

УДК 57:165.745(091)

О.В. Коркушко¹, В.П. Пішак²¹ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України», Київ²Буковинський державний медичний університет, Чернівці

В.І. Вернадський і хроноритмічна організація біосфери

АНОТАЦІЯ

Викладено значення робіт академіка В.І. Вернадського у розумінні механізмів хроноперіодичної організації біологічних систем. Визначено роль біологічних ритмів у розвитку біосфери як планетарного явища.

Ключові слова:

В.І. Вернадський, біологічні ритми, динамічна рівновага біосфери.

Президентом України відповідно до Указу № 972/2011 від 11 жовтня 2011 року постановлено з метою вшанування пам'яті геніального вченого, видатного громадського діяча, організатора та першого президента Української академії наук академіка Володимира Івановича Вернадського відзначити у 2013 році 150-річчя від дня його народження.

Володимир Іванович Вернадський народився в Санкт-Петербурзі 28 лютого (12 березня за новим стилем) 1863 року. Його батько Іван Васильович, нащадок українських козаків, був професором економіки в Києві, а його мати Ганна Петрівна – дочкою українського дворянина. У 1868 році сім'я Вернадських переїхала до Харкова. У 1873 році Володимир став першокласником Харківської класичної гімназії. У 1876 році після повернення родини Вернадських у Санкт-Петербург він вступив до Першої Санкт-Петербурзької гімназії. У 1885 році закінчив фізико-математичний факультет Петербурзького університету. У 1890 році став приват-доцентом кафедри мінералогії Московського університету. У 1897 році захистив докторську дисертацію в Петербурзькому університеті. У 1898–1911 роках – професор Московського університету. В.І. Вернадський був видатним природодослідником, мислителем та суспільним діячем ХХ ст. Один із засновників та перший президент Української академії наук (тепер – Національна академія наук України). В коло його інтересів входили геологія, кристалографія, мінералогія, радіогеологія, геохімія, біологія та філософія. Він – засновник науки біогеохімії. Діяльність В.І. Вернадського справила величезний вплив на розвиток наук про Землю, а також на становлення і розвиток Академії наук СРСР (тепер – Російська академія наук).

Починаючи з 1908 року В.І. Вернадський (в той час професор Московського університету) постійно проводив величезну роботу з організації експедицій і створення

лабораторної бази щодо пошуку і вивчення радіоактивних мінералів. З 1920 по 1921 рік був ректором Таврійського університету в Сімферополі. У період з 1922 по 1926 рік працював у Празі та Парижі, читав лекції в Сорбонні, працював у Музеї природної історії та в Інституті Кюрі, де досліджував паризій – речовину, що була помилково прийнята за новий радіоактивний елемент. У 1927 році організував в Академії наук СРСР відділ «живої речовини». Проте термін «жива речовина» він вживав у значенні сукупності живих організмів біосфери. Ним було обґрунтоване вчення про біосферу та ноосферу.

Вчений є засновником школи біогеохімії. З 1927 року до самої смерті В.І. Вернадський займав посаду директора біогеохімічної лабораторії при Академії наук СРСР. Ним було сформовано вчення про геохімічні процеси на поверхні Землі та участь живих організмів у становленні біосфери. Був учителем цілої плеяди вчених-геохіміків. У 1943 році «за багаторічні видатні роботи в галузі науки і техніки» до 80-річчя з дня народження його було удостоєно Сталінської премії I ступеня.

Про велике значення науково-суспільної діяльності В.І. Вернадського свідчать численні установи і об'єкти його імені:

- Інститут геохімії та аналітичної хімії ім. В.І. Вернадського РАН;
- Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського в Сімферополі;
- Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського Національної академії наук України;
- Державний геологічний музей ім. В.І. Вернадського РАН;
- При Президії РАН працює Комісія з розробки наукової спадщини академіка В.І. Вернадського;
- підлідні гори в Східній Антарктиді;
- Українська антарктична станція «Академік Вернадський»;

- Національна бібліотека Академії наук України в Києві;
- Всеросійський конкурс юнацьких дослідних робіт ім. В.І. Вернадського;
- станція метро у Москві;
- вулиці і проспекти в ряді міст (Москва, Сімферополь);
- бульвар у Києві.

Академіка В.І. Вернадського в рівній мірі вважають своїм співвітчизником як в Росії, так і в Україні.

У наукових працях В.І. Вернадського сформульовано учення про геохімічні процеси на поверхні Землі та участь живих організмів у становленні біосфери [9–14].

У працях В.І. Вернадського вирішувалися питання виникнення і еволюції біосфери [14]. Вчений довів, що в процесі розвитку органічного світу формувалася єдина система взаємодії живої речовини з геохімічною матерією [10]. Визначальним було також геніальне передбачення участі живої речовини біосфери у важливих геохімічних функціях: газовій, кисневій, окиснювальній, кальцієвій, відновлювальній, концентраційній та ін., які були не хаотичними, а чітко підпорядкованими космічним ритмам [13].

Чинникам навколишнього середовища властиві космічні ритми, чіткі фотоперіодичні процеси: зміна дня і ночі, тривалості фотоперіодизму, сезонна ритмічність, ритми сонячної активності тощо. Ці флуктуації мають визначену, усталену в часі тривалість. Живі істоти впродовж еволюції зазнають постійного впливу довкілля. Процеси адаптації живої матерії невід'ємні від підпорядкованості неперервним змінам зовнішніх умов.

Для збереження сталості організму ритмічна структура його системи має забезпечувати певну пристосованість, узгодженість, лабільність щодо існування в мінливих умовах довкілля [7, 8, 41]. Спадковість організмів, як досить консервативний елемент, повинна мати запас індивідуальних характеристик щодо адаптаційних механізмів.

Завдяки сонячній радіації – основному джерелу тепла на нашій планеті, у далекому минулому змогла зародитися органічна матерія, яка в процесі еволюції досягла тих меж досконалості, які ми спостерігаємо в природі.

Фотоперіодизм – явище географічне, яке залежить від географічної широти місцевості. Чергування світла і темряви є одним з визначальних стимулів розвитку рослин і певної частини тварин, переходу їх до репродукції. Наголошується, що навіть світло від Місяця, інтенсивність якого не перевищує 0,2 лк, може зумовлювати фотоперіодичний ефект. Фази місячного циклу впливають на добові коливання рівня мелатоніну (МТ) – регулятора біологічних ритмів [43]. Фотоперіодизм має велике значення для характеру територіального розподілу рослин і тварин. У процесі природного добору види генетично закріпили інформацію про довжину дня.

Температура, освітленість, припливи і відпливи також належать до первинних періодичних чинників. Реакція на сезонні зміни освітленості характеризується низкою фотоперіодичних реакцій, які значною мірою визначають межі поширеності окремих видів.

Реакції живих істот, що зазнають дії цих чинників, залежать від ступеня досконалості адаптацій організму, який тим вищий, чим давніша ця адаптація, чим відповідніша корекція між організмом і середовищем існування. Встановлено, що навіть незначне збільшення (на 0,1%) сонячної енергії модифікує геном/епігеном людини і спричиняє зміни, які скорочують тривалість життя. Разом з тим ця енергія здатна покращувати зміни в геномі, які підвищують адаптованість до навколишнього середовища [51]. Вважають, що цей квантово-механічний ефект подібний до механізму фотосинтезу чи опосередкований гормонами, цитокінами і хемокінами. Адаптивні реакції організмів на первинні періодичні чинники подібні у тварин різних груп.

В.І. Вернадський зазначав, що «явища життя і явища мертвої природи, якщо їх розглядати з планетарної точки зору, є проявами єдиного процесу». Він стверджував, що жива речовина є нерозривною складовою земної кори і активно впливає на неї, змінюючи її. Еволюцію живої природи не можна розглядати поза еволюцією цілісного космосу [12].

Розвиваючи таку взаємозалежність, вчений писав «... оскільки простір і час як абсолютні чинники матеріального світу були задіяні у всі періоди перетворення Всесвіту, то в масштабі нашої планети вони є споконвічною структурою матеріального світу Землі і мали свої абсолютні властивості задовго до появи і розвитку живої матерії. Звідси незаперечно, що уже перші форми живої речовини і примітивні живі істоти були «вписані» в основні закони просторово-часових взаємин, і тому ці закони стали абсолютними чинниками пристосування живої матерії до зовнішнього світу» [9, 11].

Спираючись на світоглядні висновки В.І. Вернадського, відомий російський фізіолог П.К. Анохін (1968) зазначив «... жива матерія, яка «вписалася» в уже готову просторово-часову систему світу, не могла не віддзеркалити на собі її властивості, її архітектуру, якщо тільки ці властивості стосувалися основної ознаки живої матерії – виживання» [5]. І тому основу будь-якого фізіологічного процесу становлять біологічні ритми, а фізіологічні дослідження мають ґрунтуватися на просторово-часовому принципі у тісній взаємодії із середовищем існування.

Поява в живій речовині здатності до саморегуляції стала першим рушійним чинником розвитку систем, який супроводжував усі етапи передбіологічного і соціального розвитку матерії [6].

У науковому доробку В.І. Вернадського фундаментальне положення займає біогеохімічне формування біосфери як космопланетарного явища – сукупності живих організмів та середовища їхнього існування. Причому це не просте поєднання взаємодії двох складових, а інтегральні переходи одного явища в інше. Зокрема, у першому біогеохімічному принципі таких взаємин зазначається, що геохімічна енергія живої речовини біосфери зазнає максимального прояву. Згідно з іншим принципом функціонування біосфери максимально збільшує біогенну геохімічну енергію ті складові живої речовини, які мають більшу здатність до виживання. З

позицій сучасного положення про мікросволюційні процеси такі переваги мають не окремі особини, а складні надорганізмові рівні організації – популяції. Принципи функціонування біосфери, висунуті В.І. Вернадським, трактують як закон Вернадського–Бауера.

Академіку В.І. Вернадському належить науково обґрунтована ідея про біологічний час. Основою механізмів пристосування живих істот до умов навколишнього середовища є біологічні ритми.

Циклічні зміни клімату зумовлені періодичними астрономічними явищами: обертання Землі навколо своєї осі зумовлює ритми припливів, обертання Землі навколо Сонця визначає зміну пори року.

Найбільш істотне для живої природи явище на Землі – зміна дня і ночі, світла і темряви. Зовнішні (екзогенні) та внутрішні (ендогенні) чинники мають чітку взаємозгодженість і підпорядкованість першим. Зміна циклів світлової (денної) і темнотної (нічної) фотоперіодичності, несвітлові цикли (наприклад, геомагнітні) знаходять віддзеркалення в біологічних зрушеннях амплітуди та фазності ритму, їхньої тривалості тощо. Останнім часом набула поширення концепція хроному, згідно з якою біологічні системи закономірно організовані у часі і генетично детерміновані, але перебувають під модифікуючим впливом навколишнього середовища.

Циркадіанна ритмічність цілої низки функцій залежить від сезону року, рівня сонячної активності, добового періодизму та ін. Геомагнітна діяльність, яка також підпорядкована сонячній та галактичній активності, може бути маркером циклічних змін, що виникають у біосфері. У відповідь на дію світла пігментні клітини нижчих хребетних здатні перерозподіляти пігмент. Пігментна система безхребетних амфібій виконує важливу роль у процесах адаптації організму до умов довкілля. Ступінь просторово-часової організації зовнішніх структур клітини, за участі яких відбувається взаємодія організму із середовищем існування, характеризує і ступінь відкритості живої системи. У свою чергу відкритість системи залежить від розвитку живої системи, характеру взаємодії середовища існування і організму, що розвивається [27].

Живий організм є складною автономною системою, відносно незалежною від чинників навколишнього середовища, але пов'язаною з ним через регульований обмін речовин [16]. Автономність і цілісність організмів постійно контролюється і підтримується на всіх рівнях організації [18]. Клітинні та молекулярні складові біологічного годинника живих істот утворені, як принципи механізму відліку біологічного часу. Вони забезпечують часовий континуум індивідуального організму як гарантію його біологічної та фундаментальної цілісності [28]. Тому в основі будь-якого фізіологічного дослідження лежить просторово-часовий підхід.

Одним з основних первинних періодичних чинників є світло. Це чітко простежується в усіх живих організмах – від найпростіших до людини. Його компонентами виступають інтенсивність, довжина хвилі, ступінь поляризації, спрямованість і тривалість. Світло є визначальним у забезпеченні біологічних ритмів – добових, місячних, сезонних.

Фізіологічні та біохімічні процеси як складові життєдіяльності організму становлять чітко скоординовану систему біологічних ритмів, від субклітинного до організменного рівня [2]. Ця система зазнає постійного корегування змін, які відбуваються як в організмі, так і в довкіллі. Здатність організму адекватно відповідати на різні екзогенні та ендогенні стимули шляхом перебудови біоритмів характеризує сталість людського організму і здоров'я людини [4].

Ритми, період яких становить 24 год або близький до цієї величини, називають добовими, або циркадними, вони властиві багатьом тваринам і рослинам. Проте переважають ритми, що відхиляються від тривалості доби, вони отримали назву циркадіанних (тривалістю від 20 до 28 год).

Циркадні ритми – це ендогенно опосередковані 24-годинні цикли поведінкової та фізіологічної активності людини. Проте тривалість власних біоритмів організму зазнає відхилень як у бік меншої величини, ніж 24 год, або, навпаки, більш тривалої за 24 год, тобто величина має певні відхилення від тривалості доби на Землі. Так, внутрішній циркадіанний ритм у рослин становить 23–28 год, а у тварин – 23–25 год. Такий ритм отримав назву циркадіанного (близького до добового). Останнім часом чітко обґрунтована генетична природа циркадіанних ритмів [4, 51].

Тривалість періоду від 0,5 до 20 год називають ультрадіанним ритмом. Період, частота і фаза є складовими взаємодії біоритмів, які забезпечують функціональну залежність [1]. Поряд з цим існують навколотижневі коливання: циркасептанні (довжина періоду відповідає 7 ± 3 доби); циркадисептанні (14 ± 3 доби); циркавігінтанні (21 ± 3 доби); циркатригінтанні (30 ± 3 доби) і циркануальні ритми (близько 1 року).

Зазначимо, що в основу класифікації біологічних ритмів залежно від довжини періоду покладено геофізичні цикли, які супроводжували життя на Землі від початку його виникнення, тому такі ритми зумовлені еволюційно та носять адаптивний характер. Таким ритмам, як циркадіанний, циркатидальний (навколоприпливний), циркатригінтанний (навколomisячний) і циркануальний (навколорічний), властива стабільність характеристик і прояв на всіх рівнях організації живої матерії.

Сезонні біологічні ритми, що зумовлені фотоперіодом, забезпечують синхронізацію циклів індивідуального розвитку з відповідними сезонами. Навіть у рослин, що розмножуються вегетативно, тривалість світлового дня визначає співвідношення між сезонними змінами і накопиченням запасних речовин. В одних тварин сезон розмноження детермінується фотоперіодом (нерест у риб, дозрівання гонад у птахів) і зміна фотоперіоду зумовлює зміну періоду розмноження. В інших тварин несприятливий для активного життя сезон спричиняє діпаузу (тривалу зупинку розвитку, часткове пригнічення основного чи стандартного обміну у комах чи нижчих хребетних за нестачі енергії, температурах вище нуля). І в таких випадках вирішального стимулювального значення набуває фотоперіод.

Усі діпаузи характеризуються дуже низькою інтенсивністю метаболізму, відносно повною неадекватністю,

запрограмованим комплексом біохімічних пристосувань, які забезпечують виживання без води і без їжі [47]. Крім рослин, фотоперіод може змінювати розміри та морфологію також у тварин.

Запропоновано декілька моделей автономних генераторів ритму. На роль головних водіїв ритмів людського організму претендують супрахізматичні ядра (СХЯ) переднього гіпоталамуса та шишкоподібна залоза (ШЗ).

Синтез МТ шишкоподібною залозою пригнічується світловим чинником, проте циркадіанний мелатоніновий ритм не є пасивною відповіддю на умови довкілля. У ссавців, як і інших видів хребетних, ритм синтезу МТ контролюється ендегенним пейсмейкером – СХЯ гіпоталамуса, в яких ритмічно змінюється активність нейронів. Обидва ці утворення через сітківку ока реагують на освітленість. Отже, МТ – основний месенджер ендегенних ритмів, що генеруються СХЯ, і одночасно коректор ендегенних ритмів відносно екзогенних. Так здійснюється модуляція внутрішніх ритмів із зовнішніми хроноперіодичними впливами. Роль МТ як регулятора біологічних ритмів універсальна для всіх живих організмів – від одноклітинних до ссавців, а також у рослин.

За даними багатьох досліджень встановлено, що ШЗ і передній гіпоталамус і, зокрема, СХЯ беруть участь у циркадіанних ритмах нирок [37, 42, 52].

Неузгодженість біологічних ритмів (стрес, вплив солей важких металів, зміна фотоперіоду та ін.) призводить до явищ десинхронізації, зокрема ренального, за якого гармонійно функціонуючі ритмічні системи організму стають хаотичним нагромадженням не пов'язаних між собою процесів. Це підтверджено на молекулярно-генетичному рівні [41]. Так, циклічний ритм функціонування дистальних сегментів нефрона (дистальні звивисті каналці, з'єднувальні каналці і кортикальні збиральні каналці) супроводжується циклічним ритмом експресії великої кількості генів, які визначають різнопов'язані з гомеостазом функції нирок процеси [51]. У клітинах зазначених каналців виявлено чіткі осциляції експресії генів, які контролюють циклічні процеси: *clock*, *bmal1*, *npas2*, *per*, *cry*, *nrl1*, *par b*, *Zip*, та транскрипційних чинників – *dlbp*, *hlf* і *tef*. Ці результати підтверджують факт генетичного контролю циркадіанної ритміки та участь молекулярного годинника в корекції функції нирок [32, 35, 36, 41].

Негативний вплив тривалого освітлення на самок щурів перед вагітністю доведено тим, що в їхніх пащадків у 21–40-денному віці виникали морфометричні та біохімічні зміни в нейронах кори (збільшення розмірів клітин Пуркінє, підвищення в їхній цитоплазмі концентрації РНК) [15].

У наших дослідженнях встановлено, що природні циркадіанні зміни освітленості і модифікації хроноперіодизму призводять до значних порушень циркадіанного ритму внутрішньоядерних процесів синтезу білків у нейронах СХЯ та стану цитоскелета цих клітин [30, 31, 38].

Таким чином, у нормальному фізіологічному стані організму відбувається відносна синхронізація коливальних процесів. Неузгодженість між екзогенними і ендегенними чинниками чи формування патологічного процесу спричиняє явища десинхронізації [34].

Порушення циркадіанної ритмічності розвивається у процесі старіння людини і тварин [37]. Переважаючими віковими змінами обумовлено зниження амплітуди і зменшення здатності ендегенних ритмів синхронізуватися з періодичними процесами довкілля. Знижується чутливість циркадіанних систем до зовнішніх часових датчиків [4, 29]. Порушення циркадіанних ритмів призводить до зниження процесів життєдіяльності, розумової і фізичної працездатності, зменшення стійкості до стресових чинників та спричиняє передчасне старіння [33, 39].

Важливе значення біологічних ритмів у забезпеченні нормальної життєдіяльності організму визначило появу таких галузей досліджень, як хронобіологія та хрономедицина [1, 2, 5, 6]. Встановлено, що порушення біологічних ритмів, зокрема добових, призводять до зниження ефективності процесів життєдіяльності, погіршення розумової та фізичної працездатності, порушень сну, зниження стійкості до стресів і спричиняють розвиток захворювань [4, 18, 26, 27].

У низці досліджень визначено, що при старінні закономірно порушуються біологічні ритми різних систем організму, що відіграє важливу роль у розвитку вікової патології [4, 5, 16, 31, 40].

Важливе значення у забезпеченні нормальної життєдіяльності організму мають біологічні ритми серцево-судинної системи (ССС), порушення яких можуть зумовлювати розвиток захворювань ССС і часто є першими ознаками патології, що розвивається [17, 19, 20]. Так, встановлено, що зниження потужності коливань ритму серця в діапазоні частот від 0,03 до 0,4 Гц (варіабельність ритму серця – ВРС) характерне для ішемічної хвороби серця (ІХС) і дозволяє прогнозувати розвиток інфаркту міокарда [45, 46, 55]. В процесі старіння закономірно знижується ВРС, що свідчить про порушення регуляції ССС і може бути причиною патології ССС [21, 24, 44, 49].

Одним з найважливіших біологічних ритмів організму, у тому числі й ССС, є добовий (циркадіанний) ритм, що забезпечує адаптацію організму до змін геофізичних чинників протягом доби. Цей ритм є ендегенним, однак у нормі він синхронізований зі зміною дня й ночі. Порушення цієї синхронізації (десинхронізація) призводить до несприятливих змін в організмі, знижує його життєздатність, зменшує резерви адаптації. У людей похилого віку значно знижується амплітуда добових ритмів ССС, часто розвивається їхня десинхронізація [22, 24, 25, 53]. Відомо, що важливу роль у механізмах розвитку патології ССС відіграє вегетативна нервова система (ВНС). Так, високий симпатичний тонус зумовлює підвищення артеріального тиску (АТ) і може призводити до розвитку ішемії міокарда у пацієнтів з коронарним атеросклерозом. Порушення добових ритмів активності ВНС, зокрема підвищення симпатичного тону у нічний час доби, призводить до інверсії добового ритму АТ і до нічного піку частоти епізодів ішемії міокарда у пацієнтів з ІХС [54].

В проведених в Інституті геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України дослідженнях встановлено, що з віком відбуваються закономірні зміни регуляторних, циркадіанних, ультра- й інфрадіанних ритмів ССС [3,

21–23, 25, 29, 44, 50]. При цьому ступінь вікових змін різних ритмів неоднаковий. Найбільшою мірою при старінні порушуються добові ритми. З віком знижується амплітуда регуляторних ритмів ССС (ВРС) в усіх частотних діапазонах спектра, зменшується їхня фрактальна розмірність. Зниження амплітуди й потужності коливань ритму серця в діапазоні низьких і високих частот свідчить про зменшення регуляторних впливів на синусний вузол серця симпатичної й парасимпатичної ланок ВНС.

При старінні розвивається вегетативний дисбаланс, який проявляється відносною перевагою симпатичного тону на тлі вираженого ослаблення парасимпатичних і барорефлекторних регуляторних механізмів. Внаслідок цього зменшується стійкість людей похилого віку до стресових впливів – фізичного та психоемоційного навантаження, гіпоксії.

У людей похилого віку розвиваються явища десинхронізації, про що свідчать значне зниження амплітуди добових ритмів ССС, випереджальне зрушення фази добових ритмів, їхня десинхронізація (в 30% випадків) та інверсія (в 7% випадків).

Механізми порушень добових ритмів ССС при старінні пов'язані з віковими змінами вегетативної регуляції, активності симпатоадреналової системи та енергетичного метаболізму. Зниження амплітуди добових ритмів ССС з віком вірогідно корелює зі зменшенням амплітуди добових ритмів тону парасимпатичної нервової системи, циркадних коливань секреції катехоламінів та енергетичного метаболізму.

В основі вікових змін усіх вивчених добових ритмів лежить зниження мелатонінсекретуючої функції епіфіза [48, 56, 57], про що свідчать такі факти:

1. Значне зниження нічної продукції МТ з віком.
2. Значне зниження амплітуди добових ритмів ЧСС, АТ, температури тіла, споживання кисню, вегетативного тону у людей похилого віку з низькою нічною продукцією МТ.

3. Відновлення ритму МТ у людей похилого віку зі зниженою мелатонінсекретуючою функцією епіфіза (за допомогою введення МТ) сприяє нормалізації добових ритмів ССС, вегетативного тону та енергетичного метаболізму.

Для усунення порушень добових ритмів ССС у людей похилого віку можна використовувати введення препаратів мелатоніну та епіталаміну, завдяки чому підвищується амплітуда добових ритмів температури тіла, ЧСС і АТ та відновлюється вегетативний баланс. Особливий інтерес в цьому плані мають результати експериментальних досліджень [4, 29], в яких було доведено, що призначення пептидного препарату епіталаміну (екстракту з епіфіза тварин) не тільки збільшує тривалість життя тварин, а й попереджає розвиток пухлинного процесу. В умовах клініки доведено значущість цього препарату для уповільнення старіння та підвищення стійкості до стресу. Тому епіталамін зараз розглядають як геропротектор.

Дані, наведені вище, свідчать, що академік В.І. Вернадський є видатним вченим, який вніс величезний вклад у розвиток різних галузей науки, насамперед біогеохімії, котра продовжує успішно розвиватись і натеper.

Спираючись на фундаментальні праці В.І. Вернадського, можна стверджувати, що хроноперіодика є однією з визначальних властивостей живої системи незалежно від рівня її організації – від клітинного до біосфери. Біологічні ритми забезпечують гомеостаз, динамічну рівновагу і процеси адаптації у біологічних системах.

Список літератури

1. Аврунин А.С. Роль биоритмов в разбросе данных динамического исследования красной крови на предоперационном этапе / А.С. Аврунин, В.Н. Хрулев // Клин. лаб. диагностика. – 2006. – № 4. – С. 44–47.
2. Алякринский Б.С. Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе / Б.С. Алякринский. – М.: Наука, 1983. – 248 с.
3. Анализ вариабельности ритма сердца в клинической практике (Возрастные аспекты) / О.В. Коркушко, А.В. Писарук, В.Б. Шатило, В.Ю. Лишневская и др. – К., 2002. – 192 с.
4. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения / В.Н. Анисимов. – СПб: Наука, 2003. – 438 с.
5. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1968. – 28 с.
6. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1975. – 447 с.
7. Биологические ритмы / Под ред. Ю. Ашоффа. – М.: Мир, 1984. – 756 с.
8. Биологические часы / Пер. с англ. под ред. С.Э. Шнюля. – М.: Мир, 1964. – 453 с.
9. Вернадский В.И. Записки об изучении живого вещества с геохимической точки зрения / В.И. Вернадский // Изв. Рос. АН. Сер. 6 – 1921. – Т. 15, № 1–18. – С. 120–123.
10. Вернадский В.И. Эволюция видов и живое вещество / В.И. Вернадский // Природа. – 1928. – № 3. – С. 227–250.
11. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки / В.И. Вернадский – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 250 с.
12. Вернадский В.И. О геологических оболочках Земли как планеты / В.И. Вернадский // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. – 1942. – № 6. – С. 251–262.
13. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1965. – 374 с.
14. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии / В.И. Вернадский – М.: Наука, 1980. – 320 с.
15. Влияние длительного непрерывного освещения самок крыс на показатели развития мозга их 40-дневного потомства / Б.Я. Рыжковский, И.В. Николаева, Р.В. Учаскина [и др.] // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2009. – Т. 147, № 1. – С. 8–11.
16. Гилберт С. Биология развития: в 3 т. / С. Гилберт. – М.: Мир, 1994.
17. Заславская Р.М. Хронодиагностика и хронотерапия заболеваний сердечно-сосудистой системы / Р.М. Заславская. – М.: Медицина, 1991. – 319 с.

18. Жегунов Г.Ф. Природа жизни и бессмертия: теория, гипотезы, философия / Г.Ф. Жегунов. – Х.: Эспанда, 2011. – 368 с.
19. Комаров Ф.И. Суточный ритм физиологических функций у здорового и больного человека / Ф.И. Комаров, Л.В. Захаров, В.А. Лисовский. – Л.: Медицина, 1966. – 200 с.
20. Комаров Ф.И. Хронобиология и хрономедицина / Ф.И. Комаров, С.И. Рапопорт. – М.: Триада X, 2000. – 488 с.
21. Коркушко О.В. Анализ вегетативной регуляции сердечного ритма на различных этапах индивидуального развития человека / О.В. Коркушко, В.Б. Шатило, Т.В. Шатило // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 2. – С. 31–39.
22. Коркушко О.В. Изменения барорефлекторной регуляции сердечно-сосудистой системы при старении / О.В. Коркушко, В.Б. Шатило, О.Н. Гирина // Укр. кардіол. журн. – 1994. – № 5–6. – С. 10–15.
23. Коркушко О.В. Пинеальная железа: пути коррекции при старении / О.В. Коркушко, В.Х. Хавинсон, В.Б. Шатило. – СПб: Наука, 2006. – 204 с.
24. Коркушко О.В. Суточные ритмы изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вегетативной регуляции при старении / О.В. Коркушко, А.В. Писарук, В.Ю. Лишневская // Журн. АМН Украины. – 2002. – Т. 8, № 1. – С. 180–190.
25. Коркушко О.В. Циркадные ритмы кардиореспираторной системы при старении / О.В. Коркушко, А.В. Писарук, Н.Д. Чеботарев // Клин. геронтология. – 2000. – Т. 6, № 7–8. – С. 6–12.
26. Нейроэндокринна регуляція хроноритмів функцій нирок у ссавців / В.П. Пішак, Р.Є. Булик, І.І. Заморський [та ін.]. – Чернівці: Медакадемія, 2005. – 166 с.
27. О взаимосвязи структурно-пространственной организации клеток и различного уровня их метаболической активности / Ю.Н. Королев, М.В. Гусев, В.С. Соина, Г.И. Эль-Регистан // Синергетика. – 2001. – № 4. – С. 266–278.
28. Окунева Г.Н. Суточный ритм газообмена и кровообращения человека / Г.Н. Окунева, Ю.А. Власова, Л.Т. Шевелева. – Новосибирск: Наука, 1987. – 250 с.
29. Пептидные препараты тимуса и эпифиза в профилактике ускоренного старения / О.В. Коркушко, В.Х. Хавинсон, Г.М. Бутенко, В.Б. Шатило. – СПб: Наука, 2002. – 202 с.
30. Пішак В.П. Десинхронизація як проявлення нейрогуморальної дисрегуляції шишкоподібної залози / В.П. Пішак. – Анатомо-хірургічні аспекти дитячої гастроентерології: Матеріали. 3-го наук. симпозіуму (Чернівці, 20 квітня 2012 р.). – Чернівці, 2012. – С. 146–152.
31. Пішак В.П. Вплив модифікацій фотоперіоду на цитометричні характеристики нейронів супрахізматичного ядра гіпоталамуса / В.П. Пішак, Д.А. Василенко, Р.Є. Булик // Фізіол. журн. – 2010. – Т. 56, № 2. – С. 233–234.
32. Пішак В.П. Молекулярно-генетичні маркери циркадіанних ритмів за фізіологічних умов (огляд літератури та власні дослідження) / В.П. Пішак, Р.Є. Булик // Буковинський мед. вісн. – 2010. – Т. 14, № 2(54). – С. 12–19.
33. Пішак В.П. Молекулярно-генетичні механізми регуляції функції шишкоподібної залози як біологічного годинника / В.П. Пішак, Р.Є. Булик // Пробл. старення і довголіття. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 305–310.
34. Пішак В.П. Супрахізматичні ядра гіпоталамуса – провідні ендокринні осцилятори / В.П. Пішак, Р.Є. Булик // Патологія. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 7–14.
35. Пішак В.П. Участь мелатоніну в генетичній та гормональній регуляції функцій жіночої репродуктивної системи / В.П. Пішак // Міжнар. ендокринол. журн. – 2012. – Т. 7, № 2. – С. 122–125.
36. Пішак В.П. Участь пептидів шишкоподібної залози у забезпеченні функцій фотоперіодичної системи головного мозку та нирок (огляд літератури і власні дослідження) / В.П. Пішак, Р.Є. Булик, І.І. Заморський // Буковинський мед. вісн. – 2012. – Т. 16, № 3 (63), ч. 2. – С. 67–71.
37. Пішак В.П. Центральні механізми циркадіанних ритмів ссавців / В.П. Пішак, Р.Є. Булик. – Чернівці: Медуніверситет, 2009. – 320 с.
38. Пішак В.П. Шишкоподібна залоза – головний ендокринний синхронізатор добового періодизму / В.П. Пішак, Р.Є. Булик // Інтегративна антропологія. – 2011. – № 2 (18). – С. 32–37.
39. Причини преждевременной общебиологической деградации человека, пути ее предупреждения и решения проблемы здоровья с позиции санокреатологии / Ф.И. Фурдуй, В.К. Чокинэ, В.Ф. Фурдуй, Г.А. Вуду // Фізіол. журн. – 2011. – Т. 57, № 5. – С. 88–90.
40. Халберг Ф. Временная координация физиологических функций / Ф. Халберг. – В кн.: Биологические часы. – М.: Мир, 1964. – С. 475–509.
41. Шишкоподібна залоза і хроноритми функцій нирок. Вплив стресу та солей важких металів / В.П. Пішак, Р.Є. Булик, В.Г. Висоцька [та ін.] / За ред. В.П. Пішака. – Чернівці: Медуніверситет, 2008. – 406 с.
42. Шишкоподібна залоза: патоморфологія, патологічна фізіологія, фармакологія / В.П. Пішак, Р.Є. Булик, І.І. Заморський, С.С. Ткачук. – Чернівці, 2012. – 264 с.
43. Arendt J. Melatonin, circadian rhythms, and sleep / J. Arendt // N. Engl. J. Med. – 2000. – Vol. 343, N 15. – P. 1114–1116.
44. Autonomic control of cardiac chronotropic function in man as a function of age: assessment by power spectral analysis of heart rate variability / O.V. Korkushko, V.B. Shatilo, Yu.I. Plachinda, T.V. Shatilo // J. Auton. Nerv. Syst. – 1991. – Vol. 32, N 2. – P. 191–198.
45. Cowan M.J. Effects of gender and age on heart rate variability in healthy individuals and in persons after sudden cardiac arrest / M.J. Cowan, K. Pike, R.L. Burr // J. Electrocardiol. – 1994. – Vol. 27. – P. 1–9.

46. Frequency-domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction / J.T. Bigger, J.L. Fleiss, R.C. Steinman et al. // *Circulation*. – 1992. – Vol. 85. – P. 164–171.
47. Hochachka R.-A. Biochemical adaptation / R.-A. Hochachka, G.N. Somero – Oxford Univ. Press, 2002. – 466 p.
48. Karasek M. Melatonin, human aging, and age-related diseases // *Experimental Gerontology*. – 2004. – V. 39, N 11–12. – P. 1723–1729.
49. Korkushko O.V. Changes in heart rhythm power spectrum during human aging / O.V. Korkushko, J. Kaukenas // *Aging*. – 1991. – Vol. 3, N 2. – P. 177–179.
50. Korkushko O. Peptide preparations from thymus and pineal gland may be used for slowing-down of accelerated human aging / O. Korkushko, V. Khavinson, V. Shatilo // *Abstracts of the 3rd European Congress of Biogerontology (November 8–11, 2002, Florence)* // *Biogerontology*. – 2002. – Vol. 3. – Suppl. 1. – P. 65.
51. Lowell W.E. The effect of solar cycle on human lifespan in the 50 United States: Variation in light affects the human genome / W.E. Lowell, G.E. Davis // *Med. Hypotheses*. – 2010. – Vol. 75, N 1. – P. 17–25.
52. Molecular clock is involved in predictive circadian adjustment of renal function / A.U. Zuber, G. Centeno, S. Pradervand [et al.] // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. – 2009. – Vol. 106, N 38. – P. 16523–16528.
53. Naylor E. Circadian Rhythm Alterations with Aging / E. Naylor, P.C. Zee // *Sleep Medicine Clinics*. – 2006. – Vol. 1, N 2. – P. 187–196.
54. Reproducibility in Circadian Rhythm of Ventricular Premature Complex / G.A. Lanza, M.C. Cortelezza, A.G. Rebuzzi [et al.] // *Am. J. Cardiol*. – 1990. – Vol. 66. – P. 1099–1106.
55. RR variability in healthy, middle-age persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction / J.T. Bigger, L.F. Fleiss, R.C. Steinman et al. // *Circulation*. – 1995. – Vol. 91. – P. 1936–1943.
56. Sleep disorders and melatonin rhythms in elderly people / I. Haimov, M. Laudon, N. Zisapel [et al.] // *British Medical Journal*. – 1994. – Vol. 309. – P. 167–169.
57. Touitou Y. Alteration with aging of the endocrine and neuroendocrine circadian systems in humans / Y. Touitou, E. Hans // *Chronobiol. Int.* – 2000. – Vol. 17. – P. 369–390.

В.И. Вернадский и хроноритмичная организация биосферы

О.В. Коркушко, В.П. Пишак

РЕЗЮМЕ. Изложено значение работ академика В.И. Вернадского в понимании механизмов хроно-периодической организации биологических систем. Определена роль биологических ритмов в развитии биосферы как планетарного явления.

Ключевые слова: В.И. Вернадский, биологические ритмы, динамика равновесия биосферы.

V.I. Vernadskiy and chronorhythmic organization of the biosphere

O.V. Korkushko, V.P. Pishak

SUMMARY. This paper examines the significance of V.I. Vernadskiy's works for understanding of the mechanisms of chronoperiodic organization of the biological systems as well as the role of biological rhythms in the development of biosphere as a planetary phenomenon.

Key words: V.I. Vernadsky, biological rhythms, dynamic balance of the biosphere.

Адреса для листування:

Олег Васильович Коркушко

ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова НАМН України»

04114, Київ, вул. Вишгородська, 67