин із використанням хімічних методів базується на високих температурах суміші, що вимагає великих витрат електроенергії. Запропонований режим екстрагування гумусової складової за розробленим стандартним регламентом проходить при температурі екстрагування 20°C, 60°C та тривалістю обробки лужним розчином в кавітаційному апараті протягом 20 хв, 40 хв та 60 хв. Дослідження проводились на фрезерному та сухому торфі. Гумінові складові в гумусових речовинах визначали за методикою, адаптованою до наших умов.*

*Вперше інтегровано в торфопереробне виробництво стадію екстракції гумінових складових з торфу, що дозволило вилучити достатню кількості гумінових речовин для виробництва органічного добрива.*

*Залишок торфу після екстракції містить достатню кількість активованих гумінових речовин, які є зв'язуючим компонентом для виробництва торфобрикетів.*

**Ключові слова:** торф, екстракція, гумінові речовини, енергоефективність, органічні добрива.

**Рис. 5. Літ. 6.**

---

**1. Постановка проблеми**

В останні роки різко зросла кількість досліджень з хімічним складом, отримання і використання гумінових речовин. Важливим джерелом гумінових речовин є торф. В основному торф використовують на добриво та паливо. Якщо з нього вилучити гумінові кислоти, а решту спалювати, то цей унікальний природний ресурс можливо використовувати більш раціонально.

---

**2. Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Основний спосіб вилучення гумінових речовин – це лужна реакція розчинами аміаку або гідроксидами калію чи натрію. Така обробка перетворює їх на водорозчинні солі – гумати калію або натрію з високою біологічною активністю [1].

Інший спосіб передбачає подрібнення торфу з лугом, в результаті чого отримуємо твердий, розчинний у воді гумат калію чи натрію [2].

---

**3. Мета та завдання дослідження**

Метою роботи є створення сучасної технології отримання гумінових речовин з торфу.



Для досягнення мети були поставлені завдання:

- провести дослідження із визначення загальної кількості гумінових речовин у торфі;
- дослідити процес екстрагування на вихід гумусової складової;
- визначити ефективний час обробки та концентрацію лужного розчину з отриманням максимальної кількості гумінових речовин з торфу ;
- розробити схему отримання гумінових речовин з торфу.

#### 4. Методика проведення досліджень

Методика досліджень передбачає:

- подрібнення структури торфу для кращого видалення гумінових речовин;
- екстрагування із наважки торфу відповідної концентрації лугу NaOH гумінові кислоти;
- нейтралізація розчином HCl з випаданням гумінових кислот в осад;
- фільтрування, сушіння і визначення кількості гумінових речовин.

Методика досліджень складається із наступних етапів:

- підготовка реактивів та матеріалів, засобів вимірювання, допоміжних пристроїв;
- приготування розчинів NaOH, HCl;
- виконання операцій екстрагування, нейтралізації, осадження, фільтрування, сушіння;
- визначення вмісту гумінових речовин.

#### 5. Виклад основного матеріалу

Технологічна схема отримання гумінових речовин передбачає подрібнення торфу, екстрагування, нейтралізація, осаджування, фільтрування та сушіння гумінових речовин (Рис. 1).

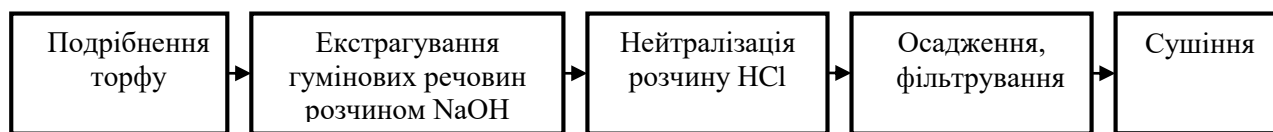


Рис. 1. Технологічна схема отримання гумінових речовин з торфу

Склад функціональних груп і структура молекулярних фрагментів залежить від способу їх вилучення. Для досягнення повної екстракції гумінових речовин потрібно проводити подрібнення торфу. Механічна обробка матеріалу з хімічним впливом реагентів дозволяє отримати композити з розвинутою поверхнею розділу фаз.

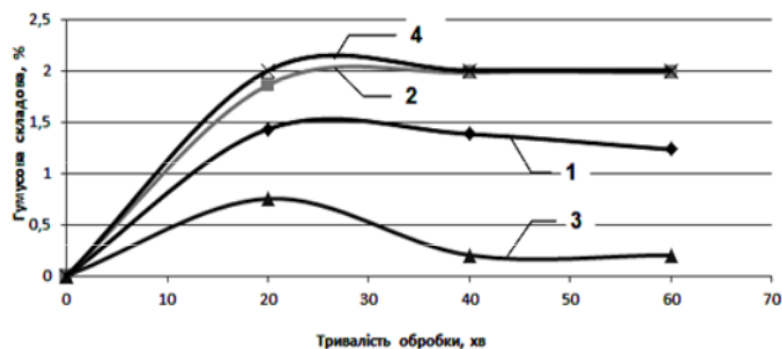
Класична технологія екстрагування гуматів із використання хімічних методів базується на кип'ятінні вихідної сировини в лужному розчині на протязі 5 – 6 годин, що вимагає великих витрат енергоносіїв і приводить до руйнування природної структури гумінових препаратів [3].

Серед сучасних технологій екстрагування гуматів, що забезпечують максимальне вилучення гумінових речовин, найбільш ефективними і економічними вважаються технології механомеханічної активації сировини. Суть таких технологій полягає в тому, що процес лужної екстракції супроводжується дією на сировину потужних гідродинамічних імпульсів. Це сприяє різкому підвищенню продуктивності при відносно невеликому рівні термічної обробки. Для практичної реалізації технологій екстрагування останнім часом використовуються методи акустичної і гідродинамічної кавітації [4,5].

В ІТТФ НАН України проводились експерименти на лабораторному стенді EI-10, що відтворює роботу пульсаційного диспергатора з активною діафрагмою в режимах диспергування і екстрагування при обробці водних сумішей низинного торфу з метою вилучення біологічно активних гумінових речовин.

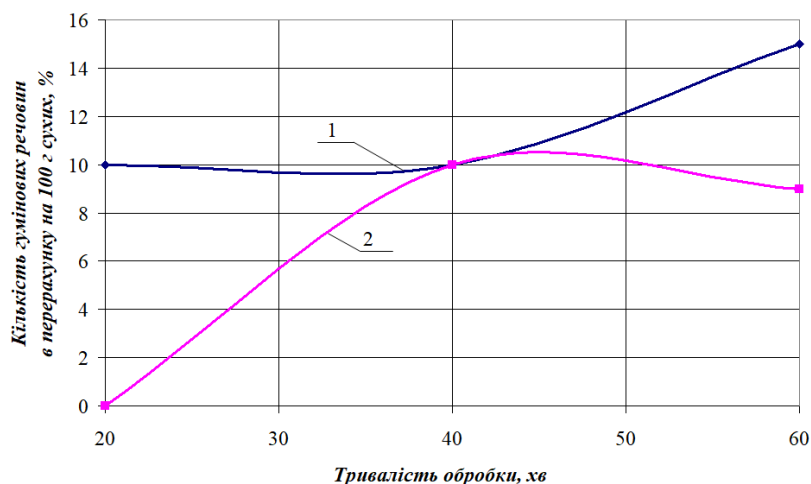
При проведенні досліджень вплив часу екстрагування на вихід гумусової складової (гумінові та фульвокислоти) в кавітаційному апараті вибраний фрезерний і «сухий» торф з зміною температури екстрагування 20 та 60°C та тривалістю обробки лужним розчином протягом 20, 40 та 60 хв. (рис. 2).

З рис. 2 видно, що із збільшенням часу екстрагування до 20 хвилин, як у фрезерного так і «сухого» торфу збільшується вихід гумусової складової. Максимальний вихід гумусової складової в залежності від торфу та режиму екстрагування складає 20 – 25 хв. Тривалість обробки в інтервалі від 40 до 60 хв приводить до часткового руйнування органіки і зменшення виходу.



**Рис. 2.** Вплив часу екстрагування на вихід гумусової складової (гумінові та фульвокислоти) при гідромодулі 1:15 з концентрацією лугу 1%: 1, 2 – фрезерний торф при температурах 20 та 60°C; 3, 4 – «сухий» торф при температурах 20 та 60°C

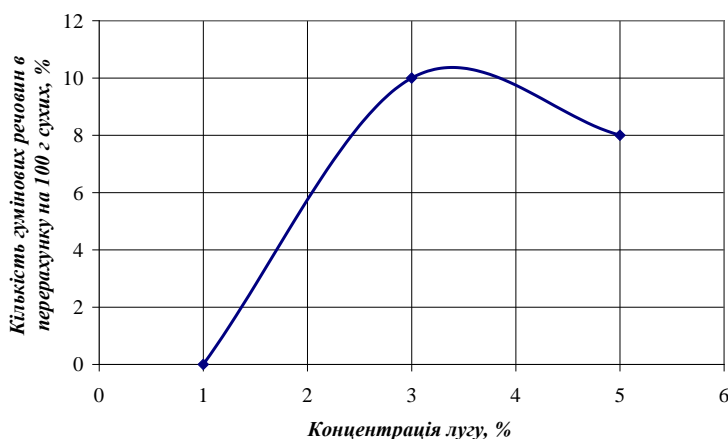
Гумінова складова при концентрації лугу у розчині 1 % (рис. 3) не переходить у розчин і залишається у твердому залишку, а у розчин переходять лише гумусові речовини.



**Рис. 3.** Залежність виходу гумінових речовин в твердому залишку при гідромодулі 1:15 з концентрацією лугу 1% у фрезерному торфі при температурах: 1 – 20 °C ; 2 - 60 °C.

В твердому залишку більша кількість гумінових речовин при тривалості обробки 60 хв., але вони не переходять у розчин. Це свідчить про те, що луг впливає на вивільнення гумінових речовин, але цієї концентрації недостатньо для їх переходу у розчин з твердої фази.

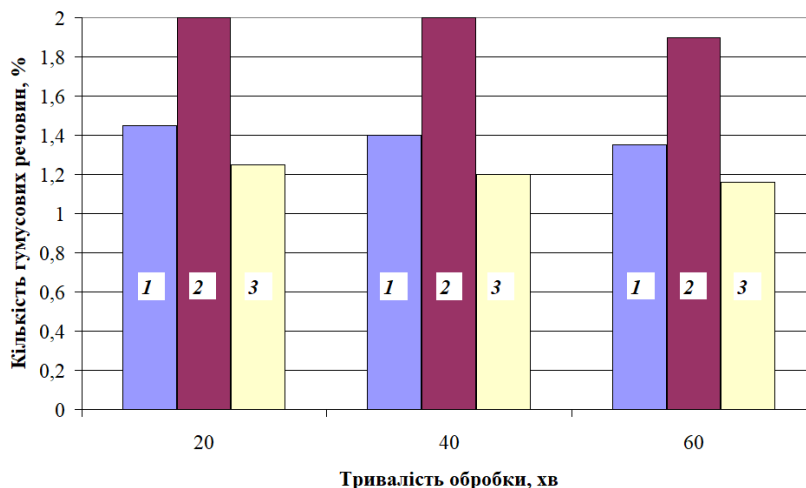
Збільшення концентрації лугу в розчині до 5% приводить до часткового руйнування гумінових речовин, доцільно застосовувати концентрацію лугу в розчині 3% з максимальним вмістом (рис. 4).



**Рис. 4.** Вплив концентрації лужного розчину на вихід гумінових речовин у фрезерному торфі при температурі 20°C

Після проведення досліджень за традиційною технологією з зміною температури, часу і концентрації луку були визначені оптимальні параметри екстрагування. Також було запропоновано замість традиційних гідромеханічних пристроїв, застосувати пульсаційний апарат ДІВЕ (дискретно-імпульсного введення енергії), який ефективно використовують в різних галузях промисловості.

У приймальну ємність апарата завантажують наважку фрезерного торфу, заливають 1 % лугом у співвідношенні 1:15, сумарний об'єм суміші становить 10 л. Під дією ефектів кавітації в об'ємі рідини в трубці відбувається руйнування твердої дисперсної фази, вилучення гумусових речовин з торфу, а також перемішування компонентів суміші. Режими механіко-термічної обробки торфу в пульсаційному апараті ДІВЕ представлені на рисунку 5.



**Рис. 5. Вплив механіко-термічної обробки торфу в пульсаційному апараті ДІВЕ: 1,2 – фрезерний торф при температурах 20 та 60°C; 3 – фрезерний торф за класичною технологією при температурі 130°C**

Як видно з рис. 5, найнижчі показники виходу гумусових речовин в пульсаційному апараті ДІВЕ при температурі екстрагування 20°C, а за традиційною технологією екстрагуванням при температурі 130°C вони ще нижчі на 21%. У фрезерному торфі найбільша інтенсивність також спостерігається при температурі 60°C.

Кількість вилучених гумусових речовин з торфу в пульсаційному апараті ДІВЕ збільшується в 1,7 раз в порівнянні з традиційними технологіями екстрагування.

Тривалість механіко-термічної обробки торфу в пульсаційному апараті ДІВЕ досліджувалась в інтервалі від 20 до 60 хв. Із отриманих експериментальних даних отриманих на рис. 5 випливає, що екстракція в пульсаційному апараті ДІВЕ відбувається з однаковою інтенсивністю на протязі 20,40,60 хв., тому підвищувати тривалість механіко-термічної обробки не доцільно вище 20 хв.

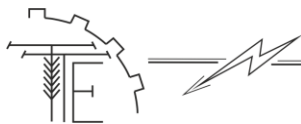
На основі отриманих результатів досліджень розроблена технологія отримання гумінових речовин з торфу [6]:

У приймальну ємність пульсаційного кавітаційного апарата завантажують наважку фрезерного торфу вологістю 50 %, яку заливають 3 % водним розчином калію або натрію у співвідношенні 1:15, під дією ефектів кавітації в апараті відбувається диспергування твердої дисперсної фази, збільшення реакційної поверхні контакту рідкої та твердої фаз, набухання твердої фази, а також перемішування компонентів суміші. Суміш обробляють протягом 20 хв. за температури 60 °C. Після цього, суміш переливають для подальшого екстрагування в апарат ємнісного типу, нагрівають до температури 130°C і витримують упродовж 30 хв., при цьому гумінові речовини переходять у розчин. Після екстрагування розчин з гуміновими речовинами відокремлюють від осаду.

У подальшому розчин гумінових речовин може використовуватися як добриво у сільському господарстві, а осад, що залишився після екстракції, направляється на виробництво торф'яного екологічного палива.

## 6. Висновки

Розроблена технологія отримання гумінових речовин з торфу дозволить максимально вилучити гумусові та гумінові речовини з торфу з суттєвим зменшенням температури та часу екстракції з подальшим застосуванням рідкої фракції як добрива, а твердого залишку - після екстракції для виробництва дешевого палива.



Кількість гумусових речовин видалених у пульсаційних апаратах ДІВЕ в 1,7 рази більше у порівнянні з традиційними прийнятими технологіями. Екстракція проходить у апараті кавітаційного типу при значно нижчих температур та з однаковою інтенсивністю на протязі 20 хв, 40 хв та 60 хв.

Виходячи з цих досліджень, запропоновано екстрагування у пульсаційних апаратах ДІВЕ протягом 20 хв з температурою середовища 60 °C та концентрацією луку у розчині 3 %.

#### Список використаних джерел

1. Гамаюнов Н. И., Косов В. И., Масленников Б. И. Ионнообменные процессы и электрокинетические явления в набухающих природных и синтетических ионитах. Тверь, 1997, 156 с.
2. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса: Учеб. пособие. М., 1981, 272 с.
3. Наумова Г. В., Косоногова Л. В., Жмакова, Н. А., Овчинникова Т. Ф. Биологически активные препараты стимулирующего и фунгицидного действия на основе торфа. *Химия твердого топлива*. 1995. №2. С. 82–88.
4. Чухарева Н. В., Шишмина Л. В., Новиков А. А. Физико-химические характеристики торфяных гуминовых кислот и остатков их кислотного гидролиза. *Химия растительного сырья*. 2003. № 3. С. 11–15.
5. Ефанов М. В., Латкин А. А., Черненко П. П., Галочкин А. И. Получение оксигуминовых препаратов из торфа кавитационным методом. *Современные наукоемкие технологии*. 2008. № 2. С. 89–90.
6. Патент на винахід № 115015. (UA) Україна, С2 МПК F26B9/00. Установа для сушіння рослинної сировини. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М., Ловеїко І. О., Петрова Ж. О.; заявник і патентовласник Інститут технічної теплофізики, опубл. 28.08.17, бюл. 16.

#### References

- [1] Gamayunov, N. I., Kosov, V. I., Maslennikov, B. I. (1997). Ionoobmennyye protsessy i elektrokineticheskiye yavleniya v nabukhayushchikh prirodnykh i sinteticheskikh ionitakh. Tver. [in Russian]
- [2] Orlov, D. S., Grishina, L. A. (1981). Praktikum po khimii gumusa: Ucheb. posobiye. M.. [in Russian]
- [3] Naumova, G. V., Kosonogova, L. V., Zhmakova, N. A., Ovchinnikova, T. F. (1995). Biologicheskii aktivnyye preparaty stimuliruyushchego i fungitsidogo deystviya na osnove torfa. *Khimiya tverdogo topliva*, 2. 82–88. [in Russian]
- [4] Chukhareva, N. V., Shishmina, L. V., Novikov, A. A. (2003). Fiziko-khimicheskiye kharakteristiki torfyanykh guminovykh kislot i ostatkov ikh kislotnogo gidroliza. *Khimiya rastitelnogo Syria*, 3. 11–15. [in Russian]
- [5] Efanov, M. V., Latkin, A. A., Chernenko, P. P., Galochkin, A. I. (2008). Polucheniye oksiguminovykh preparatov iz torfa kavitatsionnym metodom. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii*, 2. 89–90. [in Russian]
- [6] Patent na vynakhid № 115015. (UA) Ukraina, C2 MPK F26B9/00. Ustanovka dlia sushinnia roslynnoi syrovyny. Sniezhhin, Yu. F., Paziuk, V. M., Loveiko, I. O., Petrova, Zh. O.; zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut tekhnichnoi teplofizyky, opubl. 28.08.17, biul. 16.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТОРФА

Гуминовые кислоты являются важнейшей составляющей почвенного гумуса. Чем выше их содержание, то почву плодородных. Однако в естественном состоянии гуминовые кислоты не растворимы в воде и мало доступны растениям. Доступными они становятся только после непрямого действия - минерализации гумуса, когда он переходит в простые минеральные соединения. В природе больше гуминовых кислот содержится в низкокалорийных видах топлива - буром угле, торфе и Других. Для энергетики гуминовые кислоты нежелательно компонентом, топлива с повышенным их содержанием является низкосортными. Однако для производства гуматов - чем больше их в сырье, тем лучше.

Химическая активация торфа путем обработки щелочным раствором активизирует гуминовые кислоты, которые переходят пластический водорастворимый состояние. Гуминовые вещества торфа это одновременно естественное вяжущее и полезное для восстановления гумусового слоя удобрение.

Классическая технология извлечения гумусовых веществ с использованием химических методов базируется на высоких температурах смеси, требует больших затрат электроэнергии. Предложенный режим извлечения гумусового составляющей по разработанному стандартным регламентом проходит при температуре экстрагирования 20 ° C, 60 ° C и продолжительностью обработки щелочным раствором в кавитационном аппарате в течение 20 мин, 40 мин и 60 мин. Исследования проводились на фрезерном и сухом торфе. Гуминовые составляющие в гумусовых веществах определяли по методике, адаптированной к нашим условиям.





Впервые интегрируемых в торфоперерабатывающих производство стадию экстракции гуминовых составляющих торфа, что позволило изъять достаточное количество гуминовых веществ для производства органического удобрения.

Остаток торфа после экстракции содержит достаточное количество активированных гуминовых веществ, которые являются связующим компонентом для производства торфобрикетов.

**Ключевые слова:** торф, экстракция, гуминовые вещества, энергоэффективность, органические удобрения.

**Рис. 5. Лит. 6.**

### TECHNOLOGY FOR PRODUCING HUMIC SUBSTANCES FROM PEAT

Humic acids are the most important component of soil humus. The higher their content, then the soil is fertile. However, in the natural state, humic acids are insoluble in water and little available to plants. They become available only after indirect action - humus mineralization, when it transforms into simple mineral compounds. In nature, more humic acids are found in low-calorie fuels - brown coal, peat and others. For power engineering, humic acids are an undesirable component, fuel with their high content is of low grade. However, for the production of humates - the more of them in the raw material, the better.

Chemical activation of peat by treatment with an alkaline solution activates humic acids, which transform into a plastic water-soluble state. Humic substances of peat are both a natural astringent and a fertilizer useful for restoring the humus layer.

The classical technology for the extraction of humic substances using chemical methods is based on high temperatures of the mixture and requires a lot of electricity. The proposed mode of extraction of the humus component according to the developed standard procedure takes place at an extraction temperature of 20 ° C, 60 ° C and the duration of treatment with an alkaline solution in a cavitation apparatus for 20 min, 40 min and 60 min. The research was carried out on milled and dry peat. The humic components in the humic substances were determined using a method adapted to our conditions.

For the first time, the stage of extraction of humic components of peat, integrated into peat-processing production, made it possible to remove a sufficient amount of humic substances for the production of organic fertilizers.

The remainder of the peat after extraction contains a sufficient amount of activated humic substances, which are a binding component for the production of peat briquettes.

**Key words:** peat, extraction, humic substances, energy efficiency, organic fertilizers.

**Fig. 5. Ref. 6.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Петрова Жана Олександрівна** – доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України (вул. Булаховського, 2, корп. 2, м. Київ., 03164, Україна)

**Пазюк Вадим Михайлович** – доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України (вул. Булаховського, 2, корп. 2, м. Київ., 03164, Україна, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net) )

**Петров Антон Іванович** – аспірант Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України (вул. Булаховського, 2, корп. 2, м. Київ., 03164, Україна)

**Петрова Жана Александровна** – доктор технических наук, главный ведущий научный сотрудник Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины (ул. Булаховского, 2, корп. 2, г.. Киев., 03164, Украина)

**Пазюк Вадим Михайлович** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины (ул. Булаховского, 2, корп. 2, г.. Киев., 03164, Украина, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net) )

**Петров Антон Иванович** – аспирант Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины (ул. Булаховского, 2, корп. 2, г.. Киев., 03164, Украина)

**Petrova Zhanna** – Doctor of Technical Sciences, Chief Leading Researcher of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (2 Bulakhovskogo st., Building 2, Kiev, 03164, Ukraine, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net))

**Paziuk Vadym Mykhailovych** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (2 Bulakhovskogo st., Building 2, Kiev, 03164, Ukraine, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net) )

**Petrov Anton** – post-graduate student of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (2 Bulakhovsky str., Building 2, Kiev, 03164, Ukraine)