

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2023-27(3)-23

УДК: 616.31-085.331:579.864.1

МІКРОБІОМ ЛЮДИНИ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЙОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

Бобир В. В., Назарчук О. А., Палій В. Г., Крижановська А. В., Бобир Н. А., Власенко І. Г., Жемера Н. А.

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця (бульвар Тараса Шевченка, 13, м. Київ, Україна, 03680)

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету МОН України (вул. Соборна, 87, м. Вінниця, Україна, 21000)

Відповідальний за листування:
e-mail: nazarchuk@vnmu.edu.ua

Статтю отримано 26 травня 2023 р.; прийнято до друку 30 червня 2023 р.

Анотація. Стаття присвячена аналізу сучасних даних про різноманітність мікробіому організму людини та характеристики останніх тенденцій для його збереження. Для проведення інформаційного аналізу ми використали наукові пошукові системи, бази даних електронних ресурсів PubMed, IRBIS, Google Scholar із застосуванням бібліосемантичного, системно-оглядового методів. Результати досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців беззаперечно вказують на величезний позитивний вплив мікробіому організму людини на фізіологічні, біохімічні процеси. Фахівці в галузі біології та медицини виокремлюють мікробіом в орган, який бере участь в процесах травлення, обміну речовин, забезпечує захисні функції слизових оболонок, підтримує в робочому стані імунну систему. Аналітичний огляд наводить сучасні дані про формування мікробіому людини в результаті спільної тривалої еволюції організму людини з мікроорганізмами, які заселяли його біотопи. У роботі проаналізовано дані наукових джерел про дослідження локалізації мікробіому та взаємодії мікроорганізмів різних біотопів задля підтримання гомеостазу. Сучасні наукові дані наводять приклади мікробіомних порушень в етіології захворювань людини. Зокрема, зміни в мікробіомі корелюють з виникненням шлунково-кишкових і системних захворювань. Серед науковців тривають дискусії про причини виникнення дисбіозу та шляхи його корекції. Проведений аналіз результатів досліджень про доцільність використання окремих засобів оздоровлення мікробіому за допомогою пробіотиків та трансплантації кишкової мікробіоти. У статті наведено новітню класифікацію пробіотичних препаратів, вимоги до сучасних засобів корекції дисбіозу, підходи до створення імібілізованих пробіотиків.

Ключові слова: мікробіом, дисбіоз, корекція дисбіозу, імібілізовані пробіотики.

Вступ

Мікроорганізми формують єдність з іншими живими істотами, утворюючи так звані екосистеми - цілісні системи живих істот, неживих компонентів і умов існування, які знаходяться між собою в певних стосунках. В екосистемах мікроби існують в асоціаціях, при чому асоціанти можуть мати різні фізіологічні характеристики. Засновником екологічної мікробіології є наш співвітчизник С.М. Виноградський. Саме він сформулював ідею про роль мікроорганізмів в існуванні біосфери на різних її рівнях, зокрема в складі мікробіоценозів (мікробних консорціумів) людського організму.

Провідну роль в різних біотопах людини складають ті його представники, яких раніше називали нормальною мікрофлорою (мікробіотою). На початку 21 століття Нобелівським лауреатом Джошуа Ледербергом був запропонований термін "мікробіом", який сьогодні є найбільш поширеним і охоплює всю мікробну спільноту, яка заселяє організм людини [17]. Зауважимо, що першим звернув увагу на важливість мікробіому відомий український та французький науковець І.І. Мечніков. У своїй монографії "Продовження життя" він висунув гіпотезу передчасного настання старості й смерті, яка ґрунтувалась на дисгармонії, пов'язаній з перебуванням в товстому кишківнику великої кількості шкідливих мікробів. На думку науковця, перенасичення товстої кишки популяціями гнильних мікроорганізмів є дже-

релом постійної інтоксикації, що прискорює процеси старіння організму. Водночас існують такі мікроби, зокрема кисломолочні бактерії, які пригнічують життєдіяльність гнильних мікроорганізмів. Саме Ілля Мечніков увів у науковий світ поняття про нормальну мікрофлору тіла людини. Він вперше застосував кисломолочну закваску, яка містила корисні штами виду *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (болгарська паличка) для оздоровлення макроорганізму й продовження життя людини [23]. Сучасні уявлення про позитивне значення мікробіому організму людини доповнюють дослідження Іллі Мечнікова. Зокрема, мікрофлора різних біотопів забезпечує антагоністичний вплив на патогенну мікрофлору, стимулює діяльність імунної системи, бере участь в синтезі вітамінів (В1, В6, В12, К тощо) та ферментів [5, 18, 20].

Мета роботи - акумулювати сучасні дані про різноманітність мікробіому організму людини та зосередити увагу на підходах для його збереження, які допоможуть фахівцям у виборі раціонального використання пробіотичних препаратів.

Матеріали та методи

Для проведення інформаційного аналізу ми використали наукові пошукові системи, бази даних електронних ресурсів PubMed, IRBIS, Google Scholar із засто-

суванням бібліосемантичного, системно-оглядового методів. Критеріями відбору наукових статей були: глибина пошуку (10 років), результати досліджень провідних вітчизняних, іноземних науковців.

Результати. Обговорення

Сучасні дані про кількість мікроорганізмів, що заселяють всі органи та системи людського тіла, вражають – загальне число становить близько 10¹⁴. Це приблизно в 10 разів більше за кількість власних клітин організму людини [12]. Водночас дослідження таксономії мікробного розмаїття різних органів і систем показали, що найбільша кількість мікроорганізмів сконцентрована в травному тракті (у ротоглотці, шлунку та кишечнику міститься до 75% мікробних популяцій людини), сечостатевої шляхах чоловіків (2-3%), жінок (9-12%). Близько 13-23% мікробіоти колонізує усі інші біотопи [35, 41].

Новітні дані засвідчують, що мікробіом людини сформований трильйонами мікроорганізмів, з яких близько 200 найбільш поширених та понад 1000 видів тих, що рідко зустрічаються, а загальна кількість генів мікроорганізмів перевищує людський геном майже у 150 разів [10]. До близько 30 000 генів людського організму людини мікробіом додає не менш як 12 млн генів бактеріального, вірусного походження (метагеном) [2, 41]. Все це дало підстави Джошуа Ледербергу розглядати людину разом з мікробами, які його заселяють як суперорганізм, у якому 10% клітин належить тілу людини, а 90% – мікробіому. З кожним роком накопичуються нові дані про властивості мікробіому, зокрема виразніше окреслюється концепція про його інтегрально-фізіологічне значення в процесі життєдіяльності людини. Не існує жодного фізіологічного чи патологічного процесу, який не опосередковується дією цієї важливої системи. На рівні тонкої взаємодії комплексу макроорганізм-нормальна мікробіота народжується нова якість своєрідного суперорганізму, який значною мірою й сьогодні залишається невідомим.

Сьогодні переглядається парадигма про стерильність внутрішнього середовища людського організму. Останні наукові відкриття дають підстави стверджувати, що в кишечнику людини та в інших системах організму присутні численні вірусні популяції [22, 38]. До того ж ці питання сьогодні виділені в окремий розділ – віром людини. У наш час активно обговорюють питання вірусно-бактеріальних асоціацій, які є вагомими причинами захворюваності та смертності в усьому світі [3, 4]. Подальші дослідження в цьому напрямі, безсумнівно, відкриють нові можливості для лікування інфекційних захворювань. Розуміння того, як мікробіом може сприяти розвитку вірусного захворювання, може ініціювати впровадження нових ефективних противірусних стратегій.

Зауважимо, що в цілому трильйони мікробів, які живуть в організмі, значно впливають на практично всі фізіологічні процеси, які відбуваються в організмі людини.

Водночас переважна більшість мікроорганізмів належить до умовно патогенної та сапрофітної мікрофлори. Найчастіше прояв вірулентності бактерій відбувається під впливом несприятливих чинників, зокрема антимікробних препаратів. Впливаючи на мікробний світ різноманітними лікарськими засобами, ксенобіотиками та іншими антропогенними факторами, людина підштовхує мікроорганізми до генетичної мінливості, формування факторів патогенності. Слід зазначити, що останніми роками цей процес відбувається особливо інтенсивно. На думку академіка Широкова В.П. "людство повинно виробити модель "співдружності" з мікроорганізмами, з мікробами потрібно бути на ви.....", а "поява нових вірулентних збудників – це закономірна відповідь природи на антропогенний прогрес" [36].

На жаль, антропогенний вплив найперше торкається і мікробіому людини. При його порушенні формуються дисбіози, які за поширенням набули планетарного значення і є сьогодні визнаною "хворобою цивілізації". Дисбіоз – стан мікробної екологічної системи, при якому спостерігається одночасне порушення функцій, механізмів взаємодії її ключових компонентів: макроорганізму та мікробіому, асоційованого зі слизовими оболонками порожнин і шкірних покривів [31]. Результати сьогочасних досліджень ілюструють зростання випадків патологічних процесів при дисбіозі кишечника, як-от астма, серцево-судинні захворювання, метаболічний синдром, ожиріння і навіть аутизм [6, 19].

Питання виділення дисбіозу в окрему нозологічну форму захворювань людини є дискусійним. Більшість дослідників під дисбіозом розуміють не конкретну патологію, яка формується в людини, а клініко-лабораторний синдром, що супроводжує низку як інфекційних, так і соматичних захворювань і клінічних ситуацій, та характеризується метаболічними, функціональними порушеннями, а у частини хворих і клінічними виявами. Цілком очевидним є той факт, що дисбіоз кишечника завжди є вторинним і визначається основним захворюванням. Саме цим можна пояснити відсутність такого діагнозу, як "дисбіоз" або "дисбактеріоз" у Міжнародному класифікаторі захворювань людини (МКБ-10), прийнятому в нашій країні, як і в усьому світі.

Нині багато чинників впливають на зміну якісного й кількісного складу мікробіому людини в біотопах. Серед них, безумовно, лідерство належить лікуванню антимікробними препаратами, зокрема антибіотиками. Особливо негативно впливають на стан мікробіому пероральні антибактеріальні хіміотерапевтичні засоби, хірургічні втручання, дія іонізуючої радіації та терапія рентгенівським опроміненням, зловживання новоутворення, зокрема кишечника, гострі та хронічні інфекційні захворювання з ураженням шлунково-кишкового тракту; неповноцінне харчування; опікові стани; перебування людини в екстремальних умовах (космосі, океанічних глибинах, Арктиці та Антарктиці, пустелях тощо); різка зміна географічного поясу перебування; сезонні зміни



Рис. 1. Можливі механізми впливу пробіотичних бактерій на стан ротової порожнини [13].

раціону харчування [16].

Профілактика, корекція дисбіозів базується на принципах мікробної екології - застосування препаратів, які мають стимулювальну, оновлювальну здатність щодо нормальної мікрофлори, наприклад, кишечника: пробіотики, пребіотики, синбіотики, препарати метаболічного типу, продукти функціонального харчування, нутрицевтики, ентеросорбенти. Найпоширенішими та найбільш вивченими препаратами є пробіотики. Термін "пробіотики" був запропонований Ліллі та Стилелом в 1965 р. [25]. На відміну від антибіотиків, спочатку пробіотики характеризували як мікробні фактори, які здатні стимулювати ріст інших мікроорганізмів. Сьогодні найчастіше пробіотики розглядають як фармацевтичні препарати, що містять живі мікроорганізми, які мають позитивний вплив на фізіологічні, біохімічні й імунні процеси в організмі людини шляхом оптимізації та стабілізації функції мікробіоти [41].

Препарати пробіотичного ряду, що використовуються зараз у клінічній практиці, можна поділити на 7 поколінь: I - пробіотики на основі монокультур облігатної

нормофлори кишечника (Біфідумбактерин, Лактобактерин тощо); II - 2-4-компонентні пробіотики на основі облігатної чи факультативної нормофлори кишечника (Біфіформ, Лінекс, Капсули йогурту тощо); III - пробіотики на основі транзиторних мікроорганізмів, які не властиві для нормофлори людини (Бактисубтил, Біоспорин, Лактовіт форте тощо); IV - синбіотики (Екстралакт, Біфілакт-екстра тощо); V - препарати на основі рекомбінантних генно-інженерних штамів (Субалін); VI - полікомпонентні пробіотики на основі комплексу ліофілізатів штамів лактобацил і біфідобактерій (Полібактерин, Біфідум-мульти тощо); VIII - мультипробіотики на основі "живих" мутуалістичних симбіозів фізіологічних цукролітичних бактерій (Симбітер і Алібакт тощо) [32].

У наш час при розробці пробіотичних препаратів більшість спеціалістів пропонує керуватись такими принципами: пробіотики повинні містити види симбіотичної мікрофлори, які не мають патогенного потенціалу для жодної вікової групи; фізичний стан пробіотиків повинен забезпечувати їх транспорт до відповідного біотопу у фізіологічно активному стані; мікроорганізми у складі пробіотиків повинні мати значну колонізаційну активність і антагоністичний вплив щодо патогенної, умовно-патогенної мікрофлори. Обов'язково потрібно враховувати залежність специфіки нормальної мікрофлори від місця проживання людини, індивідуальні імунобіологічні характеристики певних груп населення. До складу пробіотичних препаратів бажано вводити місцеві географічні штами мікроорганізмів. З огляду на полівидовий склад нормальної мікрофлори, її біосоціальну поведінку в консорціумах науковці рекомендують до складу пробіотичних препаратів вводити декілька видів мікроорганізмів із взаємним посилювальним, потенціювальним ефектом [39, 40]. Саме таким вимогам, на нашу думку, відповідають мультипробіотичні препарати.

З кожним роком спектр застосування пробіотиків продовжує зростати, що пояснюється отриманням нових даних, які свідчать про ефективність їх використання у складі комбінованої терапії хворих з інфекційною, акушерсько-гінекологічною, серцево-судинною, уроло-



Рис. 2. Сорбція *E. coli* (А) та *S. aureus* (Б) на бентоніті.

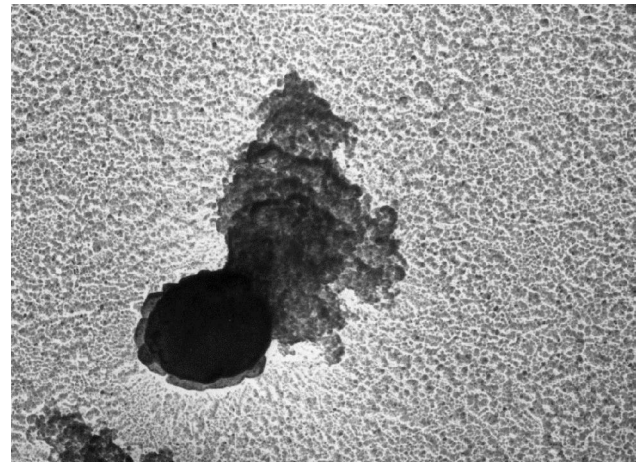
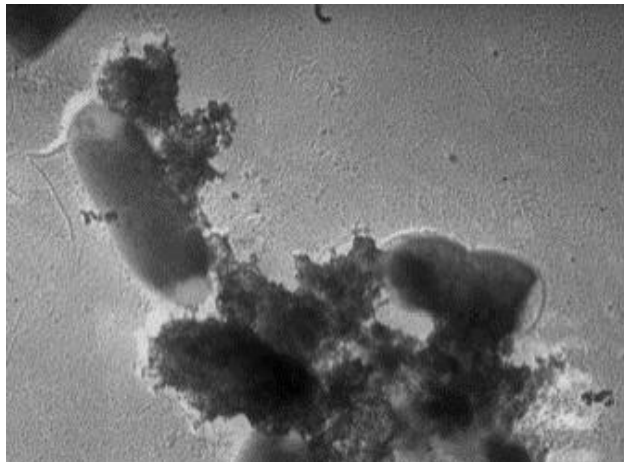


Рис. 3. Сорбція *E. coli* (А) та *S. aureus* (Б) на ГГМКК.

гічною та іншою патологією [1, 15, 34]. Так, у сучасній стоматологічній практиці пробіотики все частіше почали використовувати для лікування, подекуди для профілактики стоматологічних захворювань, у патогенезі яких є дисбіотичні розлади (карієс, гінгівіт, парадонтит) [7, 8, 9, 14, 33]. Цікавим і перспективним, на наш погляд, напрямом є використання пробіотиків у складі жувальних гумок. Деякі успіхи щодо цього вже є. Показано, що прийом в такій формі пробіотичних штамів *L. brevis* пацієнтами з періодонтальною патологією покращував стан при запаленні ясен та призводило до зниження активності протизапальних маркерів у слині [24]. Основні механізми дії пробіотиків у ротовій порожнині представлені на рисунку 1.

Заслуговує на увагу сучасний напрям, що ґрунтується на розробці пробіотиків на основі мікрофлори, імобілізованої на частках сорбентів (рис. 2, рис. 3). За даними спеціалістів, що працюють у цій галузі, імобілізація мікрофлори супроводжується формуванням на частках сорбенту мікроколоній, що більш інтенсивно заселяють біотопи кишечника [42]. Активність пробіотиків значно зростає в присутності глинистих мінералів, зокрема сорбенту гелю бентоніту, такі речовини є одночасно і поставальниками корисних компонентів мікробіому, і ефективними ентеросорбентами [30]. Підкреслимо, що клініцисти неоднозначно ставляться до використання ентеросорбентів. Перевагу надають препаратам з вибірковою сорбційною селективною дією. До такої групи належать сорбенти на основі бентоніту [27]. Доведено, що цей препарат при постійному додаванні в питну воду мишам має позитивний вплив на їхній організм, що виявляється, передусім, зростанням середньої тривалості життя дослідних тварин [26].

Вживання бентоніту може попереджувати порушення мінерального обміну, яке відіграє важливу патогенетичну роль при значній кількості захворювань [26, 27, 28]. Загалом ентеросорбція є неінвазивним патогенетично обґрунтованим способом терапії і за умови вибору адекватного сорбенту може сприяти ефективному

очищенню організму від токсинів, метаболітів, активних перекисних сполук, вірусів, інших мікроорганізмів [21, 29, 37].

Новітній інтерес науковців прикутий до нового напрямку мікробіомної терапії, який базується на трансплантації кишкової мікробіоти [11]. Дослідження на тваринах дали обнадійливі позитивні результати про можливість фекальної трансплантації задля терапії патологій, асоційованих зі стійкими змінами у складі мікробіому. На думку спеціалістів, такий підхід є відносно безпечним, дешевим та ефективним. Водночас мікрофлора, яка трансплантується, повинна бути детально досліджена на присутність патогенів, особливо вірусної природи.

Висновки та перспективи подальших розробок

1. Сучасна медицина збагачена низкою препаратів, методичних підходів для поновлення нормальної мікрофлори. Із року в рік нестримно збільшується арсенал засобів для підтримання та відновлення мікроекологічного статусу людини. Водночас у науковому товаристві все частіше можна почути "сміливу" думку про те, що пробіотичні препарати повинні замінити антибіотики. На наш погляд, це занадто категорично, бо відмовитись повністю від антибіотиків людство сьогодні ще не може. Беззаперечним є той факт, що пробіотикам належить важлива роль в сучасній терапії.

2. Аналіз результатів багаторічних експериментальних і клінічних досліджень дозволяє зробити висновки про важливу участь мікробних популяцій в питанні збереження фізіологічного гомеостазу організму людини. Прогрес у галузі вивчення мікробіому і його ролі в підтримці здоров'я людини сьогодні розглядають як одне з найбільш вагомих досягнень сучасної медицини та біології.

3. Науково обґрунтованим є положення про адекватну корекцію дисбіотичних порушень за допомогою пробіотиків і сорбентів. Їх застосування сприяє досяг-

ненню імуномодулювального, антиоксидантного та інших важливих ефектів.

4. Сучасні здобутки біології та медицини відкривають широкі перспективи в напрямі розробки нових високоефективних пробіотичних препаратів та вдосконалення методів їх клінічного застосування з максималь-

ною користю для пацієнта, задля збереження мікробіомного здоров'я населення.

У перспективі плануємо опублікувати розширений аналіз наукових джерел про віріом людини, імунобіотики, вплив мікробіому на регуляцію геному людини.

Список посилань - References

- [1] Beerepoot, M. A. J., ter Riet, G., Nys, S., van der Wal, W. M., de Borgie, C. A. J. M., de Reijke, T. M., ... & Geerlings, S. E. (2012). Lactobacilli vs antibiotics to prevent urinary tract infections: a randomized, double-blind, noninferiority trial in postmenopausal women. *Arch Intern Med*, 172(9), 704-712. DOI:10.1001/archinternmed.2012.777
- [2] Bengmark, S. (2013). Gut microbiota, immune development and function. *Pharmacological research*, 69(1), 87-113. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2012.09.002>
- [3] Bobyr, V. V. Poniatovsky, V. A., Dyuzhikova, O. M., & Shirobokov, V. P. (2015). Нові дані про людський віром та вплив мікробіоти на його функціонування [New data on human faith and the influence of microbiota on its functioning]. *Вісник морфології - Reports of morphology*, 21(2), 531-537.
- [4] Bobyr, V. V., & Nazarchuk, O. A. (2020). The role of sorbents and probiotics in the prevention of structural-morphological disorders in mice with dysbiosis on the background of virus-bacterial infection. *Journal of Education, Health and Sport*, 10(8), 549-558.
- [5] Cervante, J. (2017). The gut-lung axis in tuberculosis. *Pathogens and Disease*, 75(8), 1-3. <https://doi.org/10.1093/femspd/ftx097>
- [6] Chassard, C., Dapigny, M., Scott, K. P., Crouzet, L., Del'homme, C., Marquet, P., ... & Bernalier-Donadille, A. (2012). Functional dysbiosis within the gut microbiota of patients with constipated-irritable bowel syndrome. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 35(7), 828-838. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2012.05007.x>
- [7] Chukhray, I. G., & Andreeva, V. A. (2013). Опыт клинического использования низкоинтенсивного лазерного излучения красного диапазона спектра и пробиотика в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита [Experience of clinical use of low-intensity laser radiation in the red range of the spectrum and probiotics in complex treatment of chronic generalized periodontitis]. *Український стоматологічний альманах - Ukrainian Dental Almanac*, (5), 109-111.
- [8] Di Pierro, F., Adami, T., Rapacioli, G., Giardini, N., & Streitberger, C. (2013). Clinical evaluation of the oral probiotic *Streptococcus salivarius* K12 in the prevention of recurrent pharyngitis and/or tonsillitis caused by *Streptococcus pyogenes* in adults. *Expert opinion on biological therapy*, 13(3), 339-343. <https://doi.org/10.1517/14712598.2013.758711>
- [9] Di Pierro, F., Colombo, M., Zanvit, A., Risso, P., & Rottoli, A. S. (2014). Use of *Streptococcus salivarius* K12 in the prevention of streptococcal and viral pharyngotonsillitis in children. *Drug, healthcare and patient safety*, (6), 15-20. <https://doi.org/10.2147/DHPS.S59665>
- [10] Flint, H. J., Scott, K. P., Louis, P., & Duncan, S. H. (2012). The role of the gut microbiota in nutrition and health. *Nature reviews. Gastroenterology & hepatology*, 9(10), 577-589. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2012.156>
- [11] Gravit, L. (2012). Microbiome: The critters within. *Nature*, 485(7398), 12-13. <https://doi.org/10.1038/485s12a>
- [12] Hattori, M., & Taylor, T. D. (2009). The Human Intestinal Microbiome: A New Frontier of Human Biology. *DNA Research*, (16), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1093/dnares/dsn033>
- [13] Haukioja, A. (2010). Probiotics and oral health. *European journal of dentistry*, 4(3), 348-355.
- [14] Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11, 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- [15] Jones, M. L., Tomaro-Duchesneau, C., Martoni, C. J., & Prakash, S. (2013). Cholesterol lowering with bile salt hydrolase-active probiotic bacteria, mechanism of action, clinical evidence, and future direction for heart health applications. *Expert opinion on biological therapy*, 13(5), 631-642. <https://doi.org/10.1517/14712598.2013.758706>
- [16] Kamo, T., Akazawa, H., Suda, W., Saga-Kamo, A., Shimizu, Y., Yagi, H., ... & Komuro, I. (2017). Dysbiosis and compositional alterations with aging in the gut microbiota of patients with heart failure. *PloS one*, 12(3), e0174099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174099>
- [17] Lederberg, J., & McCray, A. T. (2001). 'Ome sweet 'omics - A genealogical treasury of words. *Scientist*, 15(7), 8.
- [18] Lei, Y. M., Nair, L., & Alegre, M. L. (2015). The interplay between the intestinal microbiota and the immune system. *Clinics and research in hepatology and gastroenterology*, 39(1), 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.clinre.2014.10.008>
- [19] Mahony, J., Lugli, G. A., van Sinderen, D., & Ventura, M. (2018). Impact of gut-associated bifidobacteria and their phages on health: two sides of the same coin? *Applied microbiology and biotechnology*, 102(5), 2091-2099. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8795-x>
- [20] Marchesi, J. R., Adams, D. H., Fava, F., Hermes, G. D., Hirschfield, G. M., Hold, G., ... & Hart, A. (2016). The gut microbiota and host health: a new clinical frontier. *Gut*, 65(2), 330-339. doi: 10.1136/gutjnl-2015-309990
- [21] Mazepa, YU. S. & Tereshchenko, V. P. (2013). Оцінка скерованості використання ентеросорбентів в умовах поліклініки і стаціонару [Evaluation of the sclerosis of enterosorbents in the minds of polyclinics and hospitals]. 36. *наук. пр. співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика - A collection of scientific works of employees of the Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education*, 4(22), 189-197.
- [22] Minot, S., Sinha, R., Chen, J., Li, H., Keilbaugh, S. A., Wu, G. D., ... & Bushman, F. D. (2011). The human gut virome: inter-individual variation and dynamic response to diet. *Genome research*, 21(10), 1616-1625. <https://doi.org/10.1101/gr.122705.111>
- [23] Mosienko, V. S., Mosienko, M. D., & Ryabukha, V. M. (2002). Молочнокислі бактерії, їх властивості та використання в медичній практиці [Lactic acid bacteria, their properties and use in medical practice]. *Український хіміотерапевтичний журнал - Ukrainian chemotherapeutic journal*, 1(13), 16-23.
- [24] Riccia, D. N., Bizzini, F., Perilli, M. G., Polimeni, A., Trinchieri, V., Amicosante, G., & Cifone, M. G. (2007). Anti-inflammatory effects of *Lactobacillus brevis* (CD2) on periodontal disease. *Oral diseases*, 13(4), 376-385. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2006.01291.x>
- [25] Ringel, Y., Quigley, E., & Lin, H. (2012). Probiotics and gastrointestinal disorders. *Am. J. Gastroenterol.*, 1, 34-40.

- DOI:10.1038/ajgsup.2012.7
- [26] Shirobokov, V. P., Poniatovskiy, V. A., Yavorovskiy, O. P., Yankovsky, D. S., Dymant, G. S., & Bobir, V. V. (2018). Вплив гелю бентоніту на фізіологічні показники лабораторних мишей [The influence of bentonite gel on the physiological parameters of laboratory mice]. *Медичні перспективи - Medical perspectives*, 23(4), 4-11.
- [27] Shirobokov, V. P., Yankovsky, D. S., & Dymant, G. S. (2009). Патент України 45163. Спосіб одержання гелю бентоніту для медичних цілей [Patent of Ukraine 45163. Method for preparing bentonite gel for medical application].
- [28] Shirobokov, V. P., Yankovsky, D. S., & Dymant, G. S. (2013). На зорі зародження життя: роль глинистих мінералів [At the dawn of life: the role of clay minerals]. *Світгляд - Outlook*, 2(34), 6-17.
- [29] Shirobokov, V. P., Yankovsky, D. S., & Dymant, G. S. (2013). На зорі зародження життя: роль глинистих мінералів [At the dawn of life: the role of clay minerals]. *Світгляд - Outlook*, 1(39), 58-65.
- [30] Shirobokov, V. P., Yankovsky, D. S., & Dymant, G. S. (2014). Мікробіом людини та сучасні методи його оздоровлення [Human microbiome and modern methods of its improvement]. *Інфекційні хвороби - Infectious diseases*, (2), 64-69.
- [31] Shirobokov, V. P., Yanovskiy, D. S., & Dymant, G. S. (2014). *Микробы в биогеохимических процессах, эволюции биосферы и существования человечества [Microbes in biogeochemical processes, the evolution of the biosphere and the existence of mankind]*. Киев - Kiev.
- [32] Shyrobokov, V. P. (Ed.). (2019). *Медицина мікробіологія, вірусологія та імунологія: підручник для англomовних студентів вищих медичних навчальних закладів [Medical Microbiology, Virology and Immunology: textbook for English-speaking students of higher medical educational institutions]*. Вінниця: Нова книга - Vinnytsia: New book.
- [33] Skrypnikova, T. P., Stupak, E. P., Levitsky, A. P., Nydzelsky, M. Ya., & Dudchenko, N. A. (2018). Дисбиоз полости рта: проблема и решение [Dysbiosis of the oral cavity: problem and solution]. *Український журнал дерматології, венерології, косметології - Ukrainian journal of dermatology, venereology, cosmetology*, 1(68), 42-47. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ujdvc_2018_1_8
- [34] Sommer, F., & Backhed, F. (2013). The gut microbiota - master of host development and physiology. *Nat Rev Microbiol*, 11(4), 227-238. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2974>
- [35] Stearns, J. C., Lynch, M. D., Senadheera, D. B., Tenenbaum, H. C., Goldberg, M. B., Cvitkovitch, D. G., ... & Neufeld, J. D. (2011). Bacterial biogeography of the human digestive tract. *Scientific reports*, 1, 170. <https://doi.org/10.1038/srep00170>
- [36] Surzyk, L. (2020). Коронавірусні інфекції - нова загроза людству. Як цьому протистояти? [Coronavirus infections are a new threat to humanity. How to resist this?] URL: https://zn.ua/ukr/HEALTH/akademik-volodimir-shirobokov-mikrobi-neproschayut-legkovazhnosti-336600_.html
- [37] Voronin, Y. P., Chekman, I. S., Rudenko, A. V., Osinnya L. M., & Nosach, L. V. (2017). Властивості і переваги енергосорбентів на основі високодисперсного кремнезему [Properties and advantages of energy sorbents based on highly dispersed silica]. *Інфекційні хвороби - Infection diseases*, (1), 71-75. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2017.1.7787>
- [38] Yankovsky, D. S., Dymant, G. S., Berezhnoi, V. V., Kitam, V. O. & Khymych, N. V. (2019). Виром человека [The human's virom]. *Современная педиатрия - Modern pediatrics*, 1(97), 49-74.
- [39] Yankovsky, D. S., Shirobokov, V. P. & Dymant, G. S. (2011). *Интегральная роль симбиотической микрофлоры в физиологии человека [Integral role of symbiotic microflora in human physiology]*. Киев: Червона Рута-Турс - Kyiv: Chervona Ruta-Tours.
- [40] Yankovsky, D. S., Shirobokov, V. P. & Dymant, G. S. (2018). Інноваційні технології оздоровлення мікробіому людини [Innovative technologies for improving the human microbiome]. *Наука та інновації - Science and innovation*, 14(6), 11-23.
- [41] Yankovsky, D. S., Shirobokov, V. P., & Dymant, H. S. (2018). *Мікробіом [Microbiom]*. Київ - Kyiv. ISBN 966-8607-08-02
- [42] Yankovsky, D. S., Shirobokov, V. P., Moiseenko, R. A., Kryvopustov, S. P., & Dymant, G. S. (2013). Новое поколение энтеросорбентов и комплексных пробиотиков для оздоровления микробной экосистемы человека [A new generation of enterosorbents and complex probiotics for the improvement of the human microbial ecosystem]. *Современная педиатрия - Modern Pediatrics*, 6(54), 93-101.

THE HUMAN MICROBIOME AND MODERN APPROACHES TO ITS PRESERVATION (ANALYTICAL REVIEW)

Bobyry V. V., Nazarchuk O. A., Paliy V. G., Kryzhanovska A. V., Bobyr N. A., Vlasenko I. G., Zhemera N. A.

Annotation. The article is devoted to the analysis of modern data on the diversity of the microbiome of the human body and the characteristics of the latest trends for its preservation. Scientific search engines, databases of electronic resources PubMed, IRBIS, and Google Scholar were used for information analysis using bibliosemantic, system review methods. The results of research by Ukrainian and foreign scientists indicate a huge positive influence of the microbiome of the human body on physiological and biochemical processes. Specialists in biology and medicine differentiate the microbiome as an "organ"- system that participates in the processes of digestion and metabolism, provides protective functions of mucous membranes, and supports the immune system in working order. The analytical review presents modern data on the formation of the human microbiome as a result of the joint long-term evolution of the human body with microorganisms that inhabited its biotopes. References from scientific sources on the study of the localization of the microbiome and the interaction of microorganisms of different biotopes to maintain homeostasis are discussed in the work. Modern scientific data provide examples of microbiome disturbances in the etiology of human diseases. In particular, changes in the microbiome correlate with the occurrence of gastrointestinal and systemic diseases. Discussions continue among scientists about the causes of dysbiosis and ways to correct it. An analysis of the results of research on the feasibility of using certain means of improving the microbiome with the help of probiotics and intestinal microbiota transplantation was carried out. The article presents the latest classification of probiotic preparations, requirements for modern means of dysbiosis correction, and approaches to the creation of immobilized probiotics.

Keywords: microbiome, dysbiosis, correction of dysbiosis, immobilized probiotics.