

Зменшити дію завади можна, якщо вимірювання вмісту заліза проводити не по намагніченості I , а по похідній намагніченості по напруженості магнітного поля dI/dH .

На рис. 4 показана залежність намагніченості та її похідної для заліза та магнетиту в діапазоні від 80 до 280 кА/м. З графіків видно, що залізо має більш сильні магнітні властивості, ніж магнетит. Так

намагніченість $I_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,8I_{\text{Fe}}$ та похідна $\left(\frac{dI}{dH}\right)_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,34\left(\frac{dI}{dH}\right)_{\text{Fe}}$,

при $H = 80$ кА/м та $I_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,58I_{\text{Fe}}$ та $\left(\frac{dI}{dH}\right)_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,16\left(\frac{dI}{dH}\right)_{\text{Fe}}$,

при $H = 280$ кА/м. Тобто доцільно для зменшення похибки вміст заліза визначати по похідній в сильному магнітному полі.

За результатами досліджень можна зробити **висновки**:

– при визначенні вмісту магнітної фракції в складі речовини потрібно враховувати крім похибки приладів також похибки, викликані наявністю інших магнітних компонент та різноструктурністю магнітних властивостей проб;

– при аналізі однокомпонентної магнітної фракції похибки вимірювань можна зменшити шляхом термомагнітної обробки;

– для зменшення завади при аналізі двокомпонентної фракції вимірювання доцільно проводити не по намагніченості проби, а по її похідній за напруженістю магнітного поля;

– визначення вмісту магнітної фракції в складі речовини за її магнітними властивостями доцільно проводити в сильному магнітному полі.

ТЕРМОГРАФІЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЯВІВ ВІРУСНОЇ ТА ВІРУСНО-БАКТЕРІАЛЬНОЇ ПНЕВМОНІЇ

Дунаєвський В. І.², Котовський В. Й.¹, Дрозденко О. В.¹, Кузь О. П.¹, Назарчук С. С.¹

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

E-mail: kotovsk@kpi.ua

²Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

Вступ. Пневмонія – це гостре неспецифічне запалення легеневої тканини різної етіології (вірусної, бактеріальної, грибкової та ін.), в основі якого лежать важкі метаболічні порушення з патологічними

зсувами у всіх органах та системах організму. Пневмонія відноситься до одного з найсерйозніших захворювань людини, яке має небезпечність та високий ризик летальності особливо у осіб похилого віку.

Виникнення, розвиток, перебіг і наслідки пневмонії залежать від вірулентних властивостей збудника й від ступеня імунної реакції макроорганізму на інфекцію [1].

Незважаючи на досягнення в останні роки у впровадженні в медичну практику нових методів діагностики та лікарських препаратів, проблеми виявлення та лікування захворювань бронхолегеневої системи залишаються актуальними питаннями сьогодення.

Світовий масштаб пандемії коронавірусної інфекції (COVID-19) обумовив активне вивчення науковцями усіх аспектів захворювання і, в першу чергу, ураження різних структур дихальної системи.

Найбільш поширеним клінічним проявом SARS-CoV-2 є двостороння пневмонія – вірусне дифузне альвеолярне ураження з мікроангіопатією. За даними китайських медиків, в тяжких випадках вірус може вражати до 50 % легень протягом 24–48 годин [2–3].

Враховуючи важкий перебіг COVID-19, надзвичайно актуальним питанням на сьогодні є питання оперативної та безпечної діагностики перш за все дихальної системи.

Інфрачервона термографія (ІЧТ), що відноситься до променевих методів діагностики та як частина диференційної діагностики захворювань органів дихання, дає змогу визначити ділянки локальної гіпертермії та термоасиметрії задньої проєкції легень.

Патології органів дихання, які не завжди реєструються іншими методами променевої діагностики, чітко візуалізуються за допомогою методу інфрачервоної термографії.

Кожне із захворювань легень має свої специфічні ознаки на термограмах. Для пневмонії характерна гомогенність ділянки і нагрів проєкції зосередження. У хворих гострою пневмонією на початковій стадії проявляється термоасиметрія теплового поля, що виражається проявом зони гіпертермії [4].

Коронавірусна пневмонія в багатьох проявах має подібність із звичайним інфекційним запаленням легень, але між ними існують важливі відмінності, які детально описані клініцистами в [2–3, 5–7].

Результати дослідження. Авторами роботи виконані дослідження із використанням методу ІЧТ для пошуку особливостей термографічної візуалізації запалення легень вірусної та інфекційної етіології.

В роботі застосовувався вітчизняний термограф з матричним фотоприймачем та температурною чутливістю 0,07 °С, спектральний діапазон 3–5 мкм. Обстеження проводилося за відпрацьованою методикою, викладеною авторами в попередній роботі [8].

Комплексне термографічне дослідження пацієнтів, які мали в анамнезі захворювання на COVID-19, здійснювалося в період реабілітації після стаціонарного лікування.

Розглянемо отримані термографічні зображення пацієнтів з патологічними проявами в бронхолегеневій системі. Виконувалося вимірювання температури та визначався градієнт температури.

Термографічне зображення гострого бронхіту (*a*) та двобічної пневмонії (*б*) представлено на рис. 1. На термограмі (*a*) не спостерігаються чітко визначені анатомічні контури задньої проєкції легень. Візуалізується зона гіпертермії з градієнтом температури від $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Виражена гіпертермія анатомічних контурів легень (верхні частки) з градієнтом температури від $+2,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+2,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігається на рис. 1, *б*. Термографічне зображення характерне для двобічної пневмонії, яка верифікована клінічно. Представлені результати термографічного обстеження демонструють можливість чіткої диференціації виявлених патологій.

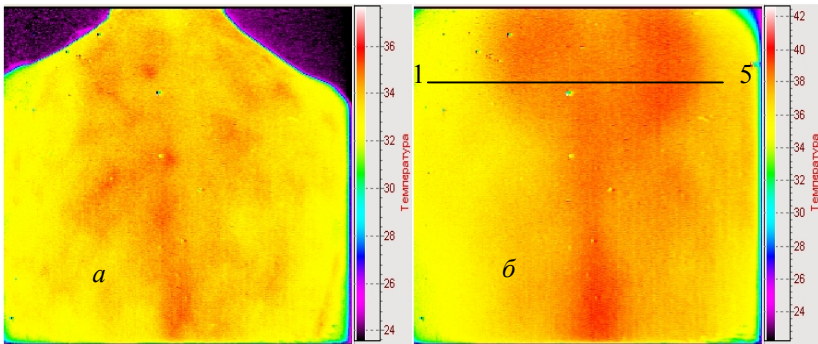


Рис. 1. Зображення гострого бронхіту (*a*) та двобічної пневмонії (*б*)

Спостереження за станом хворих дозволяє оцінювати ефективність лікування та здійснювати у разі потреби його корекцію, не використовуючи рентгенологічне обстеження.

На рис. 2 представлено термографічну візуалізацію задньої проєкції легень після захворювання на COVID-19. Термографічно патологічний процес в легенях характеризується відсутністю чітких контурів анатомічної проєкції легень та ділянок світіння й меншим перепадом температур; градієнт температури в зоні правої легені складає $+0,88\text{ }^{\circ}\text{C}$, лівої $+1,39\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3 показано термографічне представлення двобічної інтерстиційної пневмонії (верифіковано за допомогою комп'ютерної томографії) як ускладнення після захворювання на COVID-19. Спостерігаються гіпертермічні зони проєкції легень; градієнти температури складають: правої легені $+0,87\text{ }^{\circ}\text{C}$, лівої $+0,69\text{ }^{\circ}\text{C}$.

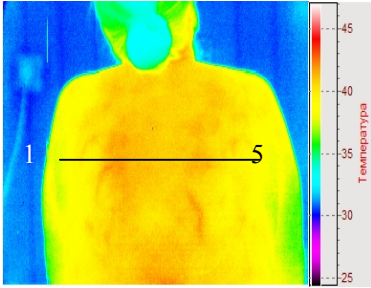


Рис. 2. Термографічна візуалізація задньої проєкції легень після захворювання на COVID-19

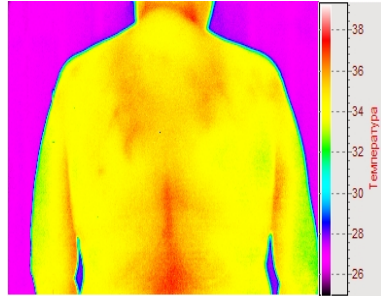


Рис. 3. Двобічна інтерстиційна пневмонія, асоційована з COVID-19

Досліджено розподіл температури (термопрофіль, рис. 4, *a*) задньої проєкції легень по зонах 1–5, які показані лінією на термограмі рис. 2 після перенесеного захворювання COVID-19. Спостерігаємо відсутність ділянок з чітко вираженим локалізованим підвищенням температури. Аналогічне дослідження розподілу температури було проведено по термографічній візуалізації (рис. 1, *б*) захворювання на пневмонію вірусно-бактеріальної етіології (рис. 4, *б*). Спостерігаємо рівномірний розподіл температури з її підвищенням в зоні лівої (2) та правої (4) легені.

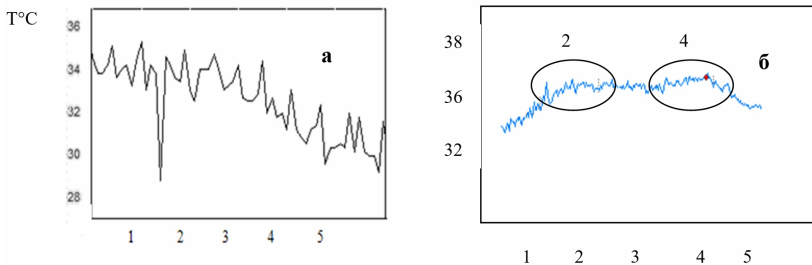


Рис. 4. Розподіл температури при вірусній (*a*) та вірусно-бактеріальній пневмонії (*б*)

Висновки. Виконана робота показала, що серед існуючих діагностичних методів, які використовують для своєчасного виявлення захворювань дихальної системи, інфрачервона термографія займає важливе місце як неінвазивний і достовірний метод променевої діагностики.

Виявлено, що термографічна візуалізація проєкції легень після перенесеної пневмонії, асоційованої з COVID-19, не має чітких ділянок вогнищ запалення, які є характерними для запалень бронхолегеневої системи, спричинених некоронавірусною інфекцією.

Інфрачервону термографію доцільно застосовувати як діагностичний метод для диференційної діагностики ураження бронхолегеневої системи особливо в умовах світової пандемії COVID-19.

Література

1. Денисюк В. І., Денисюк О. В. Пневмонії: сучасні стандарти діагностики та лікування. Укр. мед. часопис. 2010. № 3 (77). V–VI. С. 75–80.
2. Ramzy A, McNeil DG. W.H.O. Declares Global Emergency as Wuhan Coronavirus Spreads. The New York Times. Available at <https://nyti.ms/2RER70M>. January 30, 2020; Accessed: January 30, 2020.
3. CDC. 2019 Novel Coronavirus, Wuhan, China: 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) in the U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Available at <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-in-us.html>. March 18, 2020; Accessed: March 19, 2020.
4. Остафійчук Д. І, Шайко-Шайковський О. Г., Білов М. Є., Чіботару К. І. Термографія, застосування в медицині. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2019. Т. 18. № 1 (167). С. 126–132.
5. The New York Times. Coronavirus Live Updates: W.H.O. Declares Pandemic as Number of Infected Countries Grows. The New York Times. Available at <https://www.nytimes.com/2020/03/11/world/coronavirus-news.html#link-682e5b06>. March 11, 2020; Accessed: March 11, 2020.
6. Gorbalenya A. E. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus – The species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group. Available at <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.937862>. February 11, 2020; Accessed: February 13, 2020.
7. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 48. World Health Organization. Available at https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200308-sitrep-48covid-19.pdf?sfvrsn=16f7ccef_4. March 8, 2020; Accessed: March 9, 2020.
8. Ранняя диагностика заболеваний сосудов нижних конечностей с применением инфракрасной термографи / Л. Г. Розенфельд, Т. В. Богдан, В. И. Тимофеев та ін. // Український медичний часопис. – 2011. – № 2 (82). – С. 28–30.