

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

DOI: 10.26693/jmbs02.06.171

УДК 615.849.19:616

Бірюкова Т. В., Олар О. І.

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ

Вищий державний навчальний заклад України

«Буковинський державний медичний університет», Чернівці

tanokbir@ukr.net

Стаття присвячена питанню застосування лазерного випромінювання у медицині. Здійснено теоретичний і науковий аналіз лазерного випромінювання, показано принципи його дії та основні властивості, завдяки яким лазерні промені набули широкого використання у різних сферах життя людини. Також розглянуто основні галузі медицини, де найактивніше застосовують лазери. Розроблені висновки, щодо важливості вивчення фізики в медичній освіті на прикладі застосування лазерів у деяких напрямках медицини.

Ключові слова: лазери, лазерна медицина, активне середовище, оптичний резонатор, система накачування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота є фрагментом НДР «Застосування фізико-математичних методів для аналізу біологічних об'єктів» № держ. реєстрації 0111U006493.

Вступ. Лазерна медицина широко використовується у всьому світі та включає високоефективні методи діагностики і лікування з використанням лазерного випромінювання. Її розвитку сприяють досягнення в галузі лазерної фізики і науково-технічного напрямку, який досліджує результати взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, в цілому, та біологічними об'єктами зокрема. Щорічно з'являються новітні прилади, лазерні установки, джерела лазерного випромінювання зі специфічними властивостями. Лазерне випромінювання успішно застосовується в різних медичних напрямках, наприклад, хірургії, онкології, офтальмології, терапії, стоматології, урології, гінекології, щелепно-

лицевій хірургії, нейрохірургії, ендоскопії, фізіотерапії. Завдяки відкриттю лазерного фотогідралічного ефекту лазер використовують у пластичній хірургії. Низькоінтенсивне лазерне випромінювання широко використовують в онкології, для лікування ран та виразок, шкірних захворювань та ін.

У процесі дослідження розглянуті властивості лазерного випромінювання.

Мета дослідження – аналіз властивостей лазерного випромінювання, будови та видів лазерних установок, використання лазера в медицині, а також у процесі вивчення фізики в навчальних закладах.

Відповідно до мети цієї роботи були визначені задачі:

- проаналізувати основні властивості та характеристики лазерного випромінювання;
- розглянути існуючі види лазерного випромінювання;
- дослідити використання різних типів лазерів у медицині.

Предмет дослідження – особливості використання лазерів у медицині та інших сферах діяльності людини, пов'язаних з їх властивостями.

Шляхи реалізації мети та завдань: узагальнення теоретичних даних; аналіз наукових джерел; порівняння, синтез присвячених проблемі досліджень властивостей лазерних променів з метою обґрунтування науково-теоретичного підґрунтя для підтвердження актуальності теми; узагальнення та систематизація з метою покращення принципів дії та збільшення використання лазерів у різних сферах людської діяльності, обробка даних та визначення значущості отриманих результатів.

Використання лазерної техніки зумовлено унікальними властивостями лазерного випромінювання, а саме:

- часовою когерентністю, яка становить $t = 10^{-3}$ с та довжиною когерентності $l = 10$ м (для звичайних джерел світла ці показники складають порядок $t \sim 10^{-8}$ с, $l = 3$ м);
- монохроматичністю, що визначається півшириною хвилі і має порядок 10^{-11} м;
- високою потужністю випромінювання;
- малою кутовою розбіжністю (~ 1 мрад і менше);
- широким діапазоном коефіцієнту корисної дії (0,01% до 75% і більше).

Можна виділити два основних напрямки застосування лазера в медицині:

1. Як інструмент впливу на біологічні об'єкти:

- низькоенергетичне імпульсне або неперервне випромінювання використовується переважно у дерматології і онкології, а також фізіотерапії;
- високоінтенсивне випромінювання використовують у хірургії в якості лазерного скальпеля.

2. Як інструмент досліджень.

У першій групі лазерне випромінювання в імпульсному або неперервному режимах з густиною потужності порядку 10^5 Вт/м² не викликає глибокого зневоднення, випаровування тканин та утворення дефектів у них. Лазери такої потужності застосовують у дерматології і онкології для опромінення патологічних тканинних утворень з метою їх коагуляції. Вплив лазерів з густиною потужності випромінювання 10^7 Вт/м² і більше імпульсного або частотно-періодичного характеру призводить до випаровування тканин і виникнення в них дефектів, що відповідає використанню лазерів у хірургії. Вплив на тканини і органи низькоенергетичного випромінювання ($\sim 1-10$ Вт/м²) призводить до біохімічних і фізіологічних змін в організмі, як правило, не викликаючи при цьому явних морфологічних порушень. У цьому випадку говорять про застосування лазерів для біостимуляції при уповільнених ранових процесах, трофічних виразках та ін.

У другій групі лазер розглядається як унікальне джерело світла при спектральних дослідженнях, лазерній мікроскопії, голографії і т. ін.

Сьогодні актуальним є дослідження впливу лазерного випромінювання на кров і процеси її згортання [3–6, 16], на кісткову тканину [1, 15], на активність ферментів [12]. За останнє десятиріччя багато робіт присвячено вивченню впливу лазерного випромінювання на хромосоми, мікроорганізми [9–11], і багато іншого [13].

Застосування лазерних променів у дерматології

Лазерне випромінювання використовується для лікування гнійних гранулём, бородавок, доб-

роякісних новоутворень шкіри. Лазерний промінь селективно поглинається і руйнує лише пігментовані ділянки шкіри, завдяки чому застосовується для виведення татуювання, вроджених плям, захворювань шкіри. За допомогою аргонного лазера синьо-зеленого випромінювання ($\lambda = 488$ нм та $\lambda = 514,5$ нм) усувають вроджені червоно-сині плями на шкірі (донедавна вважали невиліковними), в яких порушена структура сітки кровоносних судин під епідермісом. Проходячи через прозорий для випромінювання шар епідермісу і практично не пошкоджуючи останній, випромінювання поглинається гемоглобіном кровоносних судин, зумовлюючи їх термопошкодження і закупорку, з подальшим утворенням безбарвного рубця.

Застосування лазерних променів у хірургії

Високоінтенсивне випромінювання, використовують у хірургії в якості скальпеля. Гнучкий світловод направляє лазерний промінь, який фокусується в точку діаметром $\sim 10^{-10}$ м на тканину. Розтин таким «скальпелем» проводиться точно і швидко, забезпечуючи стерильність, не спричиняючи кровотечі, оскільки висока температура у місці розтину зумовлює миттєву коагуляцію білків і просвіт кровоносних судин закривається. Для розрізання біологічних тканин використовується СО₂-лазер безперервної дії ($\lambda = 10,6$ мкм, потужністю $2 \cdot 10^3$ Вт/см²).

Застосування лазерних променів в офтальмології

Офтальмологічна практика використовує лазери при лікуванні відшарування сітківки, катаракти, глаукоми та інше. Глаукома – підвищення внутрішньоочного тиску, зумовлене порушенням відтоку внутрішньоочної рідини внаслідок пошкодження початкового відрізка системи відтоку. Створено лазерну установку, яка дає модульований світловий імпульс, час виділення енергії в одному імпульсі $\sim 10^{-6}$ с [2, 14]. За рахунок швидкого зростання потужності у модульованому імпульсі термічний ефект не виникає, лазерна дія стає «холодною», в точці фокусування променя утворюється отвір. Для лікування сітківки ока використовують аргонний лазер з довжиною хвилі 488,0; 514,5 нм.

При відшаруванні сітківки використовується лазерне випромінювання з невеликою енергією. Промінь, проходячи через прозорі середовища ока, не пошкоджує їх, фокусується на очному дні у місці відшарування сітківки, в якому викликає точковий опік. Утворений рубець приварює сітківку до розміщеної над нею судинної оболонки, в результаті чого відбувається відновлення зору.

Застосування лазерних променів у нейрохірургії

Лазерне випромінювання дозволяє видалити патологічне вогнище нервової тканини без механіч-

ного контакту, що широко використовується у нейрохірургії. Мінімально сфокусований лазерний промінь використовують для зшивання судин мозку діаметром, меншим від 0,5 мм, як на поверхні мозкової тканини, так і в глибині, що є неможливим для звичайних хірургічних технік. В Інституті нейрохірургії при видаленні внутрішньочерепних пухлин використовують вуглекислотний лазер потужністю 60 Вт, неодимовий АІГ лазер – 50 Вт, гольмієвий лазер – 45 Вт [8].

Застосування лазерних променів у стоматології

На сучасному етапі розвитку стоматології лазери використовують для діагностики тріщин на емалі, які виявити іншими методами неможливо. У стоматології найбільш часто застосовують CO₂-лазер для впливу на м'які тканини, і ербієвий лазер для

препарування твердих тканин через його специфічні властивості. Найбільш перспективний лазер у стоматології – ербієвий лазер (довжина хвилі 2940 і 2780 нм) [7].

Заключення. Таким чином, використання виprominювання лазера в медицині має ряд переваг. Необхідно взяти до уваги зокрема, що точна локалізація місця коагуляції, мале нагрівання тканин, розташованих навколо ділянки коагуляції, здійснюються внаслідок короткого часу експозиції. Монохроматичність світла зменшує ефект хроматичної аберації ока, що сприяє проведенню спостереження. В свою чергу, широке використання у різних галузях медицини лазерів, підтверджує важливість вивчення властивостей лазерного випромінювання при вивченні медичної та біологічної фізики.

References

1. Babyuk AA, Batih VM. Antybakterialna fotodynamichna lazerna systema «Helbo» yak novitnyy metod likuvannya odonotohennykh infektsiy (ohlyad literatury). *Bukovynskyi medychnyi visnyk*. 2015; 19 (4/76): 212-6. [Ukrainian].
2. Birich T, Marchenko L, Chekina A. *Sovremennoe ispolzovanie lazerov v oftalmologii*. Minsk, 2012. 243 s. [Russian].
3. Vasileva LV, Ovsyannikova MS, Chernitsyn IM. Magnitolazernaya terapiya v kompleksnom lechenii khronicheskoy obstruktivnoy bolezni legkikh v sochetanii s arterialnoy gipertenziey. *Materialy XXXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Primenenie lazerov v meditsine i biologii» (g. Khelsinki, Finlyandiya, 24–29.08.2012 g.)*. Kharkov, 2012. s. 20–22. [Russian].
4. Evtushenko GS, Aristov AA. *Lazernye sistemy v meditsine*. Tomsk: TPU, 2003. 279 s. [Russian].
5. Zalesskaya GA. Fotomodifikatsiya krovi terapevtycheskimi dozami nizkointensivnogo opticheskogo izlucheniya: individualnaya chuvstvitel'nost' patsientov. *Materialy XXXVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Primenenie lazerov v meditsine i biologii» (g. Yalta, 3–6.10.2012 g.)*. Kharkov, 2012. s. 104–6. [Russian].
6. Zubkova OV, Samosyuk IZ, Polishchuk OV, ta in. Mozhlyvosti mahnitolazernoi terapiyi v kompleksnomu likuvanni khvorykh iz strusom holovnoho mozku v hostromu periodi. *Likarska sprava*. 2012; 5: 106-11. [Ukrainian].
7. Kodylev AH, Shumskyi AV. Zastosuvannya erbiy-khromovoho lazera v kompleksnomu likuvanni periodontytu. *Endodontiya today*. 2008; 1: 36-40. [Ukrainian].
8. Shevaha VM, Payenok AV, Netlyukh AM, Zadorozhna BV. *Neyrokhirurhiya*. Lviv: Kvart, 2009. 208 s. [Ukrainian].
9. Mamuta, OD. *Zastosuvannya impulsnoho lazernoho vyprominyuvannya femtosekundnoi tryvalosti dlya diahnostryky biolohichnykh tkanyn ta identyfikatsiyi patolohichnykh utvoren*: Dis. PhD. (Tech.). Kyiv; 2017. 157 s. [Ukrainian].
10. Panas MA. *Vplyv nyzko intensyvnoho lazernoho vyprominyuvannya na umovno-patohenni mikrobnі symbionty rotovoi porozhnyny*: Dis. PhD. (Med.). Lviv; 2014. 169 s. [Ukrainian].
11. Panto VV, Nikolaychuk VI, Panto VI, Korunets AV. Vplyv nyzko intensyvnoho lazernoho vyprominyuvannya na biolohichni ob'yekty ta chutlyvist mikroorhanizmiv do antybakterialnykh preparativ. *Fotobiologiya i fotomedycyna*. 2010; 1-2: 82-7. [Ukrainian].
12. Romanyuk MS, Mandzynets SM, Bura MV, Sanahurskyi DI. Vplyv nyzko intensyvnoho lazernoho vyprominyuvannya na aktyvnist Na⁺, K⁺-ATfazy zarodkiv v'yuna vprodovzh rannoho embriohenezu. *Fotobiologiya ta fotomedycyna*, 2011; 1: 76-83. [Ukrainian].
13. Tymchyk HS, Tereshchenko MF, Lyashenko OH, Hnateyko OS. Doslidzhennya vplyvu lazernoho vyprominyuvannya na temperaturni protsesy u biolohichnykh tkanynakh. *Visnyk NTUU "KPI". Seriya Pryladobuduvannya*. 2015; 49 (1): 153-8. [Ukrainian].
14. Shakhno EA. *Fizicheskie osnovy primeneniya lazerov v meditsine*. SPb: NIU ITMO, 2012. 129 s. [Russian].
15. Shymon VM, Kubash VI, Sherehiy AA. Suchasnyi pidkhid do likuvannya posttravmatychnoho osteomyelitu za dopomohoyu lazernoho vyprominyuvannya. *Fotobiologiya ta fotomedycyna*. 2016; 13 (1-2): 19-23. [Ukrainian].
16. Fedorov SM. Suchasni pohlyady na mahnitolazernu ta fotomahnitnu terapiyu ta yikh zastosuvannya v nevrolohichniy praktytsi. *Fotobiologiya ta fotomedycyna*. 2016; 1-2: 38-50. [Ukrainian].

УДК 615.849.19:616

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Бирюкова Т. В., Олар Е. И.

Резюме. Статья посвящена вопросу применения лазерного излучения в медицине. Осуществлен теоретический и научный анализ лазерного излучения. Показаны принципы его действия и основные свойства, благодаря которым лазерное излучение имеет широкое использование во всех сферах жизни человека. Также указаны основные отрасли медицины, где активно применяют лазеры. Разработаны выводы, которые помогут понять, почему лазеры являются важным звеном в изучении физики на примере применения в медицине.

Ключевые слова: лазеры, лазерная медицина, активная среда, оптический резонатор, система накачки.

UDC 615.849.19:616

Laser Light Application In Medicine

Biryukova T., Olar O.

Abstract. The article deals with the recent laser light application in medicine experience. Laser technology development became the basis for innovative scientific and technical field – laser medicine. It studies connection between coherent monochromatic electromagnetic radiation and different biological structures.

The purpose of the study is to examine the properties of laser radiation, the structure and types of laser installations, possibilities of laser application in medicine, and also in the physics learning in educational institutions.

Laser light is successfully used in surgery, oncology, ophthalmology, therapy, dentistry, urology, gynecology, maxillofacial surgery, neurosurgery, endoscopy, physiotherapy. Discovering of laser photohydraulic effect offers wide opportunities for plastic surgery conducting. Low-intensity laser light is applied for the treatment of wounds, ulcers, and skin diseases in oncology.

Mainly there are two main directions of laser application in medicine: as an instrument for influence on different kinds of biological objects and as research instrument.

According to scientific experiments' results and data, there were no deep dehydration, tissue evaporation, defects formation under the influence of pulsatile or continuous laser radiation (power density of about 10^5W/m^2) in the first group observed. From this perspective, laser is considered to be a unique light source in spectral studies, such as laser microscopy, holography etc. in the second group.

Thus, advantages of laser radiation application in medicine are: exact localizing of the coagulation place and soft heating of tissues around the region of coagulation is due to the short exposure time. The monochromaticity of laser light reduces chromatic aberration effect of the eye and facilitates observation. Moreover, laser light proved itself to have widespread use in various fields of laser medicine, which confirms the importance of further studying of laser radiation properties in medical and biological physics.

Keywords: laser, laser light, laser medicine, active environment, optical resonator, pumping system.

Стаття надійшла 25.09.2017 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування