

## СПОРТ И ОБЩЕСТВО

Физическое воспитание и студенческий спорт. 2025. Т. 4, вып. 1. С. 11–16

*Physical Education and University Sport*, 2025, vol. 4, iss. 1, pp. 11–16

<https://sport-journal.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/2782-4594-2025-4-1-11-16>, EDN: BXYNEA

Научная статья  
УДК 796.01:004.92

### Коррекционный потенциал киберспортивных технологий

Г. И. Водолажский<sup>✉</sup>, К. М. Смышнов

Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1

**Водолажский Герман Игоревич**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физической культуры, [german.vodolazhskij@yandex.ru](mailto:german.vodolazhskij@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9859-4553>

**Смышнов Константин Михайлович**, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики спорта, [k Smyshnov@mail.ru](mailto:k Smyshnov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3890-3769>

**Аннотация.** Целью данной работы явилась расшифровка слабо изученных на сегодняшний день церебральных механизмов, участвующих в рекреативных и психокоррекционных процессах, сопровождающих видеоигру, на тренировочных этапах подготовки киберспортсмена. На базе лаборатории когнитивных проблем киберспорта Северо-Кавказского федерального университета был проведен ряд обследований. Использовались популярные видеоигры, тест Басса – Дарки, регистрировалась киберточность, проведен корреляционный, аппроксимационный и смысловой анализ полученных данных. Выявлены выраженные предпосылки психокоррекционных свойств соревнований по видеоиграм. Киберточность зависела от негативизма – связь нелинейная, параболическая. С ростом некортикальной формы агрессии точность игрока увеличивалась. Если негативизм испытуемого показывает результат, превышающий 14 баллов, результативность прожатий клавиш падает. Зафиксирована прямая корреляция между косвенной агрессией индивида и киберточностью. Некоторые компьютерные игры могут оказывать психокоррекционный и реабилитационный эффект за счет сублимации агрессивных эмоций, рождающихся в структурах головного мозга из глубинных отделов – в неокортексе, в процессе достижения результата, выражающегося в киберточности игрока.

**Ключевые слова:** киберспорт, киберточность, реабилитация, психокоррекция, электроэнцефалография, агрессивность, церебральный генератор

**Для цитирования:** *Водолажский Г. И., Смышнов К. М. Коррекционный потенциал киберспортивных технологий // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2025. Т. 4, вып. 1. С. 11–16. <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2025-4-1-11-16>, EDN: BXYNEA*

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Corrective potential of esports technologies

G. I. Vodolazhsky<sup>✉</sup>, K. M. Smyshnov

North Caucasus Federal University, 1 Pushkin St., Stavropol 355017, Russia

**German I. Vodolazhsky**, [german.vodolazhskij@yandex.ru](mailto:german.vodolazhskij@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9859-4553>

**Konstantin M. Smyshnov**, [k Smyshnov@mail.ru](mailto:k Smyshnov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3890-3769>

**Abstract.** The aim of this work was to decipher the cerebral mechanisms that are poorly studied at present and that participate in the recreational and psychocorrective processes that accompany video games during the training stages

of a cyber athlete. A number of surveys were conducted at the Laboratory of Cognitive Problems of esports at the North Caucasus Federal University. Popular video games, the Bass – Darky test were used, cyber accuracy was recorded, correlation, approximation and semantic analysis of the data obtained were carried out. The explicit prerequisites for the psychocorrective properties of video game competitions have been identified. Cyber-precision depended on negativism, the connection is nonlinear, parabolic. With the growth of the neocortical form of aggression, the accuracy of the player increases. If the negativity of the subject shows a result exceeding 14 points, effectiveness of pressing the keys decreases. There is a direct correlation between the indirect aggression of an individual and cyber-accuracy. Some computer games can have a psychocorrective and rehabilitative effect due to the sublimation of aggressive emotions originated in brain structures which transform from deep brain structures to the neocortex, in order to achieve a result expressed in the cyber accuracy of the player.

**Keywords:** esports, rehabilitation, psychocorrection, electroencephalography, aggressiveness, cerebral generator

**For citation:** Vodolazhsky G. I., Smyshnov K. M. Corrective potential of esports technologies. *Physical Education and University Sport*, 2025, vol. 4, iss. 1, pp. 11–16 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2025-4-1-11-16>, EDN: BXYNEA

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

Внедрение компьютерных технологий в жизнь общества началось с изобретения уничтоженной во время Второй Мировой войны электромеханической машины Z3, сконструированной немецким инженером Конрадом Цузе в 1941 г. Дальнейшее развитие ЭВМ получили в США, где была создана ENIAC. С тех пор цифровые технологии развиваются и темпы их развития превышают скорость эволюции всех живых и неживых систем в несколько раз. На данном этапе развития киберсистемы проникли во все сферы жизни человека и прочно укрепились [1, 2]. Ни одна отрасль народного хозяйства не может уверенно функционировать без компьютерной техники и сети Интернет [3–5]. Сбор, накопление и хранение информации больше не требуют огромных хранилищ и гигантских затрат времени. Вместе с развитием компьютеров совершенствовались и игровые технологии, изначально использовавшиеся исключительно для организации досуга.

Постепенно видеоигры стали проникать в спортивную жизнь общества. Первые соревнования по компьютерной игре Spacewar были проведены в 1972 г. в Стенфордском университете США. Уже через 8 лет чемпионат по Space Invaders собрал более 10000 участников. На современном этапе развития цифровой мысли и игровых технологий киберспортивные соревнования собирают миллионы поклонников, и призовой фонд оценивается десятками миллионов долларов. Современные видеоигры представляют собой модель виртуального мира, погружаясь в который человек получает возможность абстрагироваться от реальности. Кибернетическое пространство еже-

годно расширяется, проникая в повседневную деловую жизнь и досуг [6]. Жанры компьютерных игр позволяют выбрать удовлетворяющий его сценарий развития внутри игровых событий. Данное обстоятельство способствует повышению уровня комфорта и общей удовлетворенности процессом, что, в свою очередь, открывает возможность психологической и психической реабилитации индивида. Лица с ограниченными возможностями здоровья так же имеют шанс быть полноценными участниками игрового и соревновательного процесса, что способствует повышению эмоционального фона, улучшению кровоснабжения головного мозга и стабилизации работы внутренних органов [7, 8].

Киберспорт, возникший на базе видеоигр, представляет собой сложный психолого-физиологический процесс, объединяющий подготовку к соревновательной деятельности и непосредственно состязания. Соревновательный этап требует огромного напряжения органов чувств вплоть до мобилизации иммунных сил организма, что отражается на общем функциональном состоянии человека [9].

Киберспорт – это командное или индивидуальное соревнование на основе компьютерных игр. С другой точки зрения, это сложный психолого-физиологический процесс, который объединяет подготовку к состязаниям и соревнования. Одной из особенностей киберигр является возможность участия в соревнованиях лиц с ограниченными возможностями здоровья, поскольку двигательная активность минимизирована.

В связи с этим возникает вопрос: можно ли использовать киберспортивные технологии для реабилитации и психокоррекции

инвалидов, лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ)?

На двигательной функции человека показан положительный реабилитационный эффект корректирующей обратной связи. Примерно в это же время начались исследования в области поиска коррекционных психофизиологических свойств видеоигр. Обнаружился терапевтический эффект при реабилитации фобий и корректировка уровня тревожности, причем в сторону снижения [10]. Имеются подтвержденные данные о том, что видеоигры повышают уровень внимания. Экспериментально показано, что у людей, регулярно играющих в видеоигры, участки мозга, отвечающие за внимание, проявляют повышенную активность в покое по сравнению с людьми, не играющими в киберигры [11]. Помимо внимания, видеоигры развивают память, стратегическое мышление, командные взаимодействия, что способствует социализации, помогают взять под контроль эмоциональную сферу [12, 13]. Но церебральные механизмы, участвующие в рекреативных и психокоррекционных процессах, сопровождающих видеоигру, изучены явно недостаточно. В связи со сказанным целью данной работы явилась расшифровка церебральных процессов, обладающих коррекционным воздействием и одновременно участвующих в реализации киберточности.

#### Материалы и методы

В обследовании приняли участие 44 человека из числа студентов Северо-Кавказского федерального университета. Возраст обследуемых находился в диапазоне от 18 до 23 лет. Предварительно студентами был пройден тест Басса–Дарки на 8 форм агрессивности характера, а также расчет глубинной агрессивности. Далее люди были разбиты на группы по 2 человека. Испытуемым предлагали играть в Counter Strike-2 до 8 побед. После каждого раунда фиксировалась игровая статистика. По статистическим результатам игроков начислялось количество баллов исходя из показателей (победа в раунде, попадания в голову, туловище, конечности). Полученные данные при  $n = 508$  приводили к установлению следующих процентных соотношений. За 100% был принят максимально возможный результат. Был осуществлен корреляционный анализ числовых рядов, где первым рядом выступали значения агрессивности характера (то есть результаты психологического

тестирования), вторым – киберточность, зафиксированная по итогам игровых сессий. В заключение обработки данных проведен аппроксимационный анализ, позволивший методом наименьших квадратов выявить нелинейную зависимость данных вариативных рядов. Испытуемые не являлись действующими киберспортсменами.

#### Результаты

Выявлена общая тенденция увеличения киберточности в зависимости от агрессивности, все  $R$  показали положительный результат. Каждая из восьми форм агрессивности характера продемонстрировала линейную зависимость, связанную с точностью прожатия клавиш игроком в ходе реализации игрового процесса (таблица). Статистически значимыми оказались две корреляции – между киберточностью и косвенной агрессией, и между киберточностью и негативизмом. Напрашивался первичный вывод о том, что агрессивный характер игрока оказывает положительное влияние на его результативность в видеоигре.

Но более тщательный и детальный анализ результатов обследования показал, что формы агрессии разделялись по влиянию на точность принятия решений во время игровой сессии. В наших более ранних исследованиях было показано при помощи программы BrainLoc-6 по электроэнцефалографии (ЭЭГ), что такие виды агрессивности, как чувство вины и обидчивость, имеют очаг локализации в области хиазмы, гиппокампа и даже червя мозжечка [14–16], то есть являются глубинными, а не поверхностными.

Негативизм и косвенная агрессия демонстрируют более поверхностную локализацию, их наивысшая активность регистрируется в корковых отделах головного мозга человека.

Дальнейший анализ данных показал, что глубинные формы агрессивности демонстрируют обратную корреляционную связь с киберточностью. При этом, если с повышением ИВ отмечается лишь тенденция к снижению точности игрока, то с усилением ИГА регистрируется уже статистически значимый  $R$ . Более поверхностные агрессивные формы показывали положительную корреляцию, а вышеупомянутые косвенная агрессия и негативизм установили  $R$  в диапазоне от заметной до выраженной связей.

**Корреляции (R) между формами агрессивности и параметрами стандартизированной киберточности, %, здоровых людей****Correlations (R) between forms of aggressiveness and esports performance, %, in healthy people**

№	Агрессивность, балл	Aggressiveness, points	R n = 508
1	Физическая	Physical	0,08
2	Вербальная	Verbal	0,07
3	Косвенная	Indirect	0,14*
4	Негативизм	Negativism	0,31*
5	Раздражительность	Irritability	0,07
6	Подозрительность	Suspiciousness	0,03
7	Обидчивость	Touchiness	0,02
8	Чувство вины	Feeling guilty	0,04
Расчетные коэффициенты / Calculated coefficients	ИА / IA	= (1 + 2 + 3) : 3	0,11*
	ИБ / IV	= (6 + 7) : 2	-0,09
	ИГА / IGA	= (6 + 7 + 8) : 3	-0,33*

Примечание. \* –  $P < 0,05$ ; ИА – индекс агрессивности; ИВ – индекс враждебности; ИГА – индекс глубинной агрессивности; остальные объяснения – в тексте.

Note. \* –  $P < 0,05$ ; IA – aggressiveness index; IV – hostility index; IGA – deep aggressiveness index; the rest of the explanations are in the text.

**Заключение**

Церебральные процессы, сопровождающие видеоигру, обладают коррекционным эффектом и одновременно участвуют в реализации киберточности. Психокоррекционный эффект возникает вследствие усиления корково-подкорковых взаимодействий, особенно в височных долях головного мозга [17]. Реализация процесса происходит за счет «перевода» глубинных агрессивных форм в более поверхностные. Желание игрока победить невольно создает необходимость данного перехода собственных агрессивных форм в формы, регистрирующиеся на более «безопасных» церебральных вертикалях. И напротив, воля киберспортсмена способствует затуханию очага локализации глубинной, опасной для здоровья, агрессивности.

**Список литературы**

1. Короткова О. М., Зезюков И. Д. Влияние компьютерных игр, содержащих образы насилия и агрессии, на физиологическое состояние ЦНС и вегетативную нервную регуляцию у студентов ВГМУ им. Н. Н. Буурденко // Научный аспект. 2019. Т. 8, № 1. С. 957–961. END: WWHRFS
2. Олекминская П. М. Интерактивные компьютерные игры в подготовке спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата в стрельбе из лука // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2019. Т. 4, № 3. С. 97–100. <https://doi.org/10.47475/2500-0365>, EDN: LBRDVS

3. Кашина Ю. В. Прогноз адаптации студентов к учебному процессу // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2021. Т. 16, № 4. С. 415–417. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16099>, EDN: QFBVNM

4. Kashina Yu. V., Gluzman I. V., Oparina N. A., Gribkova G. I., Ershova O. V., Umerkaeva S. S. Adaptation of students depending on the type of temperament to educational activities in higher school in the conditions of online learning // International Journal of Criminology and Sociology. 2020. Vol. 9, № 6. P. 2296–2302.

5. Kashina J. V., Gluzman I. V., Vaskov M. A., Bulavkin A. A., Melikova O. S., Gafiatulina N. K. Assessment of the level of anxiety as an indicator of regulatory-adaptive capabilities of students to educational load in higher educational institution // PalArch's Journal of Archaeology of Egypt: Egyptology. 2020. Vol. 17, № 6. P. 743–752. EDN: XWDEUQ

6. Водолажская М. Г., Водолажский Г. И., Борозинец Н. М., Прилепко Ю. В., Шарова А. И. Коррекционные возможности тренировочных этапов киберспорта в инклюзивной сфере. Психофизиологический и профориентационный аспекты // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 3. С. 47–53. <https://doi.org/10.14529/hsm230306>, EDN: BAWXLG

7. Базанова О. М. Нейробиоуправление: аргументы за и против // Клиническая нейрофизиология и нейрореабилитация : сборник статей и тезисов, Санкт-Петербург, 25–26 ноября 2021 года. Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Оборудование для нейрофизиологии и функциональной диагностики», 2021. С. 15–17. EDN: NZDJBG

8. Каде А. Х., Ахеджак-Нагузе С. К., Дуров В. В., Кашина Ю. В., Таценко Е. Г., Пенжоян А. Г., Никитин Р. В., Абушкевич В. Г. Влияние транскраниальной электростимуляции на результаты трактографии фронтальной коры студентов при психоэмоциональном стрессе // Вестник РУДН. Серия : Медицина. 2020. Т. 24, № 1. С. 75–84.

<https://doi.org/10.22363/2313-0245-2020-24-1-75-84>, EDN: AGKVLF

9. Водолажский Г. И., Боташева Т. Л., Заводнов О. П., Резенькова О. В., Водолажская М. Г. Метеочувствительность спортсменов с разным уровнем агрессивности // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21, № 3. С. 46–55. <https://doi.org/10.14529/hsm210306>, EDN: HQAEIZ

10. Кат Т. М., Даутов Ю. Ю. Вселенная. Человек. Любовь. Династия врачей, творящих добро. Майкоп : Качество, 2020. 532 с.

11. Жаворонкова Л. А., Шевцова Т. П., Максакова О. А., Скрятина И. Г. Как улучшить качество жизни пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы? // Здоровье и качество жизни : материалы III Всероссийской конференции с международным участием, Иркутск–Байкальск, 10–15 сентября 2018 года. Иркутск : Иркутский научный центр хирургии и травматологии, 2018. С. 99–104. EDN: VRNLGC

12. Damasio A. R., Gradowski T. J., Bechara A. Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions // *Nat. Neurosci.* 2000. Vol. 3, № 10. P. 1049.

13. Knyazev G. G. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2012. Vol. 36, № 1. P. 677–695. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.10.002>

14. Водолажская М. Г., Водолажский Г. И. Нейрофизиологические предпосылки к новой классификации отрицательных эмоциональных состояний // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2018. № 2 (221). С. 57–63. EDN: XYZCOT

15. Гнездицкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М. : МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.

16. Жадин М. Н. Биофизические механизмы формирования электроэнцефалограммы. М. : Наука, 1984. 196 с.

17. Водолажская М. Г., Водолажский Г. И., Филиппов Ю. А., Соколова Н. И., Котло С. А. Психофизиологические предпосылки к выявлению коррекционных свойств киберспорта // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 1. С. 59–65. <https://doi.org/10.14529/hsm230108>, EDN: HCRGXG

## References

1. Korotkova O. M., Zezyukov I. D. The influence of computer games containing images of violence and aggression on the physiological state of the central nervous system and autonomic nervous regulation in students of N. N. Burdenko VSMU. *Scientific Aspect*, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 957–961 (in Russian). END: WWHRFS

2. Olekminskaya P. M. Interactive computer games in training of sportsmen with damage to the musculoskeletal system in archery. *Physical Culture. Sport. Tourism. Motor Recreation*, 2019, vol. 4, no. 3, pp. 97–100 (in Russian). <https://doi.org/10.47475/2500-0365>, EDN: LBRDVS

3. Kashina Yu. V. The forecast of students' adaptation to educational process. *Medical News of North Caucasus*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 415–417 (in Russian). <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16099>, EDN: QFBVNM

4. Kashina Yu. V., Gluzman I. V., Oparina N. A., Gribkova G. I., Ershova O. V., Umerkaeva S. S. Adaptation of students depending on the type of temperament to educational activities in higher school in the conditions of online learning. *International Journal of Criminology and Sociology*, 2020, vol. 9, no. 6, pp. 2296–2302.

5. Kashina J. V., Gluzman I. V., Vaskov M. A., Bulavkin A. A., Melikova O. S., Gafiatulina N. K. Assessment of the level of anxiety as an indicator of regulatory-adaptive capabilities of students to educational load in higher educational institution. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt: Egyptology*, 2020, vol. 17, no. 6, pp. 743–752. EDN: XWDEUQ

6. Vodolazhskaya M. G., Vodolazhsky G. I., Borozinets N. M., Prilepko Yu. V., Sharova A. I. Esports in an inclusive environment: Psychophysiological prerequisites and career guidance. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 3, pp. 47–53 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/hsm230306>, EDN: BAWXLG

7. Bazanova O. M. Neurobiological management: Arguments for and against. In: *Klinicheskaja nefrofiziologija i nejroreabilitatsija: sbornik statej i tezisov, Sankt-Peterburg, 25–26 nojabrja 2021 goda* [Clinical Neurophysiology and Neurorehabilitation: Collection of articles and abstracts, St. Petersburg, November 25–26, 2021]. St. Petersburg, Limited Liability Company “Equipment for Neurophysiology and Functional Diagnostics” Publ., 2021, pp. 15–17 (in Russian). EDN: NZDJBG

8. Kade A. H., Akhedzhak-Naguz S. K., Durov V. V., Kashina Yu. V., Tatsenko E. G., Penzhoyan A. G., Nikitin R. V., Abushkevich V. G. The effect of transcranial electrostimulation on the frontal crust of students during a psychoemotional stress. *RUDN Journal of Medicine*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 75–84 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2313-0245-2020-24-1-75-84>, EDN: AGKVLF

9. Vodolazhsky G. I., Botasheva T. L., Zavadnov O. P., Rezenkova O. V., Vodolazhskaya M. G. Weather sensitivity of athletes with different levels of aggression. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 46–55 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/hsm210306>, EDN: HQAEIZ

10. Кат Т. М., Даутов Ю. Ю. *Vselennaja. Chelovek. Ljubov'. Dinastija vrachej, tvorjashchikh dobro* [Universe. Human. Love. The dynasty of doctors who do good]. Maikop, Publishing House of Quality, 2020. 532 p. (in Russian).

11. Zhavoronkova L. A., Shevtsova T. P., Maksakova O. A., Skoryatina I. G. How to improve the quality of life of patients with the consequences of traumatic brain injury? *Zdorov'e i kachestvo zhizni: materialy III Vserossijskoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Irkutsk–Bajkal'sk, 10–15 sentjabrja 2018 goda* [Health and Quality of Life: Proceedings of the III All-Russian conference with international participation, Irkutsk–Baikalsk, September 10–15, 2018]. Irkutsk, Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology Publ., 2018, pp. 99–104 (in Russian). EDN: VRNLGC

12. Damasio A. R., Gradowski T. J., Bechara A. Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nat. Neurosci.*, 2000, vol. 3, no. 10, pp. 1049.

13. Knyazev G. G. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neurosci.*

*Biobehav. Rev.*, 2012, vol. 36, no. 1, pp. 677–695. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.10.002>

14. Vodolazhskaya M. G., Vodolazhsky G. I. Neurophysiological prerequisites to new classification of negative emotional states. *Bulletin of the Adygea State University. Series 4: Natural, Mathematical and Technical Sciences*, 2018, no. 2 (221), pp. 57–63 (in Russian). EDN: XYZCOT

15. Gnezditsky V. V. *Obratnaja zadacha JeJeG i klinicheskaja jelektrojntsefalografija* [The inverse EEG problem and clinical electroencephalography]. Moscow, MEDpress-inform, 2004. 624 p. (in Russian).

16. Zhadin M. N. *Biofizicheskie mekhanizmy formirovanija jelektrojntsefalogrammy* [Biophysical mechanisms of electroencephalogram formation]. Moscow, Nauka, 1984. 196 p. (in Russian).

17. Vodolazhskaya M. G., Vodolazhsky G. I., Filipov Yu. A., Sokolova N. I., Kotlo S. A. Psychophysiological aspects that define the health-enhancing potential of esports. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 1, pp. 59–65 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/hsm230108>, EDN: HCRGXG

Поступила в редакцию 22.10.2024; одобрена после рецензирования 24.01.2025; принята к публикации 30.01.2025  
The article was submitted 22.10.2024; approved after reviewing 24.01.2025; accepted for publication 30.01.2025