

ISSN 2949-5873 (print)  
ISSN 2949-5881 (online)

# Реабилитология

2026 | Том 4 | № 1

<https://rehabilitology.com>



2026 | Vol 4 | No 1

Journal of Medical  
Rehabilitation

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <https://rehabilitology.com>. Не предназначено для использования в коммерческих целях.  
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: [info@irbis-1.ru](mailto:info@irbis-1.ru).

# Технологии искусственного интеллекта в реабилитации пациентов после системного противоопухолевого лечения

О.В. Ковалева

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России (Каширское ш., д. 24, Москва 115522, Российская Федерация)

**Для контактов:** Ольга Владимировна Ковалева, e-mail: [ovkovaleva@gmail.com](mailto:ovkovaleva@gmail.com)

## РЕЗЮМЕ

Во всем мире заболеваемость злокачественными новообразованиями неуклонно растет и остается одной из наиболее значимых медицинских проблем. В то же время совершенствование методов ранней диагностики и лечения приводит к увеличению числа пациентов, достигающих длительной или полной ремиссии. В связи с этим проблема медицинской реабилитации онкологических пациентов становится все более актуальной. Современное лечение злокачественных опухолей все чаще включает не только хирургическое вмешательство, но и системную лекарственную терапию, лучевую терапию, а также различные варианты их комбинированного применения. Несмотря на высокую эффективность данных методов, противоопухолевая терапия может сопровождаться развитием длительных функциональных нарушений. К наиболее частым осложнениям относятся снижение физической активности, хроническая усталость, когнитивные нарушения и другие состояния, которые влияют на качество жизни пациентов. В последние годы все больше исследований посвящено применению технологий искусственного интеллекта (ИИ) в медицине, включая реабилитацию. Использование алгоритмов машинного обучения, систем анализа биомедицинских данных, носимых устройств и цифровых платформ позволяет осуществлять мониторинг состояния пациентов и проводить индивидуализацию программ восстановления. Применение подобных технологий рассматривается как один из подходов к повышению эффективности реабилитации пациентов после противоопухолевого лечения. В обзоре рассматриваются направления применения технологий ИИ в реабилитации онкологических пациентов, включая цифровой мониторинг, телереабилитацию, системы анализа двигательной активности и когнитивную реабилитацию, а также обсуждаются перспективы дальнейшего развития данных технологий.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

искусственный интеллект, онкологическая реабилитация, системная противоопухолевая терапия, цифровое здравоохранение, телереабилитация, носимые сенсорные устройства, качество жизни

## Для цитирования

Ковалева О.В. Технологии искусственного интеллекта в реабилитации пациентов после системного противоопухолевого лечения. *Реабилитология*. 2026; 4 (1): 54–62. <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2026.65>.

## Artificial intelligence technologies for patient rehabilitation after systemic anticancer therapy

O.V. Kovaleva

*Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24 Kashirskoe Shosse, Moscow 115522, Russian Federation)*

**Corresponding author:** Olga V. Kovaleva, e-mail: [ovkovaleva@gmail.com](mailto:ovkovaleva@gmail.com)

## ABSTRACT

Globally, malignant neoplasms remain one of the most significant medical and social issues due to their increasing incidence. Meanwhile, advances in early diagnosis and treatment methods have resulted in higher rates of long-term or complete

remission among patients. Thus, medical rehabilitation for cancer patients becomes an important and relevant concern. As part of the modern treatment of malignant tumors, surgical intervention is often accompanied by systemic drug therapy, radiation therapy, or a combination of these approaches. Despite their high efficacy, these methods may result in long-term functional impairments. The most common complications include reduced physical activity, chronic fatigue, cognitive impairment, and other conditions that decrease patients' quality of life. Recent studies emphasize the application of artificial intelligence (AI) technologies in medicine, including rehabilitation. Machine learning algorithms, biomedical data analysis systems, wearable devices, and digital platforms make it possible to monitor patients' conditions, thus individualizing rehabilitation programs. These technologies are therefore considered a promising approach to improving the effectiveness of rehabilitation for patients after anticancer treatment. This review discusses current approaches to using AI technologies to rehabilitate cancer patients after treatment. Particularly, it covers digital monitoring, telerehabilitation, systems for analyzing motor activity, and cognitive rehabilitation. The review also outlines prospects for further developing these technologies.

## KEYWORDS

artificial intelligence, cancer rehabilitation, systemic anticancer therapy, digital health, telerehabilitation, wearable devices, quality of life

## For citation

Kovaleva O.V. Artificial intelligence technologies for patient rehabilitation after systemic anticancer therapy. *Reabilitologia / Journal of Medical Rehabilitation*. 2026; 4 (1): 54–62 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2949-5873/rehabil.2026.65>.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современные подходы к лечению злокачественных новообразований (ЗНО) включают хирургическое вмешательство, лучевую терапию, а также системные методы, такие как химиотерапия, таргетная терапия, гормональная терапия и иммунотерапия [1]. Длительное время хирургическое вмешательство рассматривалось как основной метод радикального лечения большинства ЗНО. Однако развитие системной противоопухолевой терапии в последние десятилетия существенно изменило концепцию лечения онкологических пациентов. Появление таргетных препаратов и ингибиторов контрольных точек иммунитета позволило значительно повысить эффективность лекарственной терапии и расширило возможности ее применения как в адъювантном и неоадъювантном режимах, так и в качестве самостоятельного метода. В настоящее время системная противоопухолевая терапия играет ключевую роль в лечении многих ЗНО и способствует увеличению числа пациентов, достигших длительной или полной ремиссии [2].

Однако противоопухолевое лечение, особенно системная лекарственная терапия, может сопровождаться развитием ряда отсроченных и хронических осложнений. К наиболее распространенным относятся выраженная утомляемость, снижение физической активности, периферическая нейропатия, когнитивные и психоэмоциональные расстройства [3]. Эти нарушения могут сохраняться в течение длительного времени после завершения лечения и существенно ограничивать повседневную активность пациентов, снижая качество жизни (КЖ) и затрудняя возвращение к привычному образу жизни. В связи с этим реабилитация становится важным элементом комплексной помощи онкологическим больным. Целью реабилитации таких пациентов является восстановление нарушенных физических, когнитивных и психоэмоциональных функций, а также повышение уровня социальной адаптации после завершения противоопухолевого лечения. В последние

годы для повышения эффективности реабилитационных мероприятий все более широко используются цифровые технологии, позволяющие осуществлять мониторинг состояния больных, оценивать уровень физической активности и контролировать выполнение назначенных реабилитационных программ.

В настоящее время активно изучается возможность применения методов искусственного интеллекта (ИИ) в медицинской реабилитации. С помощью алгоритмов машинного обучения анализируются большие массивы медицинских данных и учитываются индивидуальные особенности состояния пациента при формировании восстановительных программ. Кроме того, интеграция систем ИИ с носимыми устройствами, мобильными приложениями и телемедицинскими платформами позволяет осуществлять дистанционное наблюдение за состоянием больных. Подобные технологии могут использоваться для более длительного мониторинга после завершения лечения и для оптимизации реабилитационных мероприятий. Таким образом, ИИ является перспективным направлением развития современной онкологической реабилитации.

## СИСТЕМНАЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ ТЕРАПИЯ / SYSTEMIC ANTITUMOR THERAPY

К основным видам системной противоопухолевой терапии относятся химиотерапия, таргетная терапия, гормональная терапия и иммунотерапия. В современной клинической практике данные методы широко используются в неоадъювантном и адъювантном режимах, а также в качестве основного метода лечения при метастатических формах заболевания. Вместе с тем различные виды системной терапии могут сопровождаться побочными эффектами, оказывающими значительное влияние на состояние пациентов.

## Химиотерапия / Chemotherapy

Химиотерапия является одним из наиболее широко применяемых методов системного лечения ЗНО. Данный ме-

тод основан на применении цитотоксических препаратов, направленных на подавление пролиферации и индукцию гибели быстро делящихся клеток. Химиотерапевтические средства воздействуют на различные этапы клеточного цикла, нарушая процессы репликации ДНК, синтеза нуклеиновых кислот и митоза, что приводит к повреждению и гибели опухолевых клеток [4].

К основным классам химиотерапевтических препаратов относятся алкилирующие агенты, антиметаболиты, противоопухолевые антибиотики, ингибиторы топоизомераз и препараты, нарушающие процессы митоза. Алкилирующие агенты (например, циклофосфамид, цисплатин) вызывают образование перекрестных связей в молекулах ДНК, что приводит к нарушению репликации и транскрипции. Антиметаболиты (метотрексат, 5-фторурацил) ингибируют ферменты, участвующие в синтезе нуклеиновых кислот, тем самым блокируя синтез ДНК и РНК. Противоопухолевые антибиотики, такие как доксорубин, взаимодействуют с ДНК и подавляют активность топоизомераз, вызывая разрывы ДНК. Ингибиторы топоизомераз нарушают процессы репликации и транскрипции за счет ингибирования ферментов, участвующих в расплетании ДНК. Препараты, воздействующие на микротрубочки (таксаны, алкалоиды барвинка), нарушают формирование митотического веретена и блокируют деление клеток [5].

В клинической практике химиотерапия применяется в различных режимах. Она может использоваться в неoadъювантном режиме для уменьшения объема опухоли перед хирургическим вмешательством, в адъювантном режиме после удаления опухоли с целью снижения риска рецидива, а также в качестве основного метода лечения при распространенных или метастатических формах заболевания. Кроме того, химиотерапия часто применяется в составе комбинированных схем совместно с лучевой терапией, таргетными препаратами и иммунотерапией [6].

Несмотря на значительный терапевтический эффект, применение цитотоксических препаратов сопровождается развитием побочных эффектов, связанных с их воздействием не только на опухолевые, но и на нормальные быстро делящиеся клетки организма. В результате могут возникать токсические реакции, затрагивающие систему кроветворения, желудочно-кишечный тракт, нервную систему и другие органы. Помимо острых проявлений у части пациентов могут формироваться и долгосрочные осложнения, сохраняющиеся после завершения лечения.

Так, препараты платины (цисплатин, оксалиплатин), которые широко применяются при лечении различных ЗНО, могут приводить к развитию периферической сенсорной нейропатии, сохраняющейся в течение длительного времени после завершения терапии [7]. Антрациклины (доксорубин, эпирубин) обладают высокой противоопухолевой активностью, но их применение сопряжено с риском кардиотоксичности, включая развитие кардиомиопатии и хронической сердечной недостаточности [8]. Препараты таксанового ряда (паклитаксел, доцетаксел), нарушающие динамику микротрубочек, часто вызывают периферическую нейропатию, а также выраженную миалгию и артралгию [9]. Использование антиметаболитов, включая 5-фторурацил и метотрексат, может приводить

к повреждению слизистых оболочек и желудочно-кишечного тракта, а также к развитию выраженной миелосупрессии [10].

Кроме того, применение ряда химиотерапевтических препаратов может сопровождаться появлением когнитивных нарушений (англ. chemotherapy-related cognitive impairment), которые в литературе нередко обозначаются термином «химиотерапевтический мозг» (англ. chemo brain) [11]. Помимо острых токсических реакций у значительной части пациентов после лекарственной терапии формируются и отдаленные осложнения. К их числу относятся хроническая усталость (англ. cancer-related fatigue), периферическая нейропатия, снижение физической работоспособности, а также длительно сохраняющиеся когнитивные нарушения и другие функциональные расстройства. В связи с этим большое значение приобретает разработка эффективных программ медицинской реабилитации, направленных на восстановление физических и когнитивных функций пациентов после завершения противоопухолевого лечения.

### Таргетная терапия / Targeted therapy

Таргетная терапия представляет собой вариант лекарственного лечения ЗНО, основанный на воздействии на специфические молекулярные мишени, участвующие в регуляции роста, пролиферации и выживания опухолевых клеток. Развитие методов молекулярной биологии позволило выявить ключевые сигнальные пути, играющие важную роль в опухолевой прогрессии, что послужило основой для разработки препаратов, направленных на их селективное ингибирование.

К наиболее распространенным группам таргетных препаратов относятся моноклональные антитела и низкомолекулярные ингибиторы тирозинкиназ [12]. Действие моноклональных антител нацелено, в первую очередь, на рецепторы факторов роста и их лиганды. Самыми известными и широко распространенными препаратами данного класса являются антитела к рецептору эпидермального фактора роста (англ. epidermal growth factor receptor, EGFR) и рецептору эпидермального фактора роста человека 2 (англ. human epidermal growth factor receptor 2, HER2), а также антитела, направленные против факторов ангиогенеза, таких как сосудистый эндотелиальный фактор роста (англ. vascular endothelial growth factor, VEGF). Низкомолекулярные ингибиторы тирозинкиназ, в свою очередь, блокируют внутриклеточные сигнальные пути, участвующие в передаче пролиферативных и проангиогенных сигналов [13].

Несмотря на более высокую селективность по сравнению с традиционной химиотерапией, таргетная терапия также может сопровождаться развитием побочных эффектов. Характер токсичности во многом определяется биологической ролью соответствующей молекулярной мишени в нормальных тканях. Так, использование EGFR, таких как цетуксимаб и эрлотиниб, часто связано с кожными реакциями, включая акнеподобную сыпь, сухость кожи и воспалительные изменения, что обусловлено ролью сигнального пути EGFR в регуляции пролиферации эпидермальных клеток [14]. Препараты, направленные

против VEGF или его рецепторов, например бевацизумаб и сунитиниб, могут вызывать артериальную гипертензию, тромбоэмболические осложнения и нарушения процессов заживления тканей вследствие ингибирования ангиогенеза [15]. Антитела к рецептору HER2, такие как трастузумаб, широко применяемые при лечении рака молочной железы и некоторых других опухолей, способны приводить к развитию кардиотоксичности, включая снижение фракции выброса левого желудочка и сердечную недостаточность [16]. Низкомолекулярные ингибиторы тирозинкиназ, воздействующие на различные сигнальные пути опухолевых клеток, нередко вызывают различные побочные эффекты, в т.ч. диарею, гепатотоксичность, кожные реакции, а также выраженную утомляемость [17]. Следует отметить, что многие из перечисленных осложнений несут длительный характер и сохраняются после завершения лечения.

### Иммунотерапия / Immunotherapy

Иммунотерапия стала одним из наиболее значимых достижений современной онкологии и во многом изменила парадигму лечения ряда ЗНО. В отличие от традиционных методов противоопухолевой терапии, направленных непосредственно на опухолевые клетки, иммунотерапия основана на активации собственных механизмов противоопухолевого иммунного ответа организма. Наиболее широкое распространение в клинической практике получили ингибиторы иммунных контрольных точек (англ. immune checkpoint inhibitors), действующие против молекул запрограммированной клеточной смерти 1 (англ. programmed cell death 1, PD-1), лиганда запрограммированной смерти 1 (англ. programmed death ligand 1, PD-L1) и цитотоксического Т-лимфоцит-ассоциированного белка 4 (англ. cytotoxic T-lymphocyte associated protein 4, CTLA-4). Блокирование данных сигнальных путей позволяет нейтрализовать супрессорное воздействие на Т-лимфоциты и активировать противоопухолевую иммунную реакцию. Применение таких препаратов позволило значительно улучшить результаты лечения ряда опухолей, включая меланому, немелкоклеточный рак легкого, почечно-клеточный рак и некоторые другие ЗНО [18].

Помимо ингибиторов иммунных контрольных точек к современным методам противоопухолевой иммунотерапии относятся терапевтические вакцины, клеточные продукты, включая химерные антигенные рецепторные Т-клетки (англ. chimeric antigen receptor T-cells), а также цитокины [19]. Несмотря на высокую эффективность данных подходов, их использование может сопровождаться развитием побочных эффектов, связанных с неспецифичной активацией иммунной системы и поражением различных органов и систем организма.

В отличие от цитотоксической химиотерапии и большинства таргетных препаратов, побочные эффекты иммунотерапии в значительной степени обусловлены чрезмерной активацией иммунной системы и развитием так называемых иммуноопосредованных нежелательных явлений (англ. immune-related adverse events, irAEs). Наиболее часто наблюдаются кожные реакции, включая сыпь и зуд, а также эндокринные нарушения, такие как тиреоидит и гипопаратиреоз, приводящие к развитию гипо- или гипертиреоза.

Достаточно распространенными осложнениями являются воспалительные поражения желудочно-кишечного тракта, в частности развитие иммуноопосредованного колита. Кроме того, у части пациентов могут наблюдаться и другие воспалительные осложнения, включая гепатит, пневмонит, артриты и ряд других состояний [20].

Следует отметить, что, как и при применении других видов противоопухолевой терапии, часть иммуноопосредованных осложнений может сохраняться в течение длительного времени после завершения лечения и требовать длительного наблюдения и терапии. Помимо органоспецифических поражений у пациентов нередко отмечаются хроническая усталость, снижение физической активности и ухудшение общего самочувствия.

Следует отметить, что, как и при применении других видов противоопухолевой терапии, часть иммуноопосредованных осложнений может сохраняться в течение длительного времени после завершения лечения и требовать длительного наблюдения и терапии. Помимо органоспецифических поражений у пациентов нередко отмечаются хроническая усталость, снижение физической активности и ухудшение общего самочувствия.

### Гормональная терапия / Hormonal therapy

Гормональная терапия является одним из ключевых методов системного лечения гормонозависимых ЗНО, к числу которых относятся, прежде всего, рак молочной железы и рак предстательной железы. Данный подход основан на подавлении синтеза гормонов или блокировании их взаимодействия с рецепторами опухолевых клеток, что приводит к снижению стимуляции опухолевого роста.

К основным группам препаратов гормональной терапии относятся селективные модуляторы гормональных рецепторов, ингибиторы ароматазы, антиандрогены и средства, подавляющие синтез гонадотропных гормонов. Так, селективные модуляторы эстрогеновых рецепторов, например тамоксифен, блокируют взаимодействие эстрогенов с их рецепторами в клетках опухоли молочной железы. Ингибиторы ароматазы (анастрозол, летрозол, экземестан) тормозят синтез эстрогенов, что приводит к снижению гормональной стимуляции опухолевых клеток [21]. При лечении рака предстательной железы широко применяются антиандрогенные препараты и аналоги гонадотропин-рилизинг-гормона, подавляющие продукцию тестостерона [22].

Несмотря на относительно благоприятный профиль безопасности по сравнению с цитотоксической химиотерапией, гормональная терапия также может сопровождаться развитием ряда побочных эффектов, поскольку лечение проводится в течение длительного времени. К наиболее распространенным осложнениям относятся остеопороз и снижение минеральной плотности костной ткани, метаболические расстройства, увеличение массы тела, снижение мышечной массы, выраженная утомляемость, а также когнитивные и эмоциональные изменения [23]. Кроме того, у пациентов могут отмечаться нарушения сна, вазомоторные симптомы (в частности, приливы жара) и снижение физической активности.

### РЕАБИЛИТАЦИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ / REHABILITATION FOR CANCER PATIENTS

Как показано выше, несмотря на различия в механизмах действия противоопухолевых препаратов, многие из описанных побочных эффектов имеют сходные клинические

проявления и могут сохраняться в течение длительного времени после завершения лечения. У значительной части онкологических пациентов отмечаются хроническая усталость, снижение физической активности, периферическая нейропатия, когнитивные и психоэмоциональные расстройства. Нередко данные нарушения носят комплексный характер и существенно ограничивают повседневную активность больных, ухудшают КЖ и затрудняют возвращение к привычному образу жизни. В связи с этим реабилитация становится важным компонентом комплексного ведения онкологических пациентов после завершения активного лечения. Основными ее задачами являются восстановление физической работоспособности, коррекция когнитивных нарушений, уменьшение выраженности хронической усталости и других функциональных расстройств, а также улучшение социальной адаптации пациентов.

### Основные подходы / Basic approaches

В связи с увеличением продолжительности жизни онкологических пациентов и ростом числа лиц, достигших длительной ремиссии, реабилитация представляет собой важный этап комплексной медицинской помощи. Цель реабилитационных мероприятий – восстановление функционального состояния больных, улучшение КЖ и содействие их социальной и профессиональной адаптации. В последние годы в онкологии активно развивается концепция долгосрочного наблюдения и сопровождения пациентов, перенесших онкологическое заболевание (англ. survivorship care), которая предполагает длительное наблюдение и поддержку после завершения активной терапии [24].

Одним из ключевых направлений является физическая реабилитация, направленная на восстановление физической активности, мышечной силы и общей выносливости пациентов. Регулярная физическая нагрузка, включающая аэробные и силовые упражнения, способствует уменьшению выраженности хронической усталости, улучшению функционального состояния и повышению КЖ. В настоящее время разработан ряд рекомендаций по физической активности для онкологических больных, в которых подчеркивается необходимость индивидуального подбора программ тренировок с учетом общего состояния пациента, а также особенностей проведенного противоопухолевого лечения [25–27].

Важный компонент реабилитационных мероприятий – коррекция когнитивных нарушений, которые могут наблюдаться после противоопухолевой терапии. Когнитивная реабилитация включает применение специализированных тренировочных программ, направленных на улучшение памяти, внимания и исполнительных функций. Кроме того, пациентам могут предлагаться различные стратегии компенсации когнитивных трудностей, позволяющие адаптироваться к функциональным ограничениям [28].

Другое значимое направление реабилитации заключается в психосоциальной поддержке онкологических больных. Психологические и психотерапевтические вмешательства направлены на снижение выраженности тревоги и депрессивных проявлений, стабилизацию эмоционального состояния и повышение способности пациентов

адаптироваться к изменениям, связанным с заболеванием и проведенным лечением [29].

В последние годы также возрастает значение систематического мониторинга состояния пациентов после завершения терапии. Использование опросников, основанных на самооценке симптомов, позволяет своевременно выявлять возникающие нарушения и корректировать реабилитационные мероприятия. Показано, что регулярное применение подобных инструментов может способствовать улучшению КЖ и, по данным ряда исследований, повышению выживаемости [30].

Несмотря на доказанную эффективность традиционных подходов к реабилитации, их практическая реализация нередко связана с рядом ограничений. К ним относятся необходимость регулярного наблюдения, ограниченная доступность специализированных реабилитационных программ, а также сложности длительного мониторинга состояния пациентов в условиях реальной клинической практики. В связи с этим в последние годы все большее внимание уделяется разработке новых технологических решений, позволяющих оптимизировать процессы реабилитации и обеспечить более персонализированный подход к восстановлению после противоопухолевого лечения.

### Применение технологий ИИ / Application of AI technologies

#### Ключевые преимущества

Развитие цифровых медицинских технологий и методов анализа больших массивов данных привело к активному внедрению ИИ в различные области здравоохранения [31]. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать большое количество клинических данных, выявлять особенности и закономерности течения заболеваний, а также прогнозировать исходы лечения. В онкологии методы ИИ уже широко используются для диагностики опухолей, анализа медицинских изображений и поддержки принятия клинических решений [32]. Кроме того, все большее внимание уделяется применению технологий ИИ в сфере медицинской реабилитации [33].

В отличие от других этапов лечения, реабилитация предполагает длительное наблюдение, регулярную оценку динамики функциональных показателей и необходимость индивидуальной адаптации программ восстановления. Использование методов ИИ позволяет автоматизировать сбор и анализ данных о состоянии больных в режиме реального времени, а также способствует более точной корректировке реабилитационных программ. Предполагается, что широкое внедрение подобных подходов может повысить эффективность восстановительных мероприятий.

Применение технологий ИИ в реабилитационной медицине развивается по нескольким основным направлениям. Наибольшее внимание уделяется использованию систем цифрового мониторинга состояния пациентов, развитию телереабилитации, позволяющей проводить восстановительные мероприятия дистанционно, а также внедрению роботизированных систем, обеспечивающих автоматизированную поддержку двигательной ак-

тивности пациентов. Кроме того, активно развиваются технологии когнитивной реабилитации, включающие использование цифровых тренажеров и адаптивных обучающих программ [34].

### Цифровой мониторинг состояния пациентов

Одним из наиболее перспективных и активно развивающихся направлений применения ИИ являются технологии цифрового мониторинга. Современные системы дистанционного наблюдения, основанные на применении носимых сенсорных устройств, мобильных приложений и цифровых платформ, дают возможность непрерывно регистрировать уровень физической активности, частоту сердечных сокращений, параметры сна и другие показатели, отражающие общее функциональное состояние организма. Использование таких технологий особенно важно в реабилитации онкологических больных, поскольку позволяет объективно оценивать уровень физической активности, динамику восстановления и переносимость реабилитационных нагрузок [35].

Алгоритмы ИИ и машинного обучения применяются для анализа данных, получаемых с сенсорных устройств, и помогают выявлять изменения состояния пациентов, прогнозировать развитие осложнений и формировать индивидуальные рекомендации по физической активности. Кроме того, подобные системы могут обеспечивать автоматическое оповещение медицинских специалистов при выявлении отклонений, что способствует их более своевременной коррекции [36].

Технологии цифрового мониторинга позволяют существенно расширить возможности длительного наблюдения за пациентами после завершения противоопухолевого лечения. Применение таких подходов обеспечивает более непрерывный и персонализированный контроль их состояния и может содействовать оптимизации программ реабилитации.

### Телереабилитация

В стратегии реабилитации онкологических пациентов все шире внедряется телереабилитация, позволяющая проводить восстановительные мероприятия дистанционно с помощью информационно-коммуникационных средств. Применение такого подхода дает возможность осуществлять длительное наблюдение за пациентами после завершения лечения и расширяет доступ к реабилитационной помощи вне специализированных медицинских центров.

Телереабилитационные программы могут включать дистанционные консультации специалистов, занятия лечебной физкультурой под видеоконтролем, а также использование мобильных приложений для контроля выполнения упражнений и мониторинга состояния пациентов.

Опубликованные данные свидетельствуют в пользу того, что телереабилитация может быть эффективной альтернативой традиционным формам реабилитационной помощи. В частности, отмечено улучшение функциональных показателей, когнитивных функций и КЖ пациентов, а также снижение выраженности боли и усталости при использовании дистанционных программ восстановления. Подобные

программы характеризуются высокой доступностью для пациентов и снижают затраты на оказание медицинской помощи [37]. Показано, что программы реабилитации, реализуемые с использованием телемедицинских технологий, способствуют повышению кардиореспираторной выносливости, увеличению уровня физической активности и уменьшению выраженности усталости после противоопухолевого лечения [38]. Кроме того, установлено, что использование дистанционных подходов приводит к улучшению функциональных показателей и уменьшению боли у онкологических больных, а также к снижению потребности в стационарной реабилитационной помощи [39].

Таким образом, телереабилитация представляет собой эффективный инструмент расширения доступности реабилитационной помощи для онкологических пациентов и позволяет обеспечить длительное наблюдение за их состоянием после завершения противоопухолевого лечения. Дальнейшее повышение эффективности дистанционных реабилитационных программ связано с внедрением более сложных технологических решений, позволяющих автоматизировать выполнение упражнений, обеспечивать точный контроль движений пациентов и адаптировать программы в зависимости от динамики их восстановления. В связи с этим значительный интерес представляет использование роботизированных систем и устройств, интегрированных с алгоритмами ИИ.

### Роботизированные системы

Одним из наиболее технологически развитых направлений современной реабилитационной медицины является использование роботизированных систем, предназначенных для восстановления двигательных функций. Подобные технологии традиционно применяются в неврологической реабилитации, однако в последние годы их использование рассматривается и в отношении пациентов с онкологическими заболеваниями.

После завершения системной противоопухолевой терапии у многих больных наблюдается снижение физической активности, мышечной силы и общей выносливости, а также нарушения координации движений, связанные, в частности, с развитием периферической нейропатии. Поэтому актуально применение технологий, позволяющих эффективно восстанавливать двигательные функции и повышать уровень физической активности. Современные роботизированные реабилитационные системы могут включать экзоскелеты, тренажеры для конечностей и системы компьютерного анализа движений. Использование таких устройств позволяет проводить многократное и строго контролируемое повторение упражнений, что является важным условием восстановления двигательных функций.

В последние годы роботизированные системы все чаще интегрируются с технологиями ИИ. Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа параметров движений, оценки прогресса реабилитации, автоматической адаптации уровня нагрузки и поддержки в процессе выполнения упражнений. Подобные системы позволяют формировать индивидуализированные программы восстановления и обеспечивать более эффективную реабилитацию [40].

### Когнитивная реабилитация

У части пациентов после системной противоопухолевой терапии наблюдаются нарушения памяти, внимания, скорости обработки информации и исполнительных функций. Методы ИИ активно применяются в разработке цифровых программ когнитивной реабилитации.

Компьютерные тренажеры и адаптивные обучающие системы позволяют проводить тренировку памяти, внимания и исполнительных функций у пациентов с когнитивными нарушениями, возникающими после противоопухолевого лечения. Использование алгоритмов машинного обучения дает возможность изменять уровень сложности заданий с учетом индивидуальных особенностей больного и динамики его когнитивного состояния.

Кроме того, применение цифровых платформ делает возможным проведение когнитивной реабилитации в дистанционном формате, обеспечивая регулярность занятий и длительное наблюдение. Это имеет особое значение для онкологических больных, поскольку когнитивные нарушения нередко развиваются постепенно и могут сохраняться на протяжении длительного времени, требуя продолжительной коррекции.

Эффективность цифровых технологий когнитивной реабилитации у онкологических пациентов подтверждена в ряде исследований. В частности, показано, что использование компьютеризированных программ когнитивной тренировки способствует улучшению различных функций, включая рабочую память, внимание, исполнительные функции и скорость обработки информации. При этом в большинстве исследований наблюдались значимые улучшения когнитивных показателей сразу после проведения реабилитационных программ [41].

В последние годы растет интерес к использованию технологий виртуальной реальности (англ. virtual reality, VR) в программах когнитивной реабилитации. VR-системы позволяют моделировать интерактивные среды, в которых больные выполняют когнитивные задачи, приближенные к реальным жизненным ситуациям, что способствует более эффективной тренировке памяти, внимания и исполнительных функций. В сочетании с алгоритмами анализа данных такие системы могут обеспечивать более точную оценку показателей и адаптацию реабилитационных программ в зависимости от индивидуальных особенностей пациента [42].

### Перспективы

Несмотря на активное развитие цифровых технологий в медицине, использование методов ИИ в реабилитации онкологических больных пока остается ограниченным. В последние годы появляется все больше исследований, посвященных применению алгоритмов машинного обучения и анализа большого количества данных для оценки состояния пациентов и оптимизации восстановительных программ после противоопухолевого лечения. Одно из перспективных направлений – интеграция различных источников данных, включая данные носимых сенсорных устройств, электронных медицинских карт и результатов дистанционного мониторинга. Анализ комплексных источников информации с использованием

методов ИИ позволит получить более точную оценку функционального состояния пациентов, а также выявить ранние признаки осложнений.

Другим направлением является разработка персонализированных реабилитационных программ. Применение алгоритмов машинного обучения дает возможность принимать во внимание различные клинические параметры, включая характеристики пациента, особенности проведенного противоопухолевого лечения, наличие сопутствующих заболеваний, а также изменения функциональных показателей в процессе наблюдения. Учет этих факторов способствует индивидуализации реабилитационных мероприятий.

Кроме того, развитие технологий ИИ расширяет возможности дистанционной реабилитации. Использование цифровых платформ позволяет проводить длительное наблюдение за пациентами после завершения лечения и повышать доступность специализированной помощи. В то же время для широкого внедрения подобных технологий необходимы дополнительные клинические исследования, направленные на оценку их эффективности, безопасности и экономической целесообразности.

В целом применение методов ИИ стимулирует совершенствование системы реабилитации онкологических пациентов и разработку более индивидуализированных подходов к восстановлению функционального состояния больных после противоопухолевой терапии.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Современные достижения онкологии привели к значительному увеличению продолжительности жизни пациентов и росту числа лиц, достигающих длительной ремиссии. В этой связи особое значение приобретает проблема восстановления функционального состояния пациентов и улучшения их КЖ после завершения лечения. Несмотря на высокую эффективность передовых методов лечения, системная противоопухолевая терапия может сопровождаться развитием различных долгосрочных нарушений, что обуславливает необходимость комплексного подхода к реабилитации.

Традиционные методы реабилитации включают физическую активность, когнитивную коррекцию и психосоциальную поддержку. В последние годы развитие цифровых медицинских технологий и методов ИИ открывает дополнительные возможности для повышения эффективности восстановительных мероприятий. В частности, использование систем дистанционного мониторинга, телереабилитации, цифровых когнитивных тренажеров и роботизированных устройств позволяет обеспечить более персонализированный подход к восстановлению и повысить доступность реабилитационной помощи.

Таким образом, внедрение технологий ИИ может стать важным этапом развития современной онкологической реабилитации. Дальнейшие исследования в данной области будут способствовать оптимизации существующих реабилитационных программ и формированию новых подходов к восстановлению пациентов после системного противоопухолевого лечения.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
<b>Поступила:</b> 01.03.2026 <b>В доработанном виде:</b> 24.03.2026 <b>Принята к печати:</b> 27.03.2026 <b>Опубликована:</b> 30.03.2026	<b>Received:</b> 01.03.2026 <b>Revision received:</b> 24.03.2026 <b>Accepted:</b> 27.03.2026 <b>Published:</b> 30.03.2026
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interests</b>
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declares no conflict of interests
<b>Финансирование</b>	<b>Funding</b>
Автор заявляет об отсутствии финансовой поддержки	The author declares no funding
<b>Этические аспекты</b>	<b>Ethics declarations</b>
Неприменимо	Not applicable
<b>Комментарий издателя</b>	<b>Publisher's note</b>
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC). IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content
<b>Права и полномочия</b>	<b>Rights and permissions</b>
© 2026 О.В. Ковалева; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )	© 2026 O.V. Kovaleva. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Shuel S.L. Targeted cancer therapies: clinical pearls for primary care. *Can Fam Physician*. 2022; 68 (7): 515–8. <https://doi.org/10.46747/cfr.6807515>.
- Tan S., Li D., Zhu X. Cancer immunotherapy: pros, cons and beyond. *Biomed Pharmacother*. 2020; 124: 109821. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.109821>.
- Basak D., Arrighi S., Darwiche Y., Deb S. Comparison of anticancer drug toxicities: paradigm shift in adverse effect profile. *Life*. 2021; 12 (1): 48. <https://doi.org/10.3390/life12010048>.
- Anand U., Dey A., Chandel A.K.S., et al. Cancer chemotherapy and beyond: current status, drug candidates, associated risks and progress in targeted therapeutics. *Genes Dis*. 2023; 10 (4): 1367–401. <https://doi.org/10.1016/j.gendis.2022.02.007>.
- Tilsed C.M., Fisher S.A., Nowak A.K., et al. Cancer chemotherapy: insights into cellular and tumor microenvironmental mechanisms of action. *Front Oncol*. 2022; 12: 960317. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.960317>.
- Васильева Е.Б., Ростовцев Д.М., Толпейкина К.А. и др. Клинический опыт применения препарата левнатиниб в неoadъювантном режиме при лечении нерезектабельного дифференцированного рака щитовидной железы. *Опухоли головы и шеи*. 2024; 14 (1): 10–5. <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2024-14-1-10-15>.  
Vasilyeva E.B., Rostovtsev D.M., Tolpeikina K.A., et al. Clinical experience in the neoadjuvant treatment of unresectable differentiated thyroid cancer with the lenvatinib. *Opukholi golovy i shei / Head and Neck Tumors*. 2024; 14 (1): 10–5 (in Russ.). <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2024-14-1-10-15>.
- Astolfi L., Ghiselli S., Guaran V., et al. Correlation of adverse effects of cisplatin administration in patients affected by solid tumours: a retrospective evaluation. *Oncol Rep*. 2013; 29 (4): 1285–92. <https://doi.org/10.3892/or.2013.2279>.
- Radeva L., Yoncheva K. Doxorubicin toxicity and recent approaches to alleviating its adverse effects with focus on oxidative stress. *Molecules*. 2025; 30 (15): 3311. <https://doi.org/10.3390/molecules30153311>.
- Lai J.L., Chao T.C., Liu C.Y., et al. A systemic review of taxanes and their side effects in metastatic breast cancer. *Front Oncol*. 2022; 12: 940239. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.940239>.
- Macdonald J.S. Toxicity of 5-fluorouracil. *Oncology*. 1999; 13 (7 Suppl. 3): 33–4.
- Ahles T.A., Saykin A.J. Candidate mechanisms for chemotherapy-induced cognitive changes. *Nat Rev Cancer*. 2007; 7 (3): 192–201. <https://doi.org/10.1038/nrc2073>.
- Montoya S., Soong D., Nguyen N., et al. Targeted therapies in cancer: to be or not to be, selective. *Biomedicines*. 2021; 9 (11): 1591. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9111591>.
- Press M.F., Lenz H.J. EGFR, HER2 and VEGF pathways: validated targets for cancer treatment. *Drugs*. 2007; 67 (14): 2045–75. <https://doi.org/10.2165/00003495-200767140-00006>.
- Hirsh V. Managing treatment-related adverse events associated with EGFR tyrosine kinase inhibitors in advanced non-small-cell lung cancer. *Curr Oncol*. 2011; 18 (3): 126–38. <https://doi.org/10.3747/co.v18i3.877>.
- Schmidinger M. Understanding and managing toxicities of vascular endothelial growth factor (VEGF) inhibitors. *EJC Suppl*. 2013; 11 (2): 172–91. <https://doi.org/10.1016/j.ejcsup.2013.07.016>.
- Dawoud E., Azribi F., Chehal A., et al. Monitoring and management of adverse effects associated with trastuzumab deruxtecan: a UAE-specific consensus. *Front Oncol*. 2025; 14: 1443962. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1443962>.
- Кзыргалин Ш.Р., Ямиданов Р.С., Назмиева К.А., Ганцев Ш.Х. Обзор низкомолекулярных противоопухолевых NF-κB-ингибиторов. *Креативная хирургия и онкология*. 2023; 13 (2): 143–50. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-2-143-150>.  
Kzyrgalin Sh.R., Yamidanov R.S., Nazmieva K.A., Gantsev Sh.Kh. Review of small molecule anticancer NF-κB inhibitors. *Creative Surgery and Oncology*. 2023; 13 (2): 143–50 (in Russ.). <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2023-13-2-143-150>.
- Esfahani K., Roudaia L., Buhlaiga N., et al. A review of cancer immunotherapy: from the past, to the present, to the future. *Curr Oncol*. 2020; 27 (Suppl. 2): S87–97. <https://doi.org/10.3747/co.27.5223>.
- Авдеева Ж.И., Солдатов А.А., Алпатова Н.А. и др. Исследования иммуногенности терапевтических белков: методические аспекты выявления и изучения антител к лекарственному препарату. *Иммунология*. 2024; 45 (1): 91–106. <https://doi.org/10.33029/1816-2134-2024-45-1-91-106>.
- Avdeeva Zh.I., Soldatov A.A., Alpatova N.A. et al. Studies on the immunogenicity of therapeutic proteins: methodological aspects of identifying and studying of the anti-drug antibodies. *Immunologiya*. 2024; 45 (1): 91–106 (in Russ.). <https://doi.org/10.33029/1816-2134-2024-45-1-91-106>.
- Yin Q., Wu L., Han L., et al. Immune-related adverse events of immune checkpoint inhibitors: a review. *Front Immunol*. 2023; 14: 1167975. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1167975>.
- Tremont A., Lu J., Cole J.T. Endocrine therapy for early breast cancer: updated review. *Ochsner J*. 2017; 17 (4): 405–11.

22. Connolly R.M., Carducci M.A., Antonarakis E.S. Use of androgen deprivation therapy in prostate cancer: indications and prevalence. *Asian J Androl.* 2012; 14 (2): 177–86. <https://doi.org/10.1038/aja.2011.103>.
23. Andreu Y., Soto-Rubio A., Ramos-Campos M., et al. Impact of hormone therapy side effects on health-related quality of life, distress, and well-being of breast cancer survivors. *Sci Rep.* 2022; 12 (1): 18673. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22971-x>.
24. Smith S.R., Zheng J.Y., Silver J., et al. Cancer rehabilitation as an essential component of quality care and survivorship from an international perspective. *Disabil Rehabil.* 2020; 42 (1): 8–13. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1514662>.
25. Campbell K.L., Winters-Stone K.M., Wiskemann J., et al. Exercise guidelines for cancer survivors: consensus statement from international multidisciplinary roundtable. *Med Sci Sports Exerc.* 2019; 51 (11): 2375–90. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002116>.
26. Мирошникова А.С., Петриченко А.В., Острейков И.Ф. и др. Опыт достижения положительных результатов реабилитационных мероприятий у ребенка с болезнью фон Гиппеля–Линдау в послеоперационном периоде радикального удаления гемангиобластомы мозжечка: клинический случай. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация.* 2025; 7 (4): 313–22. <https://doi.org/10.36425/rehab694067>.
27. Мировникова А.С., Петриченко А.В., Острейков И.Ф., et al. Achieving positive rehabilitation outcomes in a child with Von Hippel–Lindau disease following complete resection of a cerebellar hemangioblastoma: a case report. *Physical and Rehabilitation Medicine, Medical Rehabilitation.* 2025; 7 (4): 313–22 (in Russ.). <https://doi.org/10.36425/rehab694067>.
28. Арингазина А.М., Олжаев С.Т., Хегай Б.С. Реабилитация в онкологии. *Профилактическая медицина.* 2019; 22 (5): 131–5. <https://doi.org/10.17116/profmed201922051131>.
29. Aringazina A.M., Olzhayev S.T., Khegay B.S. Rehabilitation in oncology. *Russian Journal of Preventive Medicine.* 2019; 22 (5): 131–5 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed201922051131>.
30. Wang L., Ho M.H., Choi E.P.H., et al. Effectiveness of cognitive rehabilitation in improving subjective and objective cognitive functions in cancer patients: a systematic review, pairwise, and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Nurs Stud.* 2026; 174: 105298. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105298>.
31. Weis J. Psychosocial care for cancer patients. *Breast Care.* 2015; 10 (2): 84–6. <https://doi.org/10.1159/000381969>.
32. Basch E., Deal A.M., Dueck A.C., et al. Overall survival results of a trial assessing patient-reported outcomes for symptom monitoring during routine cancer treatment. *JAMA.* 2017; 318 (2): 197–8. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.7156>.
33. Мурашко М.А., Ваньков В.В., Панин А.И. и др. Внедрение технологий искусственного интеллекта в здравоохранении России: итоги 2024 г. *Национальное здравоохранение.* 2025; 6 (3): 6–19. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2025.6.3.6-19>.
34. Murashko M.A., Vankov V.V., Panin A.I., et al. Implementation of artificial intelligence technologies in healthcare in Russia: results of 2024. *National Health Care (Russia).* 2025; 6 (3): 6–19 (in Russ.). <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2025.6.3.6-19>.
35. Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Искусственный интеллект в онкологии: мировой опыт использования и перспективы развития. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2025; 18 (3): 437–47. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302>.
36. Korabelnikov D.I., Lamotkin A.I. Artificial intelligence in oncology: global experience and future prospects. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology.* 2025; 18 (3): 437–47 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302>.
37. Суфельфа А.Р., Петрищева К.Н., Щербина К.К. и др. Искусственный интеллект в комплексной реабилитации инвалидов. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2025; 102 (3): 54–61. <https://doi.org/10.17116/kurort202510203154>.
38. Sufelfa A.R., Petrishcheva K.N., Shcherbina K.K., et al. Artificial intelligence in comprehensive rehabilitation of people with disabilities. (Literature review). *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy.* 2025; 102 (3): 54–61 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort202510203154>.
39. Hao J. Harnessing artificial intelligence for cancer rehabilitation: a call to action. *Support Care Cancer.* 2025; 33 (11): 961. <https://doi.org/10.1007/s00520-025-10047-1>.
40. Piwek L., Ellis D.A., Andrews S., Joinson A. The rise of consumer health wearables: promises and barriers. *PLoS Med.* 2016; 13 (2): e1001953. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001953>.
41. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019; 25 (1): 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>.
42. Goncalves Leite Rocco P., Reategui-Rivera C.M., Finkelstein J. Telemedicine applications for cancer rehabilitation: scoping review. *JMIR Cancer.* 2024; 10: e56969. <https://doi.org/10.2196/56969>.
43. Batalik L., Chamradova K., Winnige P., et al. Effect of exercise-based cancer rehabilitation via telehealth: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2024; 24 (1): 600. <https://doi.org/10.1186/s12885-024-12348-w>.
44. Dennett A., Harding K.E., Reimert J., et al. Telerehabilitation's safety, feasibility, and exercise uptake in cancer survivors: process evaluation. *JMIR Cancer.* 2021; 7 (4): e33130. <https://doi.org/10.2196/33130>.
45. Sumner J., Lim H.W., Chong L.S., et al. Artificial intelligence in physical rehabilitation: a systematic review. *Artif Intell Med.* 2023; 146: 102693. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102693>.
46. Capetti B., Sdinami S., Luisi J., et al. Efficacy of technology-based cognitive rehabilitation tools for cancer-related cognitive impairment in non-CNS cancer patients: a systematic review. *Healthcare.* 2026; 14 (2): 239. <https://doi.org/10.3390/healthcare14020239>.
47. Zeng Y., Zeng L., Cheng A.S.K., et al. The use of immersive virtual reality for cancer-related cognitive impairment assessment and rehabilitation: a clinical feasibility study. *Asia Pac J Oncol Nurs.* 2022; 9 (12): 100079. <https://doi.org/10.1016/j.apjon.2022.100079>.

### Сведения об авторе / About the author

**Ковалева Ольга Владимировна**, д.б.н. / **Olga V. Kovaleva**, Dr. Sci. Biol. – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6132-9924>.  
WoS ResearcherID: T-6984-2017. Scopus Author ID: 36096645200. eLibrary SPIN-code: 9912-4482. E-mail: [ovkovaleva@gmail.com](mailto:ovkovaleva@gmail.com).