
ФІЗИОЛОГІЯ

© Горная О. И., Станишевская Т. И., Аносов И. П.

УДК 591. 498:599. 323. 4.

Горная О. И., Станишевская Т. И., Аносов И. П.

АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого (г. Мелитополь)

stanisch@ukr.net

Данная работа является частью научно-исследовательской темы кафедры анатомии и физиологии человека и животных Мелитопольского государственного педагогического университета «Морфо-функциональные особенности организма студентов», № государственной регистрации 0111V00670.

Вступление. В настоящее время актуальную проблему физиологии представляет исследование индивидуальной чувствительности человека и животных к действию факторов различной природы и интенсивности. Хорошо известно, что всегда можно обнаружить особей устойчивых и сенситивных к действию различных факторов. При этом усредненные данные либо демонстрируют отсутствие достоверного эффекта, либо позволяют выявить лишь основные тенденции, но нивелируют индивидуальные различия.

Индивидуально-типологические характеристики нервной системы, являющейся одной из самых чувствительных систем к воздействию факторов различной природы и интенсивности, находят свое отражение в межполушарной асимметрии головного мозга (МПА), а, следовательно, и в индивидуальном профиле функциональной асимметрии (ИПФА) человека и животных [3, 6, 19, 20, 21, 23].

Природа формирования МПА принадлежит к числу фундаментальных, но малоизученных проблем нейрофизиологии. Получены данные о существовании МПА у человека и животных: птиц, крыс, мышей, антилоп, кошек, собак, приматов [4, 26, 27]. Имеющиеся данные доказывают, что асимметрия может проявляться на анатомическом, биохимическом, сенсорном, моторном, психическом уровнях, а ее характер зависит от гормонального статуса и функционального состояния организма [1, 6, 10]. Причем, МПА может претерпевать изменения при различных внешних воздействиях, что играет существенную роль в процессах адаптации [1, 12]. Вместе с тем, этот вопрос остается недостаточно изученным и требует дальнейших исследований. В частности, до настоящего времени практически не известны особенности изменений функциональных асимметрий организма человека и животных при адаптации к действию факторов различной интенсивности, в том числе и к стресс-факторам. Изучение взаимосвязи между

особенностями латерализации головного мозга и адаптивными возможностями организма позволит понять многие вопросы, связанные с характером индивидуальной реактивности и резистентности организма, как в норме, так и при патологии.

Цель исследования. Изучение изменений коэффициента моторной асимметрии при адаптации животных к действию хронического гипокинетического стресса на ограничение подвижности.

Объект и методы исследования. Исследования выполнены на 84 беспородных белых крысах-самцах одинакового возраста массой 200 – 250 г. Выбор самцов в качестве объекта исследования обусловлен тем, что МПА у грызунов выражена в большей степени у самцов, чем у самок [4, 22].

Для исследования моторной асимметрии животных, которая отражает асимметрию ЦНС, т. е. доминирование правого (ПП) или левого полушария (ЛП) головного мозга [4], применяли методы «Т-образного лабиринта» и «открытого поля» (ОП). Анализ величины асимметрии осуществляли по общепринятой методике [7, 23]. После помещения в центр площадки, у каждой особи подсчитывали число побегов в правую и левую сторону. При усреднении данных 10-ти повторных опытов вычисляли коэффициент асимметрии (Кас) – показатель предпочтения направления движения, который представляет собой отношение разности правосторонних (П) и левосторонних (Л) побегов к их сумме: $Кас = (П - Л) / (П + Л)$. Положительный знак Кас характеризует правостороннюю, отрицательный – левостороннюю моторную асимметрию. По результатам тестирования все животные были разделены на 3 группы: «правши» ($Кас > 20$), «левши» ($Кас < -20$) и «амбидекстры» ($-20 < Кас < 20$).

Эксперименты проводили через 2 недели после формирования однородных групп. Каждая из предварительно сформированных групп животных была разделена на 2 равноценные группы по 12-15 особи в каждой. Животные первой группы содержались в обычных условиях вивария (биологический контроль, К). Вторую группу составляли крысы, подвергавшиеся действию стресс-фактора. Стресс-реакция моделировалась 9-тисуточным ограничением подвижности (гипокинезия, ГК). ГК создавалась помещением

крыс в специальные кассеты из оргстекла, в которых они находились в течение 9 суток по 20 часов ежедневно. Описанный метод ограничения подвижности широко используется в экспериментальной физиологии [16].

Для исследования изменений коэффициентов моторной асимметрии под влиянием ГК крыс обеих групп подвергали тестированию в тестах ОП и «Т-образного лабиринта» ежедневно в затемненном звукоизолированном помещении в одно и то же время суток (с 9⁰⁰ до 11⁰⁰ часов) до кормления. При проведении экспериментов придерживались «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных». Эксперименты проводились с соблюдением принципов «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и научных целей» (Страсбург, 1986), постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001) и Закона Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», принятого 21 февраля 2006 года [13].

Статистическую обработку полученных результатов производили с использованием пакета программ «Statistica-6.0» [5, 18]. В качестве критерия оценки статистической значимости наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у животных контрольной группы с разным уровнем моторной латерализации Кас практически не изменялся в течение всего эксперимента, независимо от его исходной величины. При этом у животных, которые в течение 9-ти дней находились в условиях ограничения подвижности, были зарегистрированы определенные изменения Кас, однако, изменения эти были выражены в разной степени и зависели от исходной моторной латерализации.

Под влиянием ограничения подвижности у животных с правосторонним фенотипом исходный Кас, равный $55,23 \pm 1,97$ снижался и к 5-м суткам ГК достиг 2,5, что составило всего 4,5% от соответствующего значения контрольных животных того же фенотипа ($p < 0,001$). В течение 6-7 суток эксперимента Кас достигал отрицательных значений, а к 8-9-м суткам вновь становился положительным ($70,00 \pm 10,00$ усл. ед.), превосходя значения этого показателя у контрольных животных на 87% ($p < 0,001$) (рис.).

Аналогичные фазные изменения коэффициентов моторной асимметрии под влиянием ГК обнаружены и у животных – «левшей» (исходный Кас = $-35,83 \pm 0,53$ усл. ед.) и «амбидекстров» (исходный Кас = $0,5 \pm 0,05$ усл. ед.) (рис.). Так, у животных с левосторонним фенотипом исходный Кас повышался и ко 2 – 3-м суткам ГК достиг $30,00 \pm 10,00$, тогда как Кас контрольных животных того же фенотипа и в те же сроки наблюдения составлял $-35,00 \pm 5,00$ ($p < 0,001$). В течение 4–7-х суток эксперимента Кас вновь достиг отрицательных значений и превысил значения Кас в контрольной группе на 17% – 43% ($p < 0,05$). На 8 – 9-е сутки экспериментального воздействия, как значение, так и

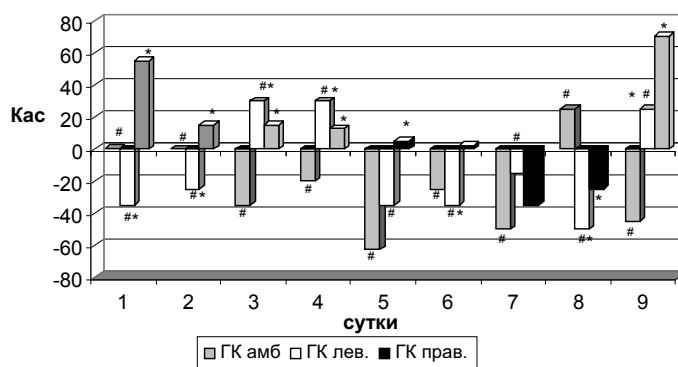


Рис. Изменение коэффициентов моторной асимметрии (Кас) у крыс с правосторонней (прав.), левосторонней (лев.) моторной асимметрией и амбидекстров (амб.) при воздействии гипокинезии (ГК) в разные сроки эксперимента.

Примечание: * - достоверность различий значений в группах «левшей» и «правшей» относительно «амбидекстров»; # - достоверность различий значений и в группах «левшей» и «амбидекстров» относительно «правшей».

знак Кас продолжали претерпевать изменения и достоверно отличались от таковых у животных, находившихся в условиях обычного двигательного режима.

У крыс с исходно не выраженной моторной латерализацией (исходный Кас = $0,5 \pm 0,05$ усл. ед.) Кас снижался и в течение 2 – 6-х суток эксперимента становился отрицательным, достигая минимального значения ($-52,50 \pm 7,50$ усл. ед.) на 4-е сутки ГК, уменьшаясь в 47,5 раз относительно соответствующего значения Кас контрольных животных того же фенотипа ($p < 0,001$). В течение 7 – 8-х суток эксперимента Кас достигал положительных значений $25,00 \pm 2,50$ и $20 \pm 0,50$ усл. ед. соответственно (рис.), а к 9-м суткам вновь становился отрицательным ($-45,00 \pm 0,50$ усл. ед.), тогда как у контрольных животных Кас сохранял те же знак и значение ($p < 0,001$).

Необходимо отметить, что у крыс с выраженной моторной асимметрией («правшей» и «левшей») ГК нивелировала различия между ними по признаку Кас, животные этих фенотипических групп приобрели правостороннюю моторную латерализацию.

Таким образом, ограничение подвижности животных привело к инверсии коэффициентов моторной асимметрии, которая проявлялась на протяжении всего срока экспериментального воздействия.

Известно, что латерализация поведенческих реакций животных, определяющая формирование моторной асимметрии, является отражением МПА головного мозга [15]. Феномен функциональной МПА не случайное, преходящее явление, а достаточно устойчивое состояние парной деятельности симметричных кортикальных центров. Однако применение частых (или сильных) и длительных раздражителей может привести к изменению степени асимметрии, свидетельствующее о том, что асимметрии наряду с инерционностью присуща и некоторая динамичность. Так, бинокулярная стимуляция кошек сильными световыми вспышками в течение 7-8 часов вызывала уменьшение, вплоть до исчезновения, асимметрии [4]. Различные патологические процессы также могут привести к изменению МПА. У крыс с наследственно

закрепленной предрасположенностью к возникновению каталепсии обнаружено снижение, вплоть до инверсии, МПА по активности ацетилхолинэстеразы в хвостатом ядре, по количеству астроглии в *s. nigra* и обоих типов нейроглии в *n. accumbens*. Напротив, по активности аминопептидазы в хвостатом ядре и по количеству олигодендроглии в *s. nigra* наблюдалось усиление МПА [14]. Угрожающее состояние беременности, обострение бронхиальной астмы сочетаются с инверсией МПА спектральных характеристик ЭЭГ различных отделов мозга [9, 11] в исследованиях на людях было обнаружено перемещение очага быстрых электрических колебаний ЭЭГ из одного полушария в другое в период «борьбы» с утомлением. Феномен изменения МПА объясняют с позиции, так называемой, «теории чемодана», согласно которой мозг компенсирует усталость, производя анализ раздражителей попеременно то одним полушарием, то другим, подобно тому, как мы перекаладываем тяжелый чемодан из одной руки в другую [28]. Именно такая реакция изменения моторной асимметрии крыс и была зарегистрирована нами при ГК стрессе. Возможно, это связано с тем, что стресс-реакция на ограничение подвижности привела к развитию запредельного торможения в доминантном полушарии, тогда как в противоположном полушарии происходило повышение возбудимости по механизму положительной индукции. В результате имела место инверсия доминирующего полушария и, как следствие, изменение знака Кас. На основании высказанного предположения межполушарная флуктуация доминирующей активности может рассматриваться как один из механизмов, обеспечивающих надежность функционирования парного мозга в экстремальных условиях.

В свою очередь, изменение асимметрии свидетельствует о снижении стрессоустойчивости, адаптивных возможностей организма к различным внешним воздействиям [9, 13]. Полученные результаты исследований подтверждают представления о том, что устойчивость животных к стрессу определяется их индивидуально-типологическими особенностями. Действительно, многочисленными исследованиями установлена различная индивидуальная чувствительность человека и животных к стрессу [2, 17, 27], в том числе и гипокинетическому [24, 25]. Поэтому А. В. Вальдман с соавт. (1979) [8] подчеркивали важность «моделирования стресса с учетом типологической характеристики животных». Согласно нашим данным, такой индивидуально-типологической особенностью является моторная асимметрия животных. С другой стороны, стресс сам привел к изменениям функциональной асимметрии. Именно эти изменения, по-видимому, могут лежать в основе повреждающих эффектов стрессорных воздействий.

Выводы. Экспериментально доказано, что стресс на ограничение подвижности животных приводит к значительному изменению коэффициентов моторной асимметрии, вплоть до инверсии их знаков, что свидетельствует о снижении стрессоустойчивости и адаптивности организма к различным внешним воздействиям.

Коэффициент моторной асимметрии животных может служить критерием их чувствительности к стрессорным воздействиям.

Перспективы дальнейших исследований. Планируется дальнейшее изучение особенностей модифицирующего действия гипокинетического стресса на изменение болевой чувствительности у крыс в «формалиновом тесте».

Литература

1. Абрамов В. В. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В. В. Абрамов, Т. Я. Абрамова. - Новосибирск, 1996. - 267 с.
2. Айропетянц М. Г. Реакции на умеренные функциональные нагрузки у крыс с индивидуальными особенностями поведения / М. Г. Айропетянц, Н. М. Хоничева, А. Я. Махедова // Журнал высшей нервной деятельности - 1980. - Т. 30, № 5. - С. 994-1002.
3. Исследование влияния фактора ведущего глаза на параметры спектра ЭЭГ и психологические показатели у правой / А. В. Берус, О. И. Иващенко, А. Б. Журавлев [и др.] // Физиология человека. - 1997. - Т. 23, № 2. - С. 50-59.
4. Бианки В. Л. Механизмы парного мозга / В. Л. Бианки. - Л.: Наука, 1989. - 352 с.
5. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. / В. Боровиков - 2-е изд. - СПб.: Питер, 2003. - 688 с.
6. Брагин Е. О. Нейрохимические механизмы регуляции болевой чувствительности / Е. О. Брагин. - М.: Изд-во Ун-та дружбы народов, 1991. - 247 с.
7. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. П. Хьюстон. - М., 1991. - 268 с.
8. Вальдман А. В. Фармакологическая регуляция эмоционального стресса / А. В. Вальдман, М. М. Козловская, О. С. Медведев. - М.: Медицина, 1979. - 360 с.
9. Васильева А. В. Особенности межполушарной асимметрии мозга при физиологической и индуцированной беременности / А. В. Васильева, А. В. Черноситов, К. Ю. Сагамонова // Материалы конференции «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии». - 2000. - Часть 2. - С. 5-7.
10. Вартанян Г. А. Химическая симметрия и асимметрия головного мозга / Г. А. Вартанян, Б. И. Клементьев - М.: Медицина, 1991. - 190 с.
11. Володько Л. Ф. Динамика межполушарной асимметрии головного мозга у больных бронхиальной астмой на фоне медикаментозной терапии / Л. Ф. Володько, М. М. Кириллов, М. М. Орлова // Вестник новых мед. технологий. - 2001. - Т. 8, № 1. - С. 30-33.
12. Егоров М. Ю. Функциональная асимметрия мозга и важность развития клинического направления в эволюционной физиологии / М. Ю. Егоров. - СПб.: Наука, 2000. - 159 с.
13. Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження»: від 21. 02. 2006 № 3447-IV Відомості Верховної Ради України № 27.

14. Ильенкова М. А. Межполушарная асимметрия нигростриарной системы мозга крыс, генетически предрасположенных к каталепсии / М. А. Ильенкова, Е. Н. Орлова, А. С. Камышева // Бюллетень экспер. мед. и биол. – 1992. – №4. – С. 377-379.
15. Клименко Л. Л. Системная организация функциональной межполушарной асимметрии. Зеркало асимметрии / Л. Л. Клименко, А. И. Деев, О. В. Протасова // Биофизика. – 1999. – Т. 44, №5. – С. 916-920.
16. Коваленко Е. А. Гипокинезия / Е. А. Коваленко, Н. Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
17. Коплик Е. В. Тест открытого поля как прогностический критерий устойчивости к эмоциональному стрессу у крыс линии Вистар / Е. В. Коплик, Р. М. Салиева, А. В. Горбунова // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, №4. – С. 775-781.
18. Новиков Д. А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типичные случаи) / Д. А. Новиков, В. В. Новочадов – Волгоград: Изд-во Волгу, 2005. – 84 с.
19. Семенович А. В. Межполушарная организация психических процессов у левшей / Семенович А. В. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 95 с.
20. Семенович А. В. Нейропсихологический подход к типологии онтогенеза / А. В. Семенович, А. А. Цыганок // Нейропсихология сегодня. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 170-183.
21. Трофимова Е. В. Особенности межполушарного взаимодействия у правой и левой по данным когерентного анализа ЭЭГ / Е. В. Трофимова // ЖВНД. – 2000. – Т. 50, №6. – С. 943-951.
22. Удалова Г. П. Участие правого и левого полушарий в реализации лабиринтного навыка у мышей-самцов линии BFLD/c / Г. П. Удалова // ЖВНД. – 1996. – Т. 46, Вып. 1. – С. 84-91.
23. Хомская Е. Д. Нейропсихология индивидуальных различий / Е. Д. Хомская, Н. В. Ефимова, Е. В. Будыка – М.: Росс. пед. агентство, 1997. – 281 с.
24. Чуюн Е. Н. Влияние блокады системы опиоидных пептидов на изменения эмоционально-поведенческих реакций крыс, вызываемые действием электромагнитного излучения крайне высокой частоты в условиях нормы и гипокинетического стресса / Е. Н. Чуюн, М. М. Махонина, Т. В. Заячникова // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 1. – С. 52-60.
25. Чуюн Е. Н. Особенности поведения у крыс с разным профилем моторной асимметрии в условиях комбинированного действия хронического гипокинетического и болевого стрессов / Е. Н. Чуюн, О. И. Горная // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 1. – С. 128-141.
26. Breidenbach P. S. "Sunsum edwuma": the limits of classification and the significance of an event / P. S. Breidenbach // Soc Res (New York). – 1979. – Vol. 46 (1). – P. 63-87.
27. Comparison of susceptibility to stress in two genetic lines of turkey broilers, BUT-9 and Big-6 / A. Kowalski, P. Mormede, K. Jakubowski, [et. al.] // Pol. J. Vet. Sci. – 2002. – Vol. 5, №3. – P. 145-150.
28. Dimond S. Hemispheric function and colour naming / S. Dimond, G. Beaumont // J. Exp. Psychol. – 1972. – Vol. 96. – P. 87-91.

УДК 591.498:599.323.4.

АДАПТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ЩУРІВ З РІЗНИМ ПРОФІЛЕМ МОТОРНОЇ АСИМЕТРІЇ В УМОВАХ ГІПОКІНЕТИЧНОГО СТРЕСУ

Станишевська Т. І., Горна О. І., Аносов І. П.

Резюме. Вивчено зміни коефіцієнта моторної асиметрії у щурів з різним моторним фенотипом («лівша», «правша» та «амбідекстр») під впливом гіпокінетичного стресу. Показано, що розвиток гіпокінетичного стресу у щурів внаслідок обмеження рухливості призводить до значних змін коефіцієнта моторної асиметрії, навіть до інверсії цього знаку, що свідчить про зниження стресостійкості і адаптивності організму до різних зовнішніх факторів.

Ключові слова: поведінкові реакції, моторна асиметрія, гіпокінетичний стрес, коефіцієнт моторної асиметрії.

УДК 591.498:599.323.4.

АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ АСИМЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Горная О. И., Станишевская Т. И., Аносов И. П.

Резюме. Изучены изменения коэффициента моторной асимметрии у крыс с различным моторным фенотипом («левой», «правшей» и «амбидекстров») при действии гипокинетического стресса. Показано, что стресс на ограничения подвижности приводит к значительному изменению коэффициента моторной асимметрии, вплоть до инверсии его знака, что свидетельствует о снижении стрессоустойчивости и адаптивности организма к различным внешним воздействиям.

Ключевые слова: поведенческие реакции, моторная асимметрия, гипокинетический стресс, коэффициент моторной асимметрии.

UDC 591.498:599.323.4.

Adaptive Qualities of Behavior of Rats with Different Profile of Motor Asymmetry in Conditions of Hypokinetic Stress

Gornaya O. I., Stanishevskaya T. I., Anosov I. P.

Abstract. Individually-typological characteristics of the nervous system, which is one of the most sensitive systems to the effects of factors of different nature and intensity, are reflected in the hemispheric asymmetry of the brain, and thus in the individual profile of functional asymmetry of humans and animals. The nature of the hemispheric asymmetry formation belongs to the fundamental, but understudied neurophysiology problem. There are literature data about the existence of the hemispheric asymmetry in humans and animals: birds, rats, mice, antelopes, cats, dogs, primates.

These data prove that the asymmetry may manifest itself on the anatomical, biochemical, sensory, motor, mental levels, and its nature depends on the organism hormonal status and functional state.

Study of the relationship between characteristics of brain laterality and adaptive capacity of the organism will allow us to understand many issues related to the nature of the individual reactivity and resistance as the norm and pathology.

Therefore, the purpose of this study is to examine changes in motor asymmetry during the adaptation of animals to the effects of chronic hypokinetic stress on the restriction of mobility.

The researches are performed on 84 white rats – inbred male rats of the same age weighing 200-250 g. For the study of motor asymmetry of animals that reflects the asymmetry of the CENTRAL NERVOUS SYSTEM, i. e. the dominance of the right (rh) or the left hemisphere (lh) of the brain, the methods of “t-shaped maze” and “open field” (of) were applied. Analysis of magnitude of asymmetry was defined by using a generally accepted method. For the study of changes of motor asymmetry coefficients under the influence of hypokinetic stress rats of both groups were subjected to testing for the OF and “T-shaped maze” every day in a darkened soundproofed room at the same time of a day (from 9. 00 to 11. 00) before feeding.

The acquired data indicate that the animals of the control group with varying levels of motor lateralization kept their asymmetry ratio practically unchanged throughout the experiment, regardless of its original size. The animals, which were held in restraints during 9 days had certain changes in asymmetry ratio, however, these changes were expressed in varying degrees and depended on the original motor lateralization. It should be noted that in rats with severe motor asymmetry (“right-handed” and “left-handed”) GK leveled the differences between them on the basis of Kas, animals of these phenotypic groups have acquired right-sided motor lateralization. Perhaps this is due to the fact that the stress response to limited mobility led to the development of limiting inhibition in the dominant hemisphere, whereas in the opposite hemisphere, there was an increase in excitability on the mechanism of positive induction. The result was an inversion of the dominant hemisphere and, as a consequence, a change in the sign of Kas.

It is experimentally proved, that stress on the restricted mobility of animals leads to a significant change in the coefficients of motor asymmetry, up to inversion of their characters, suggesting a decrease in stress resistance and adaptability to different external influences.

Motor asymmetry coefficient of animals can serve as a criterion of their sensitivity to stress influences.

Keywords: hypokinetic stress, motor asymmetry, behavioral reactions, motor activity.

Рецензент – проф. Міщенко І. В.

Стаття надійшла 02. 04. 2015 р.