

Технологии усиления оснований и фундаментов зданий на основе применения буроналивных свай

С.Г. Абрамян, В.С. Симаков, Д.Н. Протопопов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Приведены некоторые причины упрочнения основания и усиления фундаментов. Рассмотрены основные технологии устройства буроналивных свай, применяемые при реконструкции строительных систем. С целью выявления основных преимуществ использования буроналивных свай, выполнен анализ существующих технологий на основе изучения отечественных и зарубежных патентов. Изложены основные принципы экономически целесообразного, технически и технологически обоснованного выбора технологии усиления фундаментов.

Ключевые слова: реконструкция, несущая способность, упрочнение, усиление, сваи, анкеры, патентный поиск, недостатки и преимущества.

Введение

Жизненный цикл любой строительной системы ограничен во времени. Физический износ может произойти в результате недопустимых деформаций грунта, которые приводят к разрушению фундамента и других конструктивных элементов. В связи с этим усиление оснований и фундаментов является одним из важнейших конструктивных и организационно-технологических решений при реконструкции зданий и сооружений. Существуют различные технологии повышения несущей способности грунтов оснований и фундаментов [1–3], но в последнее время особую актуальность приобрело усиление или упрочнение с применением свай [4–6].

Отметим, что с целью увеличения полезной площади зданий в центрах мегаполисов нашей планеты часто устраивают надстройки, пристройки, подстройки [7–9], которые приводят к опасности перегрузки, разрушения фундаментов, возникновения неравномерных осадок. Часто единственным решением в таких случаях является выполнение работ по повышению несущей способности многих конструктивных элементов существующего здания [8, 9].

Исследование и совершенствование технологий усиления оснований и фундаментов часто проводятся с точки зрения сохранения памятников архитектуры, зданий и сооружений, имеющих историческое наследие [10, 11]. Особенно удачно в этом аспекте применение буроинъекционных свай, так как работы можно производить в сложных геологических условиях, без вибраций и с большой точностью.

Целью данной работы является выявление основных преимуществ буроинъекционных свай, в связи с чем были проанализированы некоторые отечественные и зарубежные патенты по устройству буронабивных свай.

Основными методами исследования являются анализ, сравнение, теоретическое обобщение рассмотренных отечественных и зарубежных патентов, а также специальной литературы по исследуемой теме.

Технологии устройства буронабивных свай: патентный поиск

Способ усиления фундамента мелкого заложения [12]. Способ предполагает бурение скважины через фундамент при помощи вращающегося шнека. Технология позволяет повысить несущую способность за счет использования буроинъекционной конической сваи, одновременно сократив затраты, трудоемкость и число операций в ходе выполнения работ.

Узел сопряжения сваи с фундаментной плитой [13]. Узел состоит из опорных элементов, при помощи которых нагрузка от фундаментной плиты передается на сваю под плитой. Узел можно использовать вне зависимости от толщины плиты, а также со сваями различной конструкции.

Буроинъекционная свая и подпорная стенка в свайном фундаменте [14]. Бурением получают скважину, в нее помещают каркас из инъекторной перфорированной (снизу) трубы и заливают бетонной смесью. Данная конструкция не обладает большой устойчивостью к опрокидыванию. Соединение оголовка сваи и панели непрочное. Технология удачно подходит при опирании свай на прочные грунты.

Способ изготовления буроинъекционной сваи с контролируемым уширением [15]. Особенность технологии в том, что труба-инъектор содержит две-три зоны отверстий и закрепляется резиновой мембраной. В шахматном порядке располагаются инъекционные отверстия. Технология позволяет повысить несущую способность сваи и контролировать ее рабочие параметры.

Способ восстановления фундаментов [16]. Технология предусматривает создание буроинъекционных скважин с их последующим заполнением цементно-песчаным раствором. Особенностью технологии является то, что сначала бурение происходит только до тела фундамента. Затем через образованный цементный камень проделывают скважины до грунта, и создается второй защитный слой раствором с небольшой вязкостью, при этом грунт уплотняется. Происходит минимальное влияние на здание, а фундамент максимально восстанавливается, что является огромным преимуществом данной технологии и делает ее очень актуальной для реставрации и усиления архитектурных памятников, внешний вид которых не должен пострадать или измениться в ходе выполнения работ.

Конструкция инъектора для устройства инъекционной сваи [17]. Конструкция может использоваться для усиления фундаментов в нетекучих грунтах и при новом строительстве. Инъектор состоит из жестко соединенных арматурных секций. Снизу арматуры установлен конусный наконечник из диска с режущими пластинами, выступающими за края арматуры. Имеется кольцо с трубой для подачи раствора и устройство для заделывания трещин в горных породах. Преимущество технологии заключается в получении надежного сцепления бетона с арматурой, а также в использовании малоподвижных смесей в строительстве.

Устройство для выполнения буроинъекционных свай [18]. Данная технология позволяет уменьшить трудоемкость при создании

буроинъекционных свай. Операции бурения скважины, погружения в нее пакера и дренаж совмещаются.

Способ изготовления буроинъекционных свай [19]. Изготовление буроинъекционных свай происходит буровым станком с малыми габаритами. В узле подачи станка устанавливается пневмопробойник в кожухе. Вместе соединяют пневмопробойник и бурильно-обсадные трубы. В их нижней части с помощью переходника закрепляют расширитель с тераемым конусным наконечником. Основное преимущество технологии состоит в увеличении несущей способности буроинъекционной сваи.

Способ устройства буроинъекционной анкерной сваи с контролируемым уширением [20]. Особенностью предлагаемого способа является контролируемое уширение в нижней части, выполненное при помощи резинового стакана-мембраны и выгнутых металлических стержней, присоединенных к инъекционной трубе с помощью сварки. В результате сокращается длина погружения сваи, повышается несущая способность и технологичность. Среди достоинств следует отметить также простоту конструкции и изготовления сваи, небольшую металлоемкость, контроль параметров на каждой рабочей операции.

Недостатком данного изобретения является необходимость предварительного бурения скважины, в то время как технология анкерных свай «Титан» предполагает бурение трубчатой штангой [21].

Анкерная свая «Титан» устраивается методом забуривания трубчатых штанг и снабжена буровой коронкой, позволяющей избежать предварительного бурения скважины, а следовательно, и обвала стенок. Через эту же трубчатую штангу производится инъекция промывочной жидкостью, которая позже вытесняется песчано-цементным раствором. Результатом работ является армированная стальной трубой свая, не подверженная коррозии из-за отсутствия контакта с грунтом.

Зарубежные технологии с применением буринъекционных свай

Устройство для изготовления буринъекционных анкеров и свай [22].

Устройство включает в себя теряемый башмак в форме конуса, к которому прикрепляются стержни арматуры и ребра для разработки грунта. Технология может использоваться не только для усиления фундаментов, но и для крепления шпунтовых, траншейных и подпорных стенок. Она позволяет изготавливать анкера и сваи с повышенной несущей способностью.

Винтовая инъекционная дрель и способ изготовления свайного фундамента [23]. Винтовое инъекционное сверло используется для изготовления свай и содержит вал, снабженный инъекционным отверстием. Благодаря перемешивающему действию лопастей, наполнитель перемешивается с почвой и после твердения образует широкое основание, что способствует усилению несущей способности фундаментной сваи. Вокруг вала предусмотрено второе винтовое лезвие с противоположным направлением вращения. В результате происходит более интенсивное смешивание наполнителя и рыхлого грунта.

Метод изготовления винтовой сваи [24]. Изобретение относится к винтовой свае и к способу ее установки в сочетании с инъекцией раствора. Свая оснащена внутренними земляными трубами, проходящими вниз через отверстие в трубчатом свайном валу. Жидкий раствор впрыскивается в грунт через боковые отверстия инъекционной трубы в процессе ввинчивания сваи в грунт.

В настоящее время за рубежом при усилении фундаментов особую актуальность имеет применение микросвай [25, 26].

В целом выбор технологии устройства свай зависит от конкретных условий и задач, а сама технология может отличаться последовательностью выполнения работ.

Выбор технологии усиления оснований и фундаментов

В данной статье представлено ограниченное количество технологических решений по повышению несущей способности существующих фундаментов и грунтов оснований с применением буроинъекционных свай при реконструкции строительных систем.

Выбор экономически выгодной и экологически безопасной технологии зависит от уточнения основного фактора, влияющего на основание. В научной публикации [4] отмечается, что при реконструкции того или иного объекта в геотехническом обосновании проекта необходимо учитывать два главных фактора: во-первых, дополнительное нагружение основания, что имеет место, например, при замене перекрытий, надстройке этажа или мансарды, а во-вторых, углубление подвалов. Воздействие указанных факторов может привести к таким дефектам основания здания, как неравномерная осадка фундамента.

Так как реконструкция представляет собой совершенно новую фазу жизненного цикла (ЖЦ) строительной системы и проходит все этапы ЖЦ, присущее новому строительству [27], на этапе инженерно-геологических изысканий, проводя оценку состояния грунтов основания, следует также конкретизировать данные по несущему слою грунтов, поскольку возможно его изменение вследствие ряда причин, в том числе из-за уплотнения грунта под действием веса сооружения в течение длительного эксплуатационного периода и из-за возникновения подземных вод [10]. После обработки данных, полученных в результате обследования и оценки технического состояния фундаментов и остальных конструктивных элементов строительной системы, определяют несущую способность фундамента с учетом приведенных выше факторов. Далее по алгоритму, приведенному в [28], выбирается технически и технологически обоснованная, экономически целесообразная технология усиления фундамента.

Заключение

Детальный анализ приведенных в данном исследовании патентов и научных публикаций показывает, что применение буроинъекционных свай с контролируемым расширением является экономически эффективным в силу их технологичности.

К основным преимуществам использования буроинъекционных свай относится следующее:

- усиление фундаментов не приводит к увеличению осадки;
- бурение производится вместе с уплотнением, что создает меньше опасности обрушения, и нужно поднимать меньше грунта на поверхность, для чего применяют шнек широкого сечения, но с маленькими выступами реборды.

Технология гарантирует обеспечение защитного слоя бетона у каркаса за счет того, что каркас устанавливается внутри шнека и производится безостановочное заполнение скважины бетоном.

Характерные недостатки усилений фундамента без буроинъекционных свай включают в себя: необходимость частичного вывода фундаментов из работ, разрушение фундаментов, высокую стоимость предварительных работ, большое количество ручного труда, земляных работ и невозможность проведения работ в стесненных условиях. Буроинъекционные сваи не имеют перечисленных недостатков.

Литература

1. Братан Ф.И., Данилова Е.А., Хотулева Е.И., Окольников Г.Э. Современные методы усиления оснований // Системные технологии. 2020. № 37. С. 20–24.

2. Конаш В.М. Современные технологии усиления оснований и фундаментов // Архитектура и строительство России. 2008. № 6. С. 36–39.

3. Жданова С.М., Нератова О.А. Усиление оснований и фундаментов современными материалами в суровых условиях // Транспорт азиатско-тихоокеанского региона. 2019. № 4(21). С. 67–74.

4. Стасишина А.Н., Абу Махади М.И. Некоторые аспекты реконструкции фундаментов // Вестник РУДН. Сер: Инженерные исследования. 2016. № 2. С. 82–90.

5. Панасюк Л.Н., Семененко А.И., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф. Монолитная и сборно-монолитная разновидности винтовой сваи АКЦИС // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 (часть 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1241/.

6. Medzvieckas J., Slizyte D. Jacked Pile Interaction with Strengthened Foundation // 13th Baltic Sea Region Geotechnical Conference – Historical Experience and Challenges of Geotechnical Problems in Baltic Sea Region (Vilnius, Lithuania, Sept. 22–24, 2016) Proceedings Paper. Pp. 276–280. DOI: 10.3846/13bsgc.2016.042.

7. Зильберова И.Ю., Петрова Н.Н., Героева А.М. Современные технологии надстройки мансардных этажей при реконструкции жилых зданий первых массовых серий // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 (часть 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1296/.

8. Evtushenko S.I., Shutova M.N., Pikhur V.N. The Estimation of Efficiency from Application the Local Strengthening of Strip Foundations by Short Piles // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2020) (Sochi, Russia). 2020. Vol. 962. Article number 032019. DOI: 10.1088/1757-899X/962/3/032019.

9. Zumrawi M., Aldawi H. A study on Strengthening of Building Foundation for Storey Extension // Journal of Building Materials and Structures. 2019. Vol. 5.

№. 2. Рр. 218–226.

10. Полищук А.И., Петухов А.А. Способы усиления фундаментов и строительных конструкций цокольной части реконструируемых, восстанавливаемых зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2018. № 1. С. 42–51. DOI: 10.15593/2224-9826/2018.1.04.

11. Croce N., Croce P., Pelusi M., Taccola R. Rehabilitation and seismic upgrading of the masonry arch bridge over the Magra River in Villafranca // 14th International Conference on Building Pathology and Constructions Repair (CINPAR) (Florence, Italy, June 20–22, 2018) Vol. 11. Рр. 371–378. DOI: 10.1016/j.prostr.2018.11.048.

12. Семёнов И.В. Способ усиления фундамента мелкого заложения: пат. 2672699 Рос. Федерация: МПК E02D 27/08; № 2017140161; заявл. 17.11.17; опубл. 19.11.18. Бюл. № 32. 7 с.

13. Петухов А.А., Коновалов С.В., Шалгинов С.В., Матвеев А.В. Узел сопряжения сваи усиления с фундаментной плитой: пат. 188 064 Рос. Федерация: МПК E02D 27/08; № 2019102359; заявл. 28.01.19; опубл. 28.03.19, Бюл. № 10. 8 с.

14. Васюкевич Л.Ю., Стоценко А.А. Буроинъекционная свая и подпорная стенка на свайном фундаменте: пат. 2281 997 Рос. Федерация: МПК E02D 5/38, 02D E29/02; № 2004134811/03; заявл. 29.11.04; опубл. 20.08.06, Бюл. № 23. 9 с.

15. Пронозин Я.А., Зазуля Ю.В., Самохвалов М.А. Способ изготовления буроинъекционной сваи с контролируемым уширением: пат. 2522358 Рос. Федерация: МПК E02D5/46; № 2012155563/03; заявл. 19.12.12; опубл. 20.07.14, Бюл. № 19. 11 с.

16. Агапов А.И., Егорова Ф.П. Способ восстановления фундаментов: пат. 2 199 628 Рос. Федерация: МПК E02D 5/46; № 2001134591/03; заявл. 24.12.01; опубл. 27.02.03, Бюл. № 21. 3 с.

17. Полищук А.И., Шалгинов Р.В., Петухов А.А., Тарасов А.А. Конструкция инжектора для устройства инъекционной сваи: пат. 85495 Рос. Федерация: МПК 5/34; № 2008152606/22; заявл. 29.12.08; опубл. 10.08.09, Бюл. № 29. 2 с.

18. Шулятьев О.А., Попсуенко И.К. Устройство для выполнения буроинъекционных свай: пат. 167384 Рос. Федерация: МПК E02D 5/46; № 2016131185; заявл. 28.07.16; опубл. 10.01.17, Бюл. № 1. 5 с.

19. Андреев М.А., Гамзаев Р.Г., Пузанов В.В. Способ изготовления буроинъекционных свай: пат. 2 551 590 Рос. Федерация: МПК E02D 5/42; № 2014113335/03; заявл. 07.04.14; опубл. 27.05.15, Бюл. № 15. 8 с.

20. Пронозин Я.А., Зазуля Ю.В., Самохвалов М.А., Кайгородов М.Д., Рачков Д.В. Способ устройства буроинъекционной анкерной сваи с контролируемым уширением: пат. 2 614 131 Рос. Федерация: МПК E02D 5/44; 2015153439; заявл. 11.12.15; опубл. 22.03.17, Бюл. № 9. 6 с.

21. Самохвалов М.А., Гейдт А.В., Паронко А.А. Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 12. С. 1530–1554. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554.

22. Никитенко М.И., Соболевский Ю.А., Янчек В., Греша Я. Устройство для изготовления буроинъекционных анкеров и свай : пат. 1 551 777 Респ. Беларусь: МПК E02D 5/80; № 4316181; заявл. 13.10.87; опубл. 23.03.90, Бюл. № 6. 3 с.

23. Bouten Jacques Anthonius Maria. Screw Injection Drill is used for Production of Foundation Column and Com. prises Shaft Provided with at least one Injection Aperture and Screw Blade. Patent No.: NL1029541C2 Netherlands. Priority to NL1029541A 2005-07-15, Publication of NL1029541C2 2007-01-16. URL: patents.google.com/patent/NL1029541C2/en.

24. Mamdouh A. Nasr. Method for Installing Ascrew Pile. Patent No.: US 7,338,232; Priority to US11/462,766 2006-08-07, Publication of



US20080031695A1 2008-02-07. URL:
patents.google.com/patent/US7338232B2/en.

25. Yang T., Men Y., Rutherford C.J., Zhang Z. Static and Dynamic Response of Micropiles Used for Reinforcing Slopes // Appl. Sci. 2021. Vol. 11. No. 14. DOI: 10.3390/app11146341.

26. Elarabi H., Soorkty A.A.A. Micropiles for Structural Support // International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. 2014. Vol. 3. No. 12. Pp. 205–210. URL:
researchgate.net/publication/270684600_Micropiles_for_Structural_Support/citations.

27. Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Сибирский Е.В. Энергоэффективная реконструкция на различных этапах жизненного цикла строительной системы // Инженерный вестник Дона. 2021. № 1. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7430/.

28. Соколов Н.С. Алгоритм выбора геотехнических технологий для целей усиления слабых оснований // Жилищное строительство. 2019. № 8. С. 50–54. DOI: 10.31659/0044-4472-2019-8-50-5.

References

1. Bratan F.I., Danilova E.A., Hotuleva E.I., Okol'nikova G.Je. Sistemnye tehnologii, 2020, № 37, pp. 20—24.

2. Konash V.M. Arhitektura i stroitel'stvo Rossii, 2008, № 6, pp. 36–39.

3. Zhdanova S.M., Neratova O.A. Transport aziatsko-tihookeanskogo regiona, 2019, № 4, pp. 67–74.

4. Stasishina A.N., Abu Mahadi M.I. Vestnik RUDN, serija Inzhenernye issledovaniya, 2016, № 2, pp. 82–90.

5. Panasyuk L.N., Semenenko A.I., Akopyan V.F., Akopyan A.F. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4 (part 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012

1241/.

6. Medzvieckas J., Slizyte D. Jacked Pile Interaction with Strengthened Foundation. 13th Baltic Sea Region Geotechnical Conference – Historical Experience and Challenges of Geotechnical Problems in Baltic Sea Region (Vilnius, Lithuania, Sept. 22–24, 2016) Proceedings Paper. Pp. 276–280. DOI: 10.3846/13bsgc.2016.042.

7. Zil'berova I.Ju., Petrova N.N., Geroeva A.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4 (part 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1296/.

8. Evtushenko S.I., Shutova M.N., Pikhur V.N. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2020) (Sochi, Russia). 2020. Vol. 962. Article number 032019. DOI 10.1088/1757-899X/962/3/032019.

9. Zumrawi M., Aldawi H. Journal of Building Materials and Structures, 2019, Vol. 5, No. 2, pp. 218–226.

10. Polishchuk A.I., Petuhov A.A. Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura, 2018, № 1, pp. 42–51. DOI: 10.15593/2224-9826/2018.1.04.

11. Croce N., Croce P., Pelusi M., Taccola R. 14th International Conference on Building Pathology and Constructions Repair (CINPAR) (Florence, Italy, June. 20–22, 2018), vol. 11, pp. 371–378. DOI: 10.1016/j.prostr.2018.11.048.

12. Semjonov I.V. Sposob usilenija fundamenta melkogo zalozhenija [The method of strengthening the foundation of a shallow foundation]. Patent RF, no. 2672699; 2018, 7 p.

13. Petuhov A.A., Konovalov S.V., Shalginov S.V., Matveev A.V. Uzel soprjazhenija svai usilenija s fundamentnoj plitoj [Reinforcement pile interface with foundation slab]. Patent RF, no. 188 064; 2019, 8 p.

14. Vasjukevich L.Ju, Stocenko A.A. Buroin#ekcionnaja svaja i podpornaja stenka na svajnom fundamente [Drilled pile and retaining wall on a pile foundation]. Patent RF, no. 2281 997; 2006, 9 p.

15. Pronozin Ja.A., Zazulja Ju.V., Samohvalov M.A. Sposob izgotovlenija buroin#ekcionnoj svai s kontroliruemym ushireniem [Method for manufacturing a bored-injection pile with controlled widening]. Patent RF, no. 2522358; 2014, 11 p.

16. Agapov A.I., Egorova F.P. Sposob vosstanovlenija fundamentov [Foundation restoration method]. Patent RF, no. 199 628; 2003, 3 p.

17. Polishhuk A.I., Shalginov R.V., Petuhov A.A., Tarasov A.A. Konstrukcija in#ektora dlja ustrojstva buroin#ekcionnoj svai [The design of the injector for the installation of a bored injection pile]. Patent RF, no. 85495; 2009, 2 p.

18. Shuljat'ev O.A., Popsuenko I.K. Ustrojstvo dlja vypolnenija buroin#ekcionnyh svaj [Device for making bored piles]. Patent RF, no. 167384; 2017, 5 p.

19. Andreev M.A., Gamzaev R.G., Puzanov V.V. Sposob izgotovlenija buroin#ekcionnyh svaj [Method for manufacturing bored injection piles]. Patent RF, no. 2 551 590; 2015, 8 p.

20. Pronozin Ja.A., Zazulja Ju.V., Samohvalov M.A., Kajgorodov M.D., Rachkov D.V. Sposob ustrojstva buroin#ekcionnoj ankernoj svai s kontroliruemym ushireniem [The method of arranging a bored injection anchor pile with controlled widening]. Patent RF, no. 2 614 131; 2017, 6 p.

21. Samokhvalov M.A., Gejdt A.V., Paronko A.A. Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture], 2019, № 14, pp. 1530–1554. DOI: 10.22227/1997- 0935.2019.12.1530-1554.

22. Nikitenko M.I., Sobolevskij Ju.A., Janchek V., Gresha Ya. Ustrojstvo dlja izgotovlenija buroin#ekcionnyh ankerov i svaj [Device for the manufacture of bored anchors and piles]. Patent Belarus', no. 1 551 777; 1990, 3 p.

23. Bouten Jacques Anthonius Maria. Screw Injection Drill is used for Production of Foundation Column and Com. prises Shaft Provided with at least one Injection Aperture and Screw Blade. Patent No.: NL1029541C2 Netherlands.



Priority to NL1029541A 2005-07-15, Publication of NL1029541C2 2007-01-16.

URL: patents.google.com/patent/NL1029541C2/en.

24. Mamdouh A. Nasr. Method for Installing Ascrew Pile. Patent No.: US 7,338,232; Priority to US11/462,766 2006-08-07, Publication of US20080031695A1 2008-02-07. URL: patents.google.com/patent/US7338232B2/en.

25. Yang T., Men Y., Rutherford C.J., Zhang Z. Appl. Sci. 2021, vol. 11, no. 14. DOI: 10.3390/app11146341.

26. Elarabi H., Soorkty A.A.A. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2014, vol. 3, no. 12, pp. 205–210. URL: researchgate.net/publication/270684600_Micropiles_for_Structural_Support/citations.

27. Abramyan S.G., Oganesyanyan O.V., Sibirsky E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7430/.

28. Sokolov N.S. Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction], 2019, no. 8, pp. 50–54. DOI: 10.31659/0044-4472-201.