

## ПСИХОФІЗІОЛОГІЯ

УДК 159.937.3+612.84

**О. С. Лисенко**

випускник кафедри педагогіки та психології післядипломної освіти  
Інститут післядипломної освіти  
Національного медичного університету імені О. О. Богомольця

### ПСИХОЛОГІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИНИКНЕННЯ ОПТИЧНИХ ІЛЮЗІЙ

*У статті проаналізовано психологічні та фізіологічні аспекти виникнення оптичних ілюзій. Надано інформацію про деякі відомі види об'єктів оптичних ілюзій. Стаття містить інформацію про ймовірні механізми утворення вищезазначених візуальних ефектів. Повідомляється про явища апперцепції в контексті виникнення візуальних ілюзій. Аналіз реальної величини і форми предметів може залежати від процесу поєднаного впливу зорових, дотикових і м'язово-рухових відчуттів. Ілюзорне сприйняття може включати паралельне зрівнення стимулу з еталоном. Ілюзії широко використовуються для вивчення бістабільного сприйняття. Свідомі перцепції можуть чергуватися між двома або більше різними інтерпретаціями візуального впливу. Описується імпозибілізм як спосіб зображення предметів, які не здатні існувати в реальному світі. Потрібні подальші дослідження оптичних ілюзій в здорових добровольців та пацієнтів.*

**Ключові слова:** оптична ілюзія, апперцепція, іррадіація, зір, дослідження.

**Постановка проблеми.** Наукова проблема полягає в тому, що в сучасній науковій літературі немає однозначного розуміння механізму виникнення оптичних ілюзій. Однак існують різні гіпотези, що базуються на психологічних та фізіологічних аспектах виникнення візуальних ефектів. Це викликає науковий інтерес до проведення подальших наукових досліджень, що дозволять повноцінно виявити критерії утворення зорового сприйняття.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протягом останнього часу в науковій літературі почали з'являтися різносторонні публікації, які дозволяють отримати не лише інформацію щодо вірогідних механізмів виникнення оптичних ілюзій, але й дозволяють знайти практичне застосування цього явища в медицині та психології. Існує повідомлення про перспективи використання цього феномену в естетичній стоматології, для вивчення особливостей зорового сприйняття здорових і / або хворих осіб та аналізу активності певних відділів головного мозку залежно від подразника. Оскільки остаточного механізму виникнення оптичних ілюзій не визначено, проводиться науковий пошук із залученням добровольців або пацієнтів.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є вивчення сучасних теорій щодо механізмів виникнення та практичного застосування оптичних ілюзій з точки зору психології та медицини.

**Виклад основного матеріалу.** Зміни зображення світла та тіней, зміщення перспективи,

проведення неправильних зв'язків, некоректних з'єднань та напрямків дозволяють створювати на площині неможливі фігури. Використовуючи перспективу або аксонометрію, можна надати об'єкту глибину простору. Тому професором одного з копенгагенських університетів Тедді Брауніусом був введений термін «імпозибілізм», що значить спосіб зображення предметів, які не здатні існувати в реальному світі, але візуально здаються нам справжніми. Пізніше люди почали використовувати дані фігури в живописі, графіці, скульптурі, архітектурі та дизайні [1, с. 74602-1, 74602-2].

У 1934 році шведським художником Оскаром Ройтерсвердом було створено першу неможливу фігуру, яка складалася з 9 кубів, складених у формі трикутника (псевдотрикутник). У 1958 році в «Британському психологічному журналі» опубліковано трикутник Пенроуза [2, С. 155]. У 1964 році став популярним об'єкт, який має форму виделки, заснований на положеннях неправильних з'єднань, що може бути лише в двовимірній площині. Куб Неккера був вперше описаний в 1832 році швейцарським кристалографом Льюїсом А. Неккером, який помітив, що кристали іноді візуально змінюють форму, коли на них дивишся. У 1996 році створили новий об'єкт – куб, основа якого вивернута назовні. Безкінечні сходи були представлені у 1958 році батьком та сином Лайонелом і Роджером Пенроузами [1, с. 74602-2, 74602-3].

Особливості візуальної оцінки кольору, форми, розмірів предмета залежать від фізіологічних і пси-

хологічних механізмів зорового сприйняття, тому аналіз реальної величини і форми предметів може корелювати з процесом поєднаного впливу зорових, дотикових і м'язово-рухових відчуттів. Зміст і характер сприйняття об'єкта залежать також від установки, відмінності в досвіді, інтересах, загальної спрямованості особистості, тому конкретний образ образотворчого плану у різних людей відрізняється своєрідністю, оскільки у ряді випадків людина замість об'єктивного образу сприймає предмет таким, яким його хочеться сприймати або яким він пропонується. Це явище характеризує **апперцепція** – вплив досвіду людини, її інтересів, обсягу знань, об'єктивності або адекватності поведінки на склад сприйняття. Така властивість характеризує індивідуальне ставлення людини до предметів, його суб'єктивну оцінку реальності. Варто зазначити, що особливості зорової рецепції кольору і форми можуть викликати ілюзії, пов'язані з взаємодією фону і об'єкта (контрасти, рефлексії, послідовні образи), з впливом освітленості (світлотіні, метамеризм) і кольору на сприйняття просторових параметрів (ірадіація). Ілюзії об'єму або форми можуть виникати за наявності контрасту відтінків кольору: теплі (жовті, помаранчеві) і світлі кольори здаються виступаючими, холодні (блакитні) – глибокими, темні – віддаленими. Суб'єктивне сприйняття зміни форми і розмірів від кольору і освітленості носить назву ірадіації (наприклад, біла пляма здається більшою, ніж темна). Явище ірадіації полягає також в тому, що світлі ділянки візуально сприймаються виступаючими, а темні здаються більш щільними. Наприклад, з практичної точки зору в стоматології використання механізмів ілюзорного сприйняття об'єкта дозволяє не тільки підвищити якість реставрацій, але і знизити ступінь інвазивності впливів (препарування), а також розширити можливості техніки реставрування зуба в конструкціях [3, с. 42, 43].

Досвід характеризують як процес і результат, пов'язані з діяльністю свідомості і активним практичним ставленням людини до світу переважно у сфері почуттів і переживань (вміння будувати, навик дослідницької роботи тощо). Зазначається, що зміст досвіду об'єктивний, оскільки залежить від рівня розвитку історичної практичної і пізнавальної діяльності людей. Г. Лейбніц одним із перших вводить поняття апперцепції (від лат. *ad* – до і *perceptio* – сприйняття), що допомагає розділити процес сприйняття на сприйняття взагалі (*perception*) і усвідомлене сприйняття, чітке сприйняття розумом (апперцепція). Це сприяє дослідженню специфіки процесу усвідомлення сприйняття [4, с. 2].

Ілюзорне сприйняття є усвідомлюваним підсумком несвідомого процесу, що включає в себе паралельне звірення стимулу, який пред'явля-

ється, з еталоном та порівняння результатів паралельного звірення, після чого усвідомлюється результат цього порівняння. Зазначається, що відбуваються неусвідомлювані обчислювальні операції, внаслідок яких виникає ефект ілюзорного сприйняття відмінності між однаковими стимулами. Вірогідно, імпліцитні операції, що передують появі контрастної ілюзії, здійснюються над умовними величинами. Однак зазначається, що тільки раціональна критика сприяє елімінації помилок і звільнення від ілюзій [5, с. 72, 73].

Одним із найцікавіших феноменів зорового сприйняття є ілюзія зрушення фрагментів зорового образу в структурі нерухомих картин. Зазначені об'єкти штучно формуються з різнозафарбованих і розташованих в протифазі регулярно повторюваних деталей. Такі статичні картини розглядаються для вивчення психофізіологічних механізмів зорового сприйняття людини, однак зазначається, що відсутня єдина концепція, яка могла б пояснити, чому у людини виникає ілюзорне бачення зрушення фрагментів зорового образу в складі нерухомих картин. Вірогідно, будь-яка ілюзія «руху» (рухливості або зрушення) формується, коли «збивається» механізм стабілізації сприйняття нерухомих картин за рахунок мікроруху очей, що викликає зміни зображення на сітківці та призводить до ілюзії переміщення їх окремих фрагментів. Також феномен ілюзорного відчуття «руху» під час розглядання статичних об'єктів може бути своєрідним проявом швидкої адаптації мозку суб'єкта до одержуваної зорової інформації з метою не втратити контроль і координацію в просторі. Ймовірно, мозок деякий час випереджаючи, «очікує» руху нерухомих об'єктів, а потім вже ілюзорно власне сприймає цей рух. Проведено дослідження, де вивчали бінокулярну систему людини в стані норми, в якому взяли участь 20 добровольців у віці 20–25 років з нормальним бінокулярним зором і з нормальною гостротою зору. Деталі ілюзорних картин були рівномірно розташовані в світловій протифазі відносно одна одної. Картини були розподілені на п'ять груп, кожна група об'єднувала в собі структури принципово схожі по зображенню деталей. Обрані картини були додатково перетворені в чорно-біле зображення, також ці зображення були зменшені, в цих же картинах усували деякі деталі, що знаходяться, наприклад, в світловій протифазі, та інше. Кожному добровольцю в різній послідовності надавали всі підготовлені картини, після чого результати дослідження (відповіді добровольців) фіксували в таблиці та для наочності розраховували у відсотках від загального числа, що було отримано в дослідженні. Встановлено, що під час розгляду кольорових картин добровольці бачили зрушення фрагментів образів в 60% випадків, погано бачили зрушення – 15%, не бачили зрушення – 20%,

бачили об'єм і мерехтіння фрагментів в 5% випадків. Стосовно розглядання чорно-білих картин добровольці бачили зрушення фрагментів образів в 55% випадків, погано бачили зрушення – 20%, не бачили зрушення – 20%, бачили об'єм і мерехтіння фрагментів в 5% випадків. Внаслідок отриманих результатів зроблено висновок, що виникнення ілюзії переміщення фрагментів не залежить від того, кольорова картина або чорно-біла, оскільки відмінність у 5% не є достовірною. З'ясовано, що при кутовому розмірі 3 кут. град, ілюзія зрушення у більшості спостерігачів не виникає, тому стала актуальною думка, що виникнення ілюзії переміщення фрагментів образів залежить від розміру проекції зображень на сітківці очей. Зазначається, що під час розглядання картин, зменшених до 3 кут. град по горизонталі, добровольці бачили зрушення фрагментів образів в 10% випадків, погано бачили зрушення – 25%, не бачили – 60%, бачили об'єм і мерехтіння фрагментів в 5% випадків. Варто зазначити, що зображення в 3 кут. град, які показували з екрану монітора з певною фіксацією погляду (проекція потрапляла на рецептивні поля за межами макули), дозволило повідомити про вірогідне виникнення ілюзії переміщення фрагментів образів. Також кожному обстежуваному добровольцю показували ті ж картини зі зменшеною кількістю фрагментів, що знаходяться в світловий протифазі. Встановлено, що стійкість виникнення ілюзії зрушення фрагментів образів залежить від кількості повторюваних елементів в картині. Виявлено, що зі зменшенням кількості деталей, що знаходяться по відношенню одна до одної в протифазі, добровольці бачили зрушення фрагментів образів в 20% випадків, погано бачили зрушення – 50%, не бачили зрушення – в 30% випадків, об'єм і мерехтіння ніхто не бачив. Останнє дослідження було проведене з картинами з відсутністю деталей, що знаходяться в дзеркальній протифазі. У всіх (100%) добровольців ці картини не викликали ефекту ілюзії переміщення фрагментів образів. Варто зазначити, що деталі картин, регулярно розташовані в світловий протифазі, надають вплив на рецептивні поля сітківки за межами її макулярної області. Відбувається обробка зорових сигналів з макулярних і периферичних зорових полів сітківки, що аналізуються в різних структурах ЦНС. Повідомлено про те, що у структурі сітківки є магноцелюлярні рецептивні поля, які передають інформацію про рух об'єктів, і парвоцелюлярні рецептивні поля, які передають інформацію про чіткість і колірний спектр об'єктів. Вірогідно, рецептивні поля магноцелюлярних клітин реагують під час саккадичних рухів очей, тому що дирекційна чутливість цих рецептивних полів не адекватна світловому подразнику, який, своєю чергою, складається з парних регулярно повторюваних світлих і темних деталей. Деталі перебу-

вають по відношенню одна до одної в світловий протифазі. Така дія призводить до нейродинамічного конфлікту в зоровій системі, що, ймовірно, провокує ілюзорне бачення зрушення фрагментів [6, с. 88–90].

Одна з причин виникнення ілюзії об'єктів, що перетинаються (наприклад, одна з двох перпендикулярних ліній здається дещо коротшою, якщо не пересвідчитися вимірювальними приладами), полягає у тому, що бінокулярний зір людини здатен з високою чіткістю фіксувати середину загальної картини, однак під час віддалення від середини зображення зір поступово припиняє бути таким же різким, як в радіусі бінокулярного, внаслідок чого погляд починає фіксуватися на лініях, що перетинаються. Те, що виявляється поділеним, здається меншим. Існує ілюзія викривлення, яка може бути викликана заднім планом. Спостерігають також іррадіацію в оптиці, що виникає під час появи зображення на сітківці ока, що складається із світлих та темних ділянок. Чорні квадрати і перетин білих ліній, що утворений між ними, формують так звані спалахи сірого кольору, однак іррадіація залежить виключно від недосконалості зорового апарату. Описано зовнішній вплив на розміри предмета, оскільки центральний відділ нервової системи людини має здатність до порівняння. Два кола однакового розміру можуть видаватися різними, наприклад, коли перший об'єкт оточують кола меншого діаметру, а другий – більшого розміру [2, с. 156].

Зміна розміру зиниць може залежати від суб'єктивного зорового сприйняття, для підтвердження чого було використано візуальний стимул з двох наборів крапок (білі та чорні), що рухалися в протилежних напрямках. Спостерігач сприймав цей подразник як 3D-циліндр, який обертався в напрямку за годинниковою стрілкою з чорними крапками або проти годинникової стрілки з білими крапками. Виявлено, що розмір зиниць збільшується, коли попереду з'являлися чорні крапки, і зменшувався, коли попереду з'являлися білі крапки. Зміни були співвіднесені з оцінкою спектру аутизму. Серед деяких учасників дослідження розмір зиниць суттєво відрізнявся між чорними та білими ділянками, а в інших – зміни виявилися мінімальними. Ці відмінності значно корелюють з оцінками учасників з виявленими змінами спектру аутизму, а саме – чим більше аутичних ознак, що повідомлялися індивідуумом в анкеті, тим більш значними були зміни зиниць [7, с. 2]. Однак також проведено дослідження, яке не підтверджує гіпотезу про те, що сприйняття оптичної ілюзії підвищеної яскравості або відблисків відрізняється в перцептивній обробці серед осіб з розладами аутичного спектру [8, с. 1, 8].

Виявлено, що більш високі люди сприймаються як більш тонкі, а також більш тонкі люди сприйма-

ються як більш високі, хоча ця ілюзія не так виражена, як перша. Ефект виразніше характерний для тілесних об'єктів, ніж для прямокутників або циліндрів. Представлена ілюзія має деяку схожість з двома іншими геометричними ілюзіями, описаними в літературі як горизонтально-вертикальні ілюзії Шепарда. Горизонтально-вертикальна ілюзія полягає в тому, що вертикальна лінія сприймається як довша, ніж еквівалентна горизонтальна лінія (часто ілюструється як перевернута велика літера «Т»). Така ілюзія виникає тоді, коли спостерігач повинен судити про відносні довжини горизонтального і вертикального відрізків об'єкта, іншими словами, горизонтально-вертикальна ілюзія вимагає порівняння вертикальних і горизонтальних розмірів. Ілюзія Шепарда спостерігається під час порівняння двох тривимірних паралелепіпедів, в яких верхні поверхні (паралелограми) ідентичні, але орієнтовані по-різному. Наприклад, для одного паралелепіпеда основна вісь паралелограма орієнтована вертикально, а інша – горизонтально. Вертикально орієнтований паралелограм виглядає витягнутим щодо орієнтованого горизонтально. Механізми, що лежать в основі ілюзії щодо форми тіла, в даний час невідомі. Також автори наголошують, що потрібні подальші дослідження для визначення того, чи існує ця ілюзія для тривимірних тіл, на відміну від фотографій тривимірних тіл [9, р. 1158–1160].

Свідоме сприйняття може спонтанно переключатися між спостереженням профілів осіб і вазою, коли суб'єкт розглядає двозначне зображення, наприклад, ілюзію вази Рубіна. Оскільки більшість цих зображень призводить до двох виключних станів сприйняття, їх називають бістабільним сприйняттям. Бістабільному сприйняттю сприяє складна діяльність мозку, тому ілюзія вази Рубіна пропонується в проведенні потенційних методів дослідження нейронних механізмів, що лежать в основі цього явища. Активація зорової кори перебуває в тісному зв'язку зі сприйняттям ілюзії Рубіна. Діяльність в областях високого рівня, таких як права верхня тім'яна часточка, передувала перцептуальним змінам ілюзії вази Рубіна. Модуляція зорової кори з областей високого рівня також впливала на перцептивні зміни під час сприйняття ілюзії вази Рубіна [10, с. 1, 2].

Проведено дослідження, в якому взяли участь 30 умовно здорових неоплачуваних добровольців, чоловіків і жінок, у віці від 20 до 30 років, що володіють нормальним або компенсованим до нормального зором. Експеримент проводився в ранкові та денні години, реєстрація результатів проводилася після повноцінного нічного відпочинку добровольців. Розглянуто сприйняття людиною куба Неккера – зображення, неоднозначність сприйняття якого пов'язана як з просторовою перспективою і напрямком погляду, так і обумовлена ког-

нітивним процесом прийняття рішення людиною. В рамках експерименту використані зображення куба Неккера (добровольцю у випадковій послідовності показували 6 кубів Неккера) з різною інтенсивністю середніх ліній, що демонструвались у вигляді чорних ліній на білому фоні на екрані комп'ютера. Між зображеннями різних кубів учаснику показували стаціонарне фонове кольорове зображення без будь-яких точок, що привертало б увагу. Час надання зображення куба Неккера складав 500-700 мс, пауза між показом двох різних кубів складала 1500-2000 мс. «Перемикання» включає в себе етап безпосередньо сприйняття об'єкта та етап прийняття рішення стосовно його полярності. Один і той же куб Неккера різні люди можуть сприймати як лівий або правий. Виявлені значення інтенсивності індивідуальної характеристики «мозкового шуму» для 13 випробовуваних і певна величина мінімальної похибки Emin. Дані характеризують відхилення теоретично передбаченої ймовірності від розрахованої з експериментальних даних [11, с. 33–36].

**Висновки і пропозиції.** Механізми виникнення оптичних ілюзій на цей час остаточно не виявлені, однак зазначається, що це явище виникає внаслідок особливостей зорового сприйняття людини, результат якого здатний відрізнитися в різних осіб. Цей феномен може бути використаний в мистецтві, архітектурі, естетичній стоматології. Тому потрібні подальші дослідження для вивчення особливостей виникнення візуальних ілюзій в здорових добровольців та пацієнтів.

#### Література:

1. Дятлова Е.В., Васькина О.О. Богданова Т.В. Изучение «невозможных фигур» в инженерной графике. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая» (Кемерово, 24-27 апреля 2018 г.). Кемерово: КузГТУ, 2018. С. 74602-1–74602-3. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2018/RM18/pages/Articles/74602-.pdf> (дата обращения: 22.07.2018 р.).
2. Горбачёва Е.С., Белоенко Е.В. Исследование восприятия оптических иллюзий. Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Томск, 7-11 ноября 2016 г.: в 2 т.). Томск: Изд-во ТПУ, 2016. Т. 2. С. 155–156. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/37167> (дата обращения: 22.07.2018 р.).
3. Луцкая И.К. Влияние феномена иррадиации на зрительное восприятие эстетической реставрации. Современная стоматология. 2015. № 1. С. 42–44.

4. Тахтамышев В. Г., Харламова Г. С. Опыт восприятия: проблема определения понятия. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 (часть 2). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20021> (дата обращения: 23.07.2018).
5. Агафонов А.Ю., Бурмистров С.Н., Шилов Ю.Е. Контрастная иллюзия: старые факты в новом свете. Вестник СПбГУ. Сер. 16. 2016. № 4. С. 63–74.
6. Рабичев И.Э., Котов А.В., Дорофеев К.Д. Иллюзия подвижки фрагментов зрительного образа неподвижных картин. Наука и образование. 2016. №3. С. 87–91.
7. Park W.J., Schauder K.B., Tadin D. Consciousness reflected in the eyes. *Elife*. 2018. Vol. 7. e35374. DOI: 10.7554/eLife.35374.
8. Laeng B., Færevaaag F.S., Tanggaard S., von Tetzchner S. Pupillary responses to illusions of brightness in autism spectrum disorder. *Perception*. 2018. Vol. 9, No. 3. – 2041669518771716. DOI: 10.1177/2041669518771716.
9. Beck D.M., Emanuele B., Savazzi S. A new illusion of height and width: taller people are perceived as thinner. *Psychon. Bull. Rev.* 2013. Vol. 20, No. 6. P. 1154–1160. DOI: 10.3758/s13423-013-0454-8.
10. Category selectivity of human visual cortex in perception of rubin face-vase illusion / X. Wang et al. *Front Psychol.* 2017. Vol. 8. 1543. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01543.
11. Руннова А.Е., Журавлев М.О., Лопатин Д.В. Математическое моделирование некоторых аспектов когнитивного распознавания сложных объектов с пространственной перспективой. Вестник ТГУ. 2017. Т. 22, № 1. С. 33–38.

**Лысенко А. С. Психологические и физиологические аспекты возникновения оптических иллюзий**

*В статье проанализированы психологические и физиологические аспекты возникновения оптических иллюзий. Предоставлена информация о некоторых известных видах объектов оптических иллюзий. Статья содержит информацию о возможных механизмах образования вышеуказанных визуальных эффектов. Сообщается о явлениях апперцепции в контексте возникновения визуальных иллюзий. Анализ реальной величины и формы предметов может зависеть от процесса сочетанного воздействия зрительных, осязательных и мышечно-двигательных ощущений. Иллюзорное восприятие может включать параллельное сравнение стимула с эталоном. Иллюзии широко используются для изучения бистабильного восприятия. Сознательные перцепции могут чередоваться между двумя или больше разными интерпретациями визуального влияния. Описывается импосибилizm в качестве способа изображения предметов, которые не способны существовать в реальном мире. Требуется дальнейшие исследования оптических иллюзий у здоровых добровольцев и пациентов.*

**Ключевые слова:** оптическая иллюзия, апперцепция, иррадиация, зрение, исследование.

**Lysenko O. S. Psychological and physiological aspects of the emergence of optical illusions**

*The article analyzes the psychological and physiological aspects of the emergence of optical illusions. It provides information about some of the known types of optical illusions objects. The article contains information about possible mechanisms of the formation of visual effects. It is reported on the phenomena of apperception in the context of the emergence of visual illusions. Analysis of the actual size and shape of objects may depend on the process of combined effects of visual, tactile and muscular-motor sensations. An illusory perception may include parallel scrutiny of the stimulus with the standard. Illusions has been widely used to explore bistable perception. Conscious percepts might alternate between two or more different interpretations of the visual influence. Impossibilism is described as a way of representing objects that can not exist in the real world. Further studies of optical illusions in healthy volunteers and patients are needed.*

**Key words:** optical illusion, apperception, irradiation, vision, research.