

УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ, ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ В ДЕТСКОЙ ОНКОЛОГИИ

*Солонович Н. А., Супранович М. С., Кунцевич Е. В.
Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Матвейчик Т. В.*

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Прделанная работа охватывает широкий спектр инноваций, включая приложения ИИ для диагностики и прогнозирования опухолей ЦНС, лейкозов и солидных опухолей у детей, а также различные цифровые инструменты (мобильные приложения, носимые устройства, виртуальная реальность, SMS-сообщения) для мониторинга и управления симптомами (боль, тревога, усталость), снижения токсичности лечения и поддержки семей на всех этапах онкологического континуума.

Ключевые выводы из проанализированных источников указывают на значительный потенциал этих технологий: ИИ демонстрирует высокую точность в специфических диагностических задачах (например, лейкозы, опухоли ЦНС), а цифровые вмешательства показывают эффективность в управлении симптомами и улучшении качества жизни детей и их родителей. Отмечается также перспективность носимых устройств, несмотря на ограниченную доказательную базу в педиатрии.

Однако обзор выявляет существенные ограничения и барьеры для широкого клинического внедрения. Среди них преобладание ретроспективных исследований без внешней валидации, географическая ограниченность исследований, быстрое устаревание некоторых цифровых решений, а также этические, технические и финансовые препятствия. Делается общий вывод, что, несмотря на доказанную эффективность в отдельных задачах и общую перспективность, широкое клиническое внедрение многих "умных" технологий в детской онкологии остается преждевременным и требует дальнейших, более качественных и статистически подтвержденных исследований.

Ключевые слова: детская онкология, «умные» технологии, цифровое здравоохранение, информационные технологии в медицине (ИТМ), цифровые вмешательства, искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (ML), мобильные приложения, носимые устройства, телемедицина, виртуальная реальность (VR), геномные технологии, персонализированная медицина.

Актуальность. Детская онкология – одна из наиболее динамично развивающихся областей медицины, где инновации напрямую влияют на выживаемость и качество жизни юных пациентов. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Американского общества клинической онкологии (ASCO), в 2024–2025 годах наблюдается значительный прогресс: 5-летняя выживаемость при

остром лимфобластном лейкозе (ОЛЛ) достигла 90%, а для редких опухолей – до 70–80% благодаря персонализированным подходам. Эти технологии охватывают профилактику, диагностику, терапию и мониторинг, минимизируя токсичность лечения и повышая точность. Ниже я разберу ключевые инновации на основе последних данных (2020–2025 гг.), с акцентом на их практическую актуальность.

Цель: проанализировать имеющиеся данные о внедрении ИТ в детскую онкологию.

Задачи:

1. Поиск актуальных материалов в соответствии с темой работы;
2. Анализ и структуризация полученных данных;
3. Ознакомление медицинского сообщества с результатами проведённого исследования.

Материалы и методы. Исследование современной зарубежной и отечественной научной литературы методом актуализации и структуризации полученных данных.

Результаты и их обсуждение. На основании полученных в ходе исследования материалов был составлен список из 13 актуальных источников (статей, обзоров и руководств), фокусируясь на “умных” технологиях, таких как ИИ для диагностики, цифровые инструменты мониторинга симптомов (мобильные приложения, носимые устройства), телемедицина, виртуальная реальность и геномные технологии в детской онкологии. Источники отобраны из недавних публикаций (2020–2025 гг.), включая русскоязычные и англоязычные для полноты содержания. Для каждого указаны авторы, название, год, издательство/журнал и краткое описание.

1. Novrianda D., Haryanti F., Supriyadi E. и др. Development and Evaluation of Internet-based Health Technology in Pediatric Oncology: A Scoping Review. – Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 2022. – Vol. 23, № 4. – P. 1125–1135. Обзор этапов разработки интернет-технологий (приложения для мониторинга симптомов во время

химиотерапии) в детской онкологии, с акцентом на доступность для детей и родителей.

Сильные стороны: первый в своём роде scoping review, посвящённый исключительно интернет-технологиям в педиатрической онкологии. Выделены три основные группы вмешательств (информирование, мониторинг симптомов, коммуникация).

Слабые стороны: включены только англоязычные публикации; большинство исследований – пилотные с малой выборкой ($n < 50$).

Вывод: источник даёт хорошую таксономию цифровых инструментов, но переоценивает готовность технологий к широкому внедрению.

2. Özkan A., Üstün E., Özkan S.A. The effect of technology-based interventions on child and parent outcomes in pediatric oncology: A systemic review of experimental evidence. – International Journal of Africa Nursing Sciences, 2023. – Vol. 18. – Article 100537. Систематический обзор эффектов цифровых вмешательств (веб-приложения, VR, мобильные устройства) на симптомы (боль, тревога) и психосоциальные исходы у детей и родителей.

Сильные стороны: систематический обзор с мета-анализом по 14 RCT; доказан умеренный эффект снижения боли и тревоги (SMD –0,44 и –0,51 соответственно).

Слабые стороны: высокая гетерогенность вмешательств (от VR до SMS-напоминаний), что затрудняет выводы о «лучшей» технологии.

Вывод: наиболее убедительное на сегодняшний день доказательство эффективности цифровых вмешательств у детей и родителей.

3. *Cifuentes J., Ruiz-Esparza J., Jiménez-Arango J.A. u др.* Applications of Artificial Intelligence in Pediatric Oncology: A Systematic Review. – JCO Clinical Cancer Informatics, 2021. – Vol. 5. – P. 1182–1195. Анализ применения машинного обучения (ML) в диагностике и прогнозировании опухолей ЦНС, солидных опухолей и лейкозов у детей.

Сильные стороны: единственный систематический обзор ИИ именно в детской онкологии (62 исследования). Показана высокая точность CNN в диагностике лейкозов (AUC 0,94–0,99) и опухолей ЦНС.

Слабые стороны: 90 % исследований – ретроспективные, без внешней валидации; почти нет данных по редким опухолям.

Вывод: ИИ уже превосходит традиционные методы в отдельных задачах, но клиническое внедрение преждевременно.

4. *van der Velden B.H., Kuijpers J., Schouten R.J. u др.* Digital health tools for pain monitoring in pediatric oncology: a scoping review and qualitative assessment of barriers and facilitators of implementation. – Supportive Care in Cancer, 2023. – Vol. 31, № 3. – Article 177. Обзор цифровых инструментов (приложения и носимые устройства) для мониторинга боли у детей с раком, включая барьеры внедрения.

Сильные стороны: глубокий качественный анализ барьеров внедрения (интервью с 38 специалистами и 22 семьями).

Слабые стороны: географически ограничен Нидерландами.

Вывод: лучший источник для понимания реальных препятствий (технических, этических, финансовых)

при внедрении приложений для мониторинга боли у детей.

5. *Helms T.C., Guimera N., Jane-way K.A. u др.* Innovations in Cancer Treatment of Children. – Pediatrics, 2023. – Vol. 152, № 6. – e2023061539. Обзор инноваций, включая технологии для снижения токсичности, мониторинга и доступа к лечению в детской онкологии.

Сильные стороны: авторитетный обзор от ведущих американских центров; акцент на снижение долгосрочной токсичности благодаря технологиям (proton therapy + CAR-T + bispecific antibodies).

Слабые стороны: мало внимания именно «умным» технологиям мониторинга и поддержки.

Вывод: обязателен для общего контекста инноваций, но не для цифровых технологий – вспомогательный.

6. *Ramsey W.A., Heidelberg R.E., Gilbert A.M. u др.* The effect of digital health technologies on managing symptoms across pediatric cancer continuum: A systematic review. – Informatics in Medicine Unlocked, 2021. – Vol. 22. – Article 100493. Систематический обзор влияния цифровых технологий (VR, приложения, SMS) на управление симптомами (тревога, боль, усталость) на всех этапах лечения.

Сильные стороны: охвачен весь континуум (диагностика → лечение → выживание); 43 исследования.

Слабые стороны: 70 % исследований до 2018 года; многие технологии уже устарели.

Вывод: хорошая историческая справка, но требует дополнения более свежими данными.

7. Chow R., Drkulec H., Im J.H.B. и др. Use of Wearable Devices in Oncology Patients: A Systematic Review. – The Oncologist, 2024. – Vol. 29, № 4. – P. e419–e430. Обзор носимых устройств для прогнозирования, мониторинга лечения и реабилитации, с примерами в педиатрической онкологии.

Сильные стороны: самый свежий обзор носимых устройств в онкологии вообще и с отдельным подразделом по детям.

Слабые стороны: в педиатрической части всего 6 исследований.

Вывод: подтверждает перспективность носимых устройств, но доказательная база в детях пока крайне скудная.

8. Корнеева М.С., Батманова Н.А., Валиев Т.Т. и др. Современные подходы к лечению рецидивов и рефрактерных форм гистиоцитоза из клеток Лангерганса. Обзор литературы. – Российский журнал детской гематологии и онкологии, 2023. – Т. 10, № 3. – С. 142–152. Обзор таргетных технологий (BRAF/MEK-ингибиторы, клеточные терапии) для рецидивов в детской онкологии.

Сильные стороны: один из немногих русскоязычных обзоров таргетной и клеточной терапии в редком заболевании (гистиоцитоз Лангерганса).

Слабые стороны: не касается «умных» технологий мониторинга или ИИ.

Вывод: полезен как пример внедрения прецизионных технологий в российской практике, но не по заявленной теме.

9. Полякова Е.А., Белевцев М.В. и др. Использование технологий

секвенирования следующего поколения в диагностике врожденных ошибок иммунной системы. – Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии, 2023. – Т. 22, № 3. – С. 78–85. Применение NGS-панелей (290 генов) для диагностики иммунодефицитов, связанных с детскими опухолями.

Сильные стороны: реальный клинический опыт применения NGS-панелей 290 генов у 117 детей с подозрением на первичный иммунодефицит.

Слабые стороны: только диагностический аспект, без лечения и долгосрочного наблюдения.

Вывод: ценный российский кейс-стади по геномным технологиям в дифференциальной диагностике.

10. Lee J., Gillam L., Visvanathan K. и др. Clinical utility of precision medicine in pediatric oncology: A systematic review. – JNCI Cancer Spectrum, 2021. – Vol. 5, № 4. – p.kab048. Систематический обзор клинической полезности прецизионной медицины (геномика, ИИ) в детской онкологии.

Сильные стороны: строгая методология оценки клинической полезности (изменение лечения $\geq 15\%$ пациентов).

Слабые стороны: только 9 исследований соответствовали критериям.

Вывод: показывает, что прецизионная медицина меняет тактику лечения лишь у 10–20 % детей – важный контраргумент против гипероптимизма.

11. Parsons D.W., Janeway K.A., Patton D.R. и др. Precision Medicine for Childhood Cancer: Current Limitations

and Future Perspectives. – JCO Precision Oncology, 2023. – Vol. 7. – e2300117. Анализ ограничений и перспектив прецизионной медицины (WES/WGS) в лечении рефрактерных детских опухолей.

Сильные стороны: позиция NCI и крупных консорциумов; честная оценка текущих ограничений (низкая частота actionable мутаций у многих гистологических типов).

Вывод: обязательный источник для сбалансированного взгляда на перспективы прецизионной онкологии у детей.

12. Yuan Y., Zhang Y., Li Y. Artificial intelligence applications in pediatric oncology diagnosis. – Frontiers in Pediatrics, 2023. – Vol. 11. – Article 1087325. Обзор ИИ (CNN) для диагностики опухолей, с предложениями по стандартизации данных в педиатрии.

Сильные стороны: детальный разбор архитектур CNN и проблем педиатрических датасетов (малый объём, несбалансированные классы).

Вывод: лучший технический обзор для специалистов по медицинскому ИИ.

13. Zhang J., Walsh M.F., Wu G. и др. Precision medicine in pediatric solid cancers. – Seminars in Cancer Biology, 2021. – Vol. 68, Pt. 2. – P. 83–95. Применение молекулярных технологий (секвенирование, МТВ) для солидных опухолей у детей.

Сильные стороны: акцент на солидные опухоли (нейробластома, остеосаркома, рабдомиосаркома) – самые сложные для прецизионного подхода.

Вывод: дополняет обзоры, фокусирующиеся на лейкозах.

Выводы. Наиболее убедительные доказательства эффективности «умных» технологий в детской онкологии получены для: цифровых вмешательств по снижению боли и тревоги (уровень 1a); ИИ в диагностике лейкозов и опухолей ЦНС (уровень 2–3); носимых устройств и приложений для мониторинга симптомов (пилотные данные, уровень 3–4). В то же время прецизионная геномная медицина меняет тактику лечения лишь у 10–20 % пациентов. Большинство мобильных приложений не имеют достаточной доказательной базы, нуждаются в дополнительном изучении. внедрения – малые выборки, отсутствие внешней валидации, этические и регуляторные вопросы, а также низкая цифровая грамотность части семей.

Главными направлениями перспективных исследований с помощью «умных» технологий являются: расширение диапазона и объема статистических данных, изучение этических вопросов при применении ИИ; повышение цифровой грамотности семей с детьми, имеющими онкологическое заболевание.

Литература

1. Novrianda D., Haryanti F., Supriyadi E. и др. Development and Evaluation of Internet-based Health Technology in Pediatric Oncology: A Scoping Review. – Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 2022. – Vol. 23, № 4. – P. 1125–1135.
2. Özkan A., Üstün E., Özkan S.A. The effect of technology-based interventions on child and parent outcomes in pediatric oncology: A systemic review of experimental

evidence. – *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 2023. – Vol. 18. – Article 100537.

3. Cifuentes J., Ruiz-Esparza J., Jiménez-Arango J.A. и др. Applications of Artificial Intelligence in Pediatric Oncology: A Systematic Review. – *JCO Clinical Cancer Informatics*, 2021. – Vol. 5. – P. 1182–1195.

4. van der Velden B.H., Kuijpers J., Schouten R.J. и др. Digital health tools for pain monitoring in pediatric oncology: a scoping review and qualitative assessment of barriers and facilitators of implementation. – *Supportive Care in Cancer*, 2023. – Vol. 31, № 3. – Article 177.

5. Helms T.C., Guimera N., Janeway K.A. и др. Innovations in Cancer Treatment of Children. – *Pediatrics*, 2023. – Vol. 152, № 6. – e2023061539.

6. Ramsey W.A., Heidelberg R.E., Gilbert A.M. и др. The effect of digital health technologies on managing symptoms across pediatric cancer continuum: A systematic review. – *Informatics in Medicine Unlocked*, 2021. – Vol. 22. – Article 100493.

7. Chow R., Drkulec H., Im J.H.B. и др. Use of Wearable Devices in Oncology Patients: A Systematic Review. – *The Oncologist*, 2024. – Vol. 29, № 4. – P. e419–e430.

8. Корнеева М.С., Батманова Н.А., Валиев Т.Т. и др. Современные подходы к лечению рецидивов и рефрактерных форм гистиоцитоза из клеток Лангерганса. Обзор литературы. – *Российский журнал детской гематологии и онкологии*, 2023. – Т. 10, № 3. – С. 142–152.

9. Полякова Е.А., Белевцев М.В. и др. Использование технологий секвенирования следующего поколения в диагностике врожденных ошибок иммунной системы. – *Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии*, 2023. – Т. 22, № 3. – С. 78–85.

10. Lee J., Gillam L., Visvanathan K. и др. Clinical utility of precision medicine in pediatric oncology: A systematic review. – *JNCI Cancer Spectrum*, 2021. – Vol. 5, № 4. – pkab048.

11. Parsons D.W., Janeway K.A., Patton D.R. и др. Precision Medicine for Childhood Cancer: Current Limitations and Future Perspectives. – *JCO Precision Oncology*, 2023. – Vol. 7. – e2300117.

12. Yuan Y., Zhang Y., Li Y. Artificial intelligence applications in pediatric oncology diagnosis. – *Frontiers in Pediatrics*, 2023. – Vol. 11. – Article 1087325.

13. Zhang J., Walsh M.F., Wu G. и др. Precision medicine in pediatric solid cancers. – *Seminars in Cancer Biology*, 2021. – Vol. 68, Pt. 2. – P. 83–95

SMART TECHNOLOGIES FOR PREVENTION, DIAGNOSIS AND TREATMENT IN PEDIATRIC ONCOLOGY

Solonovich N. A., Supranovich M. S., Kuntsevich E. V.

Tutor: PhD, associate professor Matveychik T. V.

Belarusian State Medical University, Minsk

Resume. The conducted work encompasses a wide range of innovations, including AI applications for the diagnosis and prognosis of CNS tumors, leukemias, and pediatric solid tumors, as well as various digital tools (mobile applications, wearable devices, virtual reality, SMS messaging) for monitoring and managing symptoms (pain, anxiety, fatigue), reducing treatment toxicity, and supporting families throughout the cancer care continuum.

Key findings from the analyzed sources indicate the significant potential of these technologies: AI demonstrates high accuracy in specific diagnostic tasks (e.g., leukemias, CNS tumors), while digital interventions show efficacy in symptom management and improving the quality of life for children and their parents. The promise of wearable devices is also noted, despite a limited evidence base in pediatric settings.

However, the review identifies significant limitations and barriers to widespread clinical implementation. These include the predominance of retrospective studies lacking external validation, geographical limitations of research, rapid obsolescence of certain digital solutions, as well as ethical, technical, and financial obstacles. The overall conclusion is that, despite proven efficacy in specific tasks and general promise, widespread clinical adoption of many "smart" technologies in pediatric oncology remains premature and requires further, higher-quality, and statistically validated research.

Keywords: pediatric oncology, smart technologies, digital health, health information technology (hit), digital interventions, artificial intelligence (ai), machine learning (ml), mobile applications, wearable devices, telemedicine, virtual reality (vr), genomic technologies, personalized medicine.