

УДК 378:155.9:577

DOI 10.31494/2412-9208-2020-1-1-258-267

**ABOUT THE MECHANISM OF PERCEPTION OF THE SPATIAL-  
TEMPORAL INFORMATION IN THE COGNITIVE SPACE OF  
THE PERSONALITY**

**МЕХАНІЗМ СПРИЙНЯТТЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ  
ІНФОРМАЦІЇ В КОГНІТИВНОМУ ПРОСТОРІ ОСОБИСТОСТІ**

**Tatyana EMELYANOVA,**

**Тетяна ЄМЕЛЬЯНОВА,**

Candidate of Physical and

кандидат фізико-математичних

Mathematical Sciences, Associate

наук, доцент

Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7451-8193>

tatyanaeme2016@gmail.com

*Kharkiv National Automobile and  
Highway University*

*Харківський національний  
автомобільно-дорожній  
університет*

✉ 25 Yaroslava Mudroho St.,  
Kharkiv, 61002

✉ вул. Ярослава Мудрого, 25  
м. Харків, 61002,

*Original manuscript received: January 25, 2020*

*Revised manuscript accepted: February 11, 2020*

**ABSTRACT**

*The article is dedicated the psychological and pedagogical problem of the cognitive process of brain activity from the standpoint of neurophysiological understanding of the functional mechanisms of processing space-time information, their structure and properties. The spatial and temporal characteristics of the spatial-temporal image encoding mechanism are studied.*

*Based on the fact that time and space are fundamental characteristics, it is concluded that the spatial and temporal characteristics of the spatial – temporal image processing mechanism are independent. This conclusion leads to the fact that the cognitive memory space must contain encoded information about spatial and temporal characteristics as components of the model representation of the mental image. In such a model, it is expected that each component of the space-time image will have its own "encoding" mechanism. The spatial characteristic of the image is encoded in the functional mode; the temporal characteristic is encoded in the time code. From the assumption that the spatial and temporal characteristics of the image processing mechanism are independent, it follows that the spatial and temporal representation of the mental image in the cognitive memory space is modeled by two components that are related by the dynamic characteristics of the spatial and temporal encoding mechanisms.*

*The article analyzes the mechanism of timing of subjective (internal) time of cognitive activity. Biological processes determine the mechanism of chronometry of biological time. Biological time is a synchronizer of all processes in the biological system, its dynamic parameters, including parameters of temporary activation of neurons. This approach to studying the structure of the mechanism for creating and tracking time code allows us to explain the preservation of the time sequence of stored space-time information.*

*The study of the cognitive space-time mechanism of memory is important for understanding the directions of development of the cognitive abilities of the individual to perceive space-time information and improving the technology of the educational*

*process in the system of higher mathematical and professional education.*

**Key words:** *the cognitive memory space, the space-time information, the functional mode, the time code, the chronometry of subjective time.*

**Вступ.** Дослідження когнітивного процесу як несвідомого базується на припущенні, що когнітивні механізми можуть бути зрозумілі на підставі аналізу нейронних процесів у рамках концепції про нейродинамічну організацію структур мозку з урахуванням гіпотези про функціональні моди когнітивного простору. (Рабинович, 2010; Ємельянова, 2017). Пізнавальний процес як когнітивний передбачає участь інформації просторово-часового характеру, що набагато ускладнює розуміння структури організації когнітивної пам'яті як структури, що зберігає часову черговість просторової інформації, яка запам'ятовується.

Відстеження часу в біологічній системі має відбуватися незалежно, за допомогою спеціалізованого "часового" механізму. Хронометраж суб'єктивного (внутрішнього) часу когнітивної діяльності обумовлений біологічними процесами, які об'єктивно структурують біологічний час. Припущення про незалежність просторових і часових характеристик просторово-часового механізму обробки образу призводить до того, що когнітивний простір пам'яті містить закодовану інформацію про характеристики механізму активації просторових і часових як складових просторово-часового модельного уявлення ментального образу. У подібній моделі слід очікувати, що кожній складовій просторово-часового образу буде відповідати свій механізм кодування. Просторова характеристика образу буде закодована у функціональній моді, часова – у часовому коді. З припущення про незалежність просторових і часових характеристик просторово-часового механізму обробки образу випливає, що просторово-часове уявлення ментального образу в когнітивному просторі пам'яті може бути модельоване двома складовими, які пов'язані динамічними характеристиками механізмів просторового і часового кодування.

Представляє інтерес дослідження динамічних характеристик процесу створення модельного уявлення просторово-часового образу в рамках нейродинамічної концепції про динаміку нестационарних процесів і метастабільних станах. Когнітивний процес повинен урахувати зміни нейронної системи з часом, оскільки з плином біологічного (внутрішнього) часу елементи біологічної системи зазнають відповідних змін. Численними експериментами доведено існування спеціалізованих нейронів, що утворюють ансамблі, які обумовлюють кодування часових складових. Можна припустити, що ці нейрони мають особливу чутливість до «внутрішнього часу». Так що «біологічна пластичність» нейронів може бути відповідальна за механізм часового кодування образу. У цій моделі послідовність часових кодів узгоджується з черговістю відповідних просторово-часових модельних уявлень ментальних образів.

Зростання інтересу до когнітивного процесу як до просторово-часового пояснюється досягненнями в дослідженні нейробіологічних процесів мозку, які допускають існування нейронної системи хронометражу. Створюється експериментальний базис для побудови гіпотез, що пояснюють

часові механізми когнітивного простору пам'яті як базові в навчанні. Дослідження когнітивного просторово-часового механізму пам'яті представляє особливий інтерес для розуміння напрямів розвитку когнітивних здібностей у процесі навчальної діяльності, вдосконалення технологій професійного та культурного розвитку особистості.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Сучасний підхід до моделювання когнітивного простору з метою дослідження механізмів когнітивної діяльності мозку дозволив наблизитися до розуміння базових основ когнітивного процесу таких, як сприйняття й осмислення, неусвідомлене мислення, ментальний простір особистості, когнітивні здібності, розвиток когнітивних здібностей і, відповідно, розвиток когнітивного простору особистості. Архітектура когнітивного простору, когнітивна діяльність особистості обумовлені динамічними процесами, базисом яких є внутрішні когнітивні механізми, відповідальні за організацію когнітивних функцій діяльності мозку й за часову структуру когнітивного простору пам'яті (Алахвердов, 2008; Ємельянова, 2019).

Останнім часом завдяки досягненням нейробіологів значно зріс інтерес до досліджень «часу і сприйняття часу» (Grondin, 2013), а саме часової структури діяльності мозку. У публікаціях на цю тему завжди підкреслюється їх важливість, оскільки «часовий порядок діяльності мозку є одним з структуроутворювальних факторів, який обумовлює зв'язаність зсередини біологічної системи» (Алюшин, Князева, 2007).

Часовий порядок діяльності мозку як хронометраж суб'єктивного часу пов'язаний з біологічними процесами, об'єктивно структурованими в біологічному часі. Дослідження методів хронометрування біологічного часу дозволили припустити принципову відмінність загальноприйнятих одиниць вимірювання часу від його внутрішніх темпоральних масштабів. У 1999 р. була опублікована робота, присвячена поняттю біологічного часу як свого роду абсолютному часу живого організму. (Хасанов, 1999).

Зростання інтересу до когнітивного процесу як до просторово-часового пояснюється отриманими результатами в дослідженні нейробіологічних процесів мозку, які допускають існування часової організації нейронної системи для хронометражу (Eichenbaum, 2014).

У більшості робіт обговорюються експериментальні результати в галузі досліджень когнітивної діяльності мозку з метою пояснення часової структури кодування і відновлення послідовності подій, часової організації розумового процесу. Наприклад, автори праці (Itskov et al., 2011) припускають існування нейронних ансамблів, які хронометрують часові складові просторово-часових образів.

У роботі (Xu and Baker, 2016) запропоновано модель кодування нейронними ансамблями різних часових інтервалів за допомогою синхронного запуску. У цій моделі врахована чутливість потенціалу активації нейронів від часу, залежність кодування часових інтервалів від пластичності зв'язків нейронів ансамблю.

В огляді «Про інтеграцію простору, часу і пам'яті» автор звертає увагу на існування підтверджень незалежності «поведінки» нейронних

ансамблів, які представляють простір і час (Eichenbaum, 2017).

У роботі (Zeki and Balci, 2019) відзначається, що час – фундаментальна величина, яка не є функціоналом інших вимірювань, тому його відстеження в біологічній системі має відбуватися за допомогою нейронного «часового» механізму. Автори нейробіологічних досліджень (Salz et al., 2016; Tiganj et al., 2016), проведених на тваринах, довели існування спеціалізованого нейронного хронометражу, а саме ансамблів часових клітин.

Аналізуючи експериментальну інформацію про роль клітин часу в когнітивному просторі, вчені зазначають, що опубліковані результати досліджень переконливо доводять зв'язок часового кодування подій з часовою організацією нейронної системи пам'яті. (Eichenbaum, 2014).

В одному з відділів мозку, гіпокампі, відповідальному за часовий супровід інформації, були виявлені нейронні «осередки часу», елементи нейронної системи. Вони були представлені авторами як ланки часової організації когнітивного простору, які забезпечують часове кодування «просторової» інформації (Salz et al, 2016).

Подальші дослідження підтвердили, що біологічна система дійсно має спеціалізовану нейронну систему хронометражу, яка складається з групи нейронів, «осередків часу», і активується в моменти надходження сигналів, створюючи послідовність часових міток, що відповідає часовому кодуванню вхідних сигналів. (Zeki and Balci, 2019)

Незважаючи на численні публікації, питання про часову структуру когнітивного процесу залишається невирішеним. Відомі оглядові роботи, автори яких наводять кілька класів моделей часу і сприйняття його в когнітивному просторі (Kononowicz and Wassenhove, 2016; Buhusi et al., 2018). У праці обговорюються переваги та недоліки деяких моделей зв'язку внутрішнього часу біологічної системи з реальним фізичним часом сприйняття подій, а також можливість упорядкування подій у часі на «внутрішній часовій шкалі».

Збільшений інтерес до когнітивного процесу як до просторово-часового пояснюється досягненнями у дослідженні нейробіологічних процесів мозку, які допускають існування нейронної системи хронометражу просторово-часових образів. Сучасне розуміння часової структури біологічних процесів, знання законів часової організації функціонування і розвитку живих організмів дозволяє наблизитися до вивчення нейронної діяльності мозку з урахуванням просторової й часової організації розумового процесу. Дослідження когнітивного просторово-часового механізму пам'яті представляє особливий інтерес для розуміння напрямів розвитку когнітивних здібностей особистості щодо сприйняття просторово-часових інформації та вдосконалення технологій освітнього процесу в системі неперервної математичної та професійної освіти.

**Метою статті** є нейрофізіологічне висвітлення психолого-педагогічної проблеми когнітивного процесу як багатоступеневого з часовою організацією.

**Методом дослідження** є функціонально-системний підхід з

позицій сучасної нейродинамічної концепції до моделювання механізмів організації просторово-часової інформації у вигляді функціональних мод та часового кодування в когнітивному просторі пам'яті.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження когнітивного процесу як невідомого базується на припущенні, що когнітивні механізми можуть бути зрозумілі на підставі аналізу нейронних процесів у рамках концепції про нейродинамічну організацію структур мозку з урахуванням гіпотези про функціональні моди когнітивного простору (Макін, 2013; Рабінович, 2010). Однак у когнітивний простір пам'яті потрапляє інформація просторово-часового характеру, що набагато ускладнює розуміння нейродинамічної структури організації когнітивної пам'яті як структури, що зберігає часову черговість інформації, що запам'ятовується.

Когнітивний простір пам'яті містить закодовану інформацію про характеристики механізму активації просторово-часового модельного уявлення ментального образу. Просторові й часові «змінні» є незалежними характеристиками ментального образу, так що механізми кодування кожної складової просторово-часового образу відрізняються. Просторова характеристика образу закодована у функціональній моді, часова характеристика – у часовому коді. З припущення про незалежність просторових і часових характеристик просторово-часового механізму обробки образу випливає, що просторово-часове уявлення ментального образу в когнітивному просторі пам'яті модельовано двома складовими, просторовою та часовою, які пов'язані динамічними характеристиками механізмів просторового та часового кодування.

Механізм запам'ятовування (збереження) інформаційного сигналу, «досвіду» був описаний у рамках нейродинамічної концепції активності мозку (Ємельянова, 2018). У статті авторка приділила увагу механізму відображення в когнітивному просторі пам'яті модельного уявлення ментального образу у вигляді закодованої одиниці, функціональної моди ментального образу, що відповідає запам'ятовуванню просторової моделі сигналу-образу, створенню когнітивного «досвіду». Так що просторове уявлення ментального образу, «досвід» залишається в когнітивному просторі пам'яті у вигляді функціональної моди.

Відомо, що пізнавальний процес – когнітивний просторово-часовий упорядкований у часі процес, який зберігає в когнітивному просторі пам'яті не тільки просторову, але й часову інформацію про кожен «досвід», причому часова інформація представляється впорядкованою. У роботі зроблена спроба зрозуміти природу механізму часової впорядкованості послідовності ментальних уявлень у когнітивному просторі пам'яті.

Інформацію про просторову організацію модельного уявлення ментального образу містить функціональна мода. Часову організацію ментального образу, часове кодування ментального образу слід розглядати як частину структури, що формує послідовність часових подій і, безсумнівно, пов'язана з біологічним часом системи. Розглянемо більш детально можливу природу механізму, що формує хронометраж когнітивного процесу.

Когнітивний процес, який ми вивчаємо в рамках нейродинамічної парадигми про нестационарні процеси і метастабільні стани, повинен урахувати зміни нейронної системи з часом. Живий організм визначається сукупністю біологічних процесів, що є «єдиним цілісним потоком», хронометраж яких здійснюється біологічним часом (Хасанов І. А., 1999). Так що з плином біологічного «внутрішнього» часу елементи біологічної системи зазнають відповідних змін. У нейронів як частини нейронної системи біологічного організму з плином "внутрішнього часу" змінюється активність, коригуються динамічні характеристики, наприклад, кількість, величина і напрямок синоптичних зв'язків, частота синхронізації процесу об'єднання в ансамблі. Таким чином, у різні моменти часу одним і тим же ментальним образам можуть відповідати не тільки різні характеристики нейронних ансамблів, а й різні їх архітектури. Нейрони гіпокампу особливо чутливі до часового контексту сигналу. Ансамблі нейронів гіпокампу, що вишиковуються для кодування часової інформації, називаємо «осередками часу». Їх хронометраж синхронізований з біологічним (внутрішнім) часом. Різні архітектури нейронних ансамблів, «осередки часу» створюють різні часові коди – «умовні одиниці» простору часових кодів. Можна зробити висновок про однозначний зв'язок часового коду з хронометражем біологічної системи, тому послідовність часових кодів у просторі часових кодів виявляється впорядкованою послідовністю, яка масштабована «внутрішнім часом» системи.

Часовий код ментального образу створюється одночасно з функціональною модою його модельного уявлення. Функціональна мода поповнює простір функціональних мод, часовий код – простір часових кодів. У нашому розумінні простори функціональних мод і часових кодів є підсистемами когнітивного простору пам'яті, між якими існує однозначний зв'язок.

У рамках нейродинамічної парадигми про нестационарні процеси й метастабільні стани розглянемо просторово-часове моделювання інформаційного сигналу-образу. Активація нейронного середовища призводить до створення нейронних ансамблів, які перетворюють сигнал в інтегровану метастабільну структуру – модельне уявлення ментального сигналу-образу. Фазовий «портрет» модельного уявлення відображається в когнітивний простір пам'яті у вигляді функціональної моди, в якій зосереджена вся інформація про просторові характеристики сигналу-образу. Одночасно з функціональною модою (просторовим кодом) створюється часовий код сигналу. Його моделюють «осередки часу» – спеціалізовані нейронні ансамблі. Час створення модельного уявлення часової інформації сигналу фіксується системою внутрішнього хронометражу. Часовий «портрет» просторово-часового сигналу у вигляді часового коду відображається в простір часових кодів.

Пізнавальна діяльність – це процес запам'ятовування просторово-часової інформації, що надходить, та відновлення раніше отриманої. За відсутності зовнішніх впливів відтворення просторово-часового образу обумовлено механізмами внутрішніх сенсорів, наприклад, емоційних.

Розглянемо більш детально процес активації раніше закодованої моделі образу – відновлення раніше закладеного когнітивного «досвіду». Відповіддю на сигнал внутрішніх сенсорів є відновлення закодованого раніше модельного просторово-часового уявлення образу, активація всіх рівнів побудови ланцюжків нейронних ансамблів, відповідальних за конкретний модельний образ, та формування просторово-часового уявлення ментального образу. Процес відновлення ментального образу в когнітивному просторі відбувається поетапно. На першому етапі активізується простір функціональних мод, відбирається фундаментальна мода та вибудовується модельне уявлення просторового образу. Потім активується простір часових кодів, вибирається відповідний часовий код для формування часового «портрета» модельного образу. Вибудовується просторово-часове модельне уявлення ментального образу – відгук на сигнал внутрішніх сенсорів.

Динамічні характеристики механізму створення й кодування модельного уявлення просторово-часового образу можуть бути зрозумілі на підставі аналізу динаміки нейронної системи з урахуванням «біологічної пластичності» нейронів, зміною їх активності з плином внутрішнього (біологічного) часу системи. У цій моделі простежується зв'язок закодованих складових модельного уявлення просторово-часового образу з хронометражем біологічного часу системи. Таким чином, у когнітивному просторі пам'яті послідовність часових кодів узгоджується з часовою послідовністю відповідних просторово-часових уявлень ментальних образів.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Психолого-педагогічна проблема дослідження пізнавального, когнітивного процесу просторово-часової активності мозку повинна бути сформульована з позиції нейрофізіологічного розуміння структури, властивостей і функціональних механізмів просторово-часової обробки інформації. Просторові та часові вимірювання є фундаментальними параметрами, так що час як фундаментальна величина не є функціоналом інших вимірювань. Тому відстеження часу в біологічній системі відбувається незалежно, за допомогою спеціалізованого часового механізму, що набагато ускладнює розуміння нейродинамічної структури організації когнітивної пам'яті як структури, що зберігає часову черговість просторової інформації, яка запам'ятовується.

З припущення про незалежність просторових і часових характеристик просторово-часового механізму моделювання образу впливає, що просторово-часове уявлення ментального образу в когнітивному просторі пам'яті модельовано двома складовими – просторовою та часовою. Кожній складовій відповідає свій механізм кодування.

Дослідження когнітивного процесу діяльності мозку, осмислення законів просторово-часового механізму когнітивного простору пам'яті представляє особливий інтерес для розуміння напрямів розвитку когнітивних здібностей особистості щодо сприйняття просторово-часової інформації та організації розумового процесу та сприятиме вдосконаленню технологій освітнього процесу в системі безперервної математичної та професійної освіти.

### Література

1. Аплахвердов В. М. Сознание и когнитивное бессознательное / В. М. Аплахвердов, Ю. Воскресенская, О. В. Науменко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология сознания. – 2008. – Вып.12 (2). – С.10-19.
2. Алюшин А. Л. Многоуровневое темпоральное строение реальности / А. Л. Алюшин, Е. Н. Князева // Вопросы философии. – 2017. – Вып. 12. – С.81-96.
3. Ємельянова Т. В. Механізм розвитку когнітивного простору студентів в процесі математичної підготовки в сучасному університеті / Т. В. Ємельянова // Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка. – 2017. – Вип. 1. – С.192-199.
4. Ємельянова Т. В. Про формування когнітивних здібностей сприйняття і усвідомлення як базових складових процесу розуміння у навчальному процесі / Т. В. Ємельянова // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – 2018. – Вип.8 (82). С.42-51.
5. Ємельянова Т. В. Ментальний простір як характеристика ступеня розвитку когнітивних здібностей особистості в навчальному процесі / Т. В. Ємельянова // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – 2019. – Вип.1 (85). – С.235-243.
6. Макин Р. С. Нейродинамический подход в исследовании механизмов индивидуальной человеческой памяти / Р. С. Макин, В. В. Лисин // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института Ядерных исследований МФТИ. – 2013. – Том 1 (1). – С.41-46.
7. Рабинович, М. И. Нелинейная динамика мозга: эмоции и интеллектуальная деятельность / М. И. Рабинович, М. К. Мюезиналу // Успехи Физ. Наук. – 2010. – Том 4 (180). – С.371-387.
8. Хасанов И. А. (1999) Биологическое время. Москва: ИПК Госслужбы.
9. Buhusi C. V., Oprisan S. A., Buhusi M. (2018) Biological and Cognitive Frameworks for a Mental Timeline. Front Neurosci., 2018; 12: 377.
10. Eichenbaum H. (2014) Time Cells in the Hippocampus: a New Dimension for Mapping Memories. Nature Reviews Neurosci., 2014; 15: 732 – 744.
11. Eichenbaum H. (2017) On the Integration of Space, Time, and Memory. Neuron, 2017; 95(5):1007-1018.
12. Grondin S. (2010) Timing and Time Perception: a Review of Recent Behavioral and Neuroscience Findings and Theoretical Directions. Atten Percept Psychophys, 2010; 72(3):561-582.
13. Itskov V., Curto C., Pastalkova E., Buzsáki G. (2011) Biological and Cognitive Frameworks for a Mental Timeline. Front Neurosci., 2011; 12: 377.
14. Salz D M, Tiganj Z, Khasnabish S, Kohley A, Sheehan D, Howard M W, Eichenbaum H. (2016) Time Cells in Hippocampal Area CA3. J Neurosci., 2016; 36(28): 7476.
15. Tadeusz W. Kononowicz, Virginie van Wassenhove (2016) In Search of Oscillatory Traces of the Internal Clock. Front. Psychol., 2016; 7: 224.
16. Xu W., Baker S N. (2016) Timing Intervals Using Population Synchrony and Spike Timing Dependent Plasticity. Front. Comput. Neurosci., 2016; 10: 123.
17. Zeki M, Balci F. (2019) A Simplified Model of Communication Between Time Cells: Accounting for the Linearly Increasing Timing Imprecision. Front Comput Neurosci., 2019; 12: 111.

### References

1. Aleksandrov Iu. I., Gorkin A. H., Sozinov A. A., Svarnik O. E., Kuzina E. A., H avrilov V. V. (2014) Nejrnonnoe obespechenie naucheniya i pamyati [Neural Provision of Learning and Memory], Cognitive Studies. Moscow: Publishing House MGPPU, 6, 130-169. [In Russia]
2. Alakhverdiv V. M., Voskresenskaya E. U. Naumenko O. V. (2008) Soznanie i



kognitivnoe bessoznatelnoe [Consciousness and cognitive unconsciousness], Vestnik SPbSU Psychology of Consciousness, 12 (2), 10-19. [In Russia]

3. Alushen A. L., Knyazeva E. N. (2007) Mnogourovnevoe temporalnoe stroenie realnosti [Multi-Level Temporal Structure of Reality], Voprosy philosophy, 12, 81-96. [In Russia].

4. Emelyanova T. V. (2017) Mekhanizm rozvytku kognityvnogo prostoru studentiv v protsesi matematychnoi pidgotovki v suchsnomu universiteti. [About the Mechanism of the Development of Cognitive Space of Students in the Process of Mathematical Preparation in Modern University], Scientific Issues of Ternopol Volodymyr Hnatiuk Pedagogical University Section: pedagogy, 1, 192-199. [In Ukrainian]

5. Emelyanova T. V. (2018) Pro formuvannya kognityvnykh zdbnostei spryniattia i usvidomlenia yak bazovykh skladovykh protsesu rozuminnia u navchalnomu protsesi [About Formation of Cognitive Abilities of Perception and Comprehension as Basic Components of the Mechanism of Understanding in Educational Process] Pedagogical sciences: theory, history, innovative Technologies, 8 (82), 42-51. [In Ukrainian]

6. Emelyanova T. V. (2019) Mentalnyi prostir yak kharakterystyka stupenia pozvytku kognityvnykh zdbnostei osobystosti u navchalnomu protsesi [Mental Space as a Characteristic of the Degree of Development of Cognitive Abilities of the Individual in the Educational Process] Pedagogical sciences: theory, history, Innovative Technologies, 1 (85), 235-243. [In Ukrainian]

7. Makin R. S., Lissin V. V. (2013) Neirodinamicheskij podkhod v issledovanii mekhanizmov individualnoj chelovecheskoj pamyati [Neurodynamic Processes of Organization and Synchronization in the Human Brain Structures] Bulletin of the Dimitrograd Engineering and Technological Institute of the National Research Nuclear University MEPhI, 1 (1), 41-46. [In Russia]

8. Rabinovich M. I., Muezzinoglu M. K. (2010) Nelineinaya dinamika mozga i intelektualnaya deyatelnost [Nonlinear dynamics of the brain: emotion and cognition] Uspekhi Fizicheskikh Nauk, 4 (180), 371-387. [In Russia]

9. Khasanov I. A. (1999) Biologicheskoe vremya [Biological Time] Moscow: IAT of Public Service. [In Russia] Buhusi C. V., Oprisan S. A., Buhusi M. (2018) Biological and Cognitive Frameworks for a Mental Timeline. *Front Neurosci.*, 2018; 12: 377.

10. Eichenbaum H. (2014) Time Cells in the Hippocampus: a New Dimension for Mapping Memories. *Nature Reviews Neurosci.*, 2014; 15: 732 – 744.

11. Eichenbaum H. (2017) On the Integration of Space, Time, and Memory. *Neuron*, 2017; 95(5):1007-1018.

12. Grondin S. (2010) Timing and Time Perception: a Review of Recent Behavioral and Neuroscience Findings and Theoretical Directions. *Atten Percept Psychophys*, 2010; 72(3):561-582.

13. Itskov V., Curto C., Pastalkova E., Buzsáki G. (2011) Biological and Cognitive Frameworks for a Mental Timeline. *Front Neurosci.*, 2011; 12: 377.

14. Salz D., Tigani Z, Khasnabish S, Kohley A, Sheehan D, Howard M W, Eichenbaum H. (2016) Time Cells in Hippocampal Area CA3. *J. Neurosci.*, 2016; 36(28): 7476.

15. Tadeusz W. Kononowicz, Virginie van Wassenhove (2016) In Search of Oscillatory Traces of the Internal Clock. *Front. Psychol.*, 2016; 7: 224.

16. Xu W., Baker S N. (2016) Timing Intervals Using Population Synchrony and Spike Timing Dependent Plasticity. *Front. Comput. Neurosci.*, 2016; 10: 123.

17. Zeki M, Balci F. (2019) A Simplified Model of Communication Between Time Cells: Accounting for the Linearly Increasing Timing Imprecision. *Front Comput Neurosci.*, 2019; 12: 111.

### **АНОТАЦІЯ**

У статті досліджується психолого-педагогічна проблема когнітивного процесу активності мозку з позицій нейрофізіологічного розуміння функціональних механізмів обробки просторово-часової інформації, їх структури і властивостей. Вивчено просторові та часові характеристики механізму кодування просторово-часового образу.

На підставі того, що час і простір – фундаментальні характеристики, зроблено висновок про незалежність просторових і часових характеристик механізму обробки просторово-часового образу. Це твердження свідчить про те, що когнітивний простір пам'яті повинен містити закодовану інформацію про просторові й часові характеристики як складових модельного уявлення ментального образу. У подібній моделі слід очікувати, що кожній складовій просторово-часового образу буде відповідати свій механізм "кодування". Просторова характеристика образу закодована у функціональній моді, часова – в часовому коді. З припущення про незалежність просторових і часових характеристик механізму обробки образу випливає, що просторово-часове уявлення ментального образу в когнітивному просторі пам'яті модельовано двома складовими, які пов'язані динамічними характеристиками механізмів просторового і часового кодування.

У статті проаналізовано механізм хронометражу суб'єктивного (внутрішнього) часу когнітивної діяльності, обумовленого біологічними процесами, які об'єктивно структурують біологічний час. Він виступає синхронізатором усіх процесів у біологічній системі, її динамічних параметрів, у тому числі часової активації нейронів. Подібний підхід до вивчення структури нейронного механізму створення й відстеження часового коду дозволяє пояснити збереження часової черговості просторово-часової інформації, яка запам'ятовується.

Дослідження когнітивного просторово-часового механізму пам'яті представляє особливий інтерес для розуміння напрямків розвитку когнітивних здібностей особистості щодо сприйняття просторово-часових інформації та вдосконалення технологій освітнього процесу в системі вищої математичної та професійної освіти.

**Ключові слова:** когнітивний простір пам'яті, просторово-часова інформація, функціональна мода, часовий код, суб'єктивний час системи, хронометраж суб'єктивного часу.