

Оригинальная статья / Original article

УДК 332.012
<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-12-1535-1546>

Мультиомиксные данные в управлении региональным здравоохранением: методический проект и экономическая оценка

Ксения Павловна Соловьева¹, Константин Анатольевич Скворчевский²,
Павел Михайлович Готовцев^{3✉}

^{1, 3} Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича РАН, Москва, Россия

² Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет),
Долгопрудный, Московская область, Россия

¹ ks@iitp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9252-3604>

² niirpo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8878-8554>

³ gotovtsev.pm@iitp.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2172-5839>

Аннотация

Цель. Представить методический проект внедрения мультиомиксных технологий в практику управления региональной системы здравоохранения, от постановки управлеченческой задачи и подготовки данных до оценки экономической эффективности.

Задачи. Охарактеризовать входные данные, то есть процесс их обработки и интеграции; сформулировать правила контроля качества и устойчивости результатов; показать экономическую модель с расчетом инкрементального соотношения «затраты — эффективность» (ICER) и анализом неопределенности; обсудить особенности переноса решения в российские условия.

Методология. Авторами использованы принципы интеграции разнородных данных (ранняя, поздняя и смешанная интеграция), факторные и сетевые методы для объединения омиксных слоев, а также стандартные процедуры экономической оценки медицинских технологий с однофакторным и вероятностным анализом чувствительности.

Результаты. Разработан шаблон постановки управлеченческих задач с привязкой к источникам данных на уровне субъекта Российской Федерации, показана его применимость для разных сценариев (онкология, сердечно-сосудистые и редкие заболевания). Исследован сквозной процесс, от паспортизации наборов данных и интеграции административных, клинических и омиксных слоев до построения показателей клинической пользы (доля ранних стадий, летальность, повторные госпитализации) и экономической оценки. Представлена модель расчета ICER с однофакторным и вероятностным анализом чувствительности, а также кривая приемлемости «затраты — эффективность». Введена шкала диагностической зрелости (0–5), позволяющая оценивать готовность решений к внедрению в практику.

Выводы. Переход к управлеченческим решениям на основе мультиомиксных данных возможен при наличии стандартизованных и паспортизованных наборов, прозрачных регламентов обработки и системы контроля качества. Экономическая целесообразность подтверждается ICER-расчетами с учетом неопределенности параметров, стоимости тестов и региональной специфики. Эффективность внедрения требует поэтапного перехода от pilotных проектов к рутинной практике, а также учета этических и социальных рисков, включая недискриминационность алгоритмов. Мультиомика рассмотрена как перспективный инструмент повышения результативности здравоохранения и рационального распределения ресурсов на региональном уровне.

Ключевые слова: мультиомика, региональное здравоохранение, электронные медицинские карты, ОМС, клинико-статистические группы, экономическая оценка, ICER, анализ чувствительности

Для цитирования: Соловьева К. П., Скворчевский К. А., Готовцев П. М. Мультиомиксные данные в управлении региональным здравоохранением: методический проект и экономическая оценка // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 12. С. 1535–1546. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-12-1535-1546>

© Соловьева К. П., Скворчевский К. А., Готовцев П. М., 2025

Multi-omics data in regional healthcare management: A methodological project and economic assessment

Kseniya P. Solovyeva¹, Konstantin A. Skvorchevsky², Pavel M. Gotovtsev^{3✉}

^{1, 3} Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences (Kharkevich Institute),
Moscow, Russia

² Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

¹ ks@iitp.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9252-3604>

² niirpo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8878-8554>

³ gotovtsev.pm@iitp.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-2172-5839>

Abstract

Aim. The work aimed to present a methodological project for the implementation of multi-omics technologies in regional healthcare management practices, from setting management objectives and data preparation to assessing economic efficiency.

Objectives. The work seeks to characterize the input data, i.e., the process of their processing and integration; to formulate rules for quality control and the sustainability of results; to demonstrate an economic model with an incremental cost-effectiveness ratio (ICER) calculation and uncertainty analysis; to discuss the specifics of transferring the solution to Russian conditions.

Methods. The authors used principles of integrating heterogeneous data (early, late, and mixed integration), factor and network methods for combining omics layers, and standard procedures for economic evaluation of medical technologies with single-factor and probabilistic sensitivity analysis.

Results. A template for setting management objectives linked to data sources at the level of a constituent entity of the Russian Federation was developed, and its applicability for various scenarios (oncology, cardiovascular, and rare diseases) was demonstrated. The end-to-end process was examined, from the certification of data sets and the integration of administrative, clinical, and omics layers to the construction of clinical benefit indicators (proportion of early stages, mortality, rehospitalizations) and economic evaluation. The work presents a model for calculating the ICER with single-factor and probabilistic sensitivity analysis, as well as a cost-effectiveness acceptability curve. A diagnostic maturity scale (0–5) has been introduced to assess the readiness of solutions for implementation in practice.

Conclusions. The transition to management decisions based on multi-omics data is possible with the availability of standardized and certified kits, transparent processing regulations, and a quality control system. Economic feasibility is confirmed by ICER calculations, taking into account parameter uncertainty, test costs, and regional specifics. Effective implementation requires a gradual transition from pilot projects to routine practice, as well as consideration of ethical and social risks, including the non-discriminatory nature of algorithms. Multi-omics is considered a promising tool for improving healthcare outcomes and rational allocation of resources at the regional level.

Keywords: multi-omics, regional healthcare, electronic medical records, compulsory medical insurance, clinical statistical groups, economic evaluation, ICER, sensitivity analysis

For citation: Solovyeva K.P., Skvorchevsky K.A., Gotovtsev P.M. Multi-omics data in regional healthcare management: A methodological project and economic assessment. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(12):1535–1546. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-12-1535-1546>

Введение

За последнее десятилетие международные проекты по массовому генетическому тестированию и мультиомиксной интеграции показали, что внедрение новых методов диагностики и стратификации риска станет возможным на уровне систем здравоохранения в целом. Пилотные проекты и национальные

программы, основанные на полногеномном секвенировании, продемонстрировали диагностическую пользу при редких заболеваниях и онкологии, а также сформировали операционные стандарты, от логистики биоматериала до биоинформационической обработки и возврата [1] клинически значимых результатов¹. Одновременно в отечественной научной повестке получает все большее при-

¹ NHS Genomic Medicine Service // nhs.uk. URL: <https://www.england.nhs.uk/genomics/> (дата обращения: 14.08.2025).

знание направление цифрового управления, включающее в себя использование больших данных и алгоритмов искусственного интеллекта для обоснования управленческих решений и мониторинга регионального развития. Эти вопросы регулярно становятся предметом обсуждения в рецензируемых публикациях о цифровой зрелости органов управления территориями и применении технологий искусственного интеллекта в государственном управлении, что задает институциональную «рамку» для переноса мультиомики в управленческие контуры российского здравоохранения [2; 3].

Предлагаемый проект разработан в процессе синтеза методик мультиомиксной интеграции и экономической оценки технологий здравоохранения [4; 5], а также анализа российского массива управленческих и клинических данных. Теоретическая часть основана на обзорных и методических источниках по совмещению геномики, транскриптомики, протеомики и метаболомики с математическими методами выявления скрытых факторов и сетевых связей; практическая — опирается на опыт внедрения цифровых управленческих решений и публикаций [6] о моделировании социально-экономических показателей и цифровом управлении¹. В отечественной литературе речь идет о том, что междисциплинарная интеграция омиксных подходов и алгоритмов анализа данных расширяет возможности персонализированной медицины, но одновременно усиливает требования к этике и справедливости алгоритмов. Эти выводы учтены в контексте темы настоящей статьи.

Теоретические аспекты исследования

В современном научном терминологическом аппарате под понятием «омиксные технологии» подразумеваются мультидисциплинарные методы, базирующиеся на достижениях ряда наук, таких как геномика (исследование структуры и функции генов), транскриптомика (анализ экспрессии РНК), протеомика (изучение белкового состава клетки и посттрансляционных изменений), метаболомика (характеристика метаболических путей и их продуктов), а также эпигеномика и радиомика. Эти дисциплины в совокупности позволяют проводить интегративное

картирование клеточных и молекулярных процессов, создавая обоснование для новых парадигм в диагностике, прогнозировании и терапии.

По мнению российских специалистов, в данной области исследований внедрение омиксных технологий в клиническую и рутинную практику служит основой для совершенствования персонализированной медицинской помощи. Благодаря геномике, протеомике, метаболомике и фармакогеномике, формирующих омиксные технологии, становятся возможными диагностика онкологических заболеваний на ранних этапах развития, индивидуальный и более совершенный, подходящий подбор лекарственных средств, с минимальным количеством нежелательных последствий. Применение таких технологий позволит разработать и внедрить новые, более эффективные и целесообразные методы диагностики и лечения социально значимых заболеваний. Среди них одно из ведущих мест занимают онкологические заболевания.

Вместе с тем вызывают тревогу и требуют всестороннего научного осмысливания различные социальные аспекты применения омиксных технологий, их активное внедрение в сложные социально-биологические системы. Анализ актуальной научной литературы и позиции научного сообщества позволяет выделить четыре главных компонента этой системной проблемы:

— во-первых, внедрение омиксных технологий в практику персонализированной медицины обещает настоящую революцию в здравоохранении, но и влечет за собой сложные, порой противоречивые социальные последствия. С одной стороны, они позволяют перейти от обобщенных протоколов лечения к точным индивидуализированным схемам, основанным на генетическом и молекулярном профиле пациента. Это может значительно повысить качество жизни, ее продолжительность и снизить затраты на неэффективное лечение. С другой — такая дифференциация доступа к высокотехнологичной помощи порождает риск углубления социального неравенства. Люди, не имеющие возможности оплачивать сложные генетические тесты или не включенные в государственные программы, рискуют остаться вне сферы «медицины будущего»,

¹ Ethics and governance of artificial intelligence for health // World Health Organization guidance. June 28. 2021. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f780d926-4ae3-42ce-a6d6-e898a5562621/content> (дата обращения: 14.08.2025).

что усиливает разделение на «генетически обеспеченных» и «генетически уязвимых»; – во-вторых, глубокая индивидуализация медицинских вмешательств посредством омиксных технологий изменяет представление о здоровье, болезни и норме, оказывая воздействие не только на физическое, но и на психологическое, социальное состояние личности. Человек становится объектом молекулярного анализа и потенциальным носителем риска тех или иных заболеваний задолго до появления клинических симптомов. Это знание, хотя и может быть использовано во благо, одновременно формирует тревожность, чувство обреченности или социальной стигматизации. Например, получение информации о высокой вероятности онкологических заболеваний или нейродегенерации может негативно отразиться на самооценке, карьерных перспективах или планировании семьи, особенно если государство и общество не обеспечивают должной психологической и правовой поддержки таким индивидам;

– в-третьих, на уровне социальных институтов персонализированная медицина, базирующаяся на омиксных технологиях, требует переосмыслиния многих ключевых понятий, таких как стандарты медицинской помощи, критерии страхования, образовательные стратегии для медицинского персонала и принципы организации клинической практики. Система здравоохранения сталкивается с необходимостью адаптироваться к быстрорастущему объему данных, развивать биоинформационные платформы, готовить специалистов нового профиля, в частности врачей, способных интерпретировать многослойные молекулярные данные и принимать на их основе клинические решения. Это создает дополнительную нагрузку на бюджет, порождает институциональные конфликты и требует значительных преобразований, к которым не все общества готовы в финансовом, технологическом и культурном аспектах;

– в-четвертых, важно учитывать, что широкое использование омиксных данных влияет на более широкий социальный контекст, в том числе трудовые отношения, страхование и право на неприкосновенность частной жизни. Персонализированные данные о предрасположенности к заболеваниям могут быть использованы не только во благо пациента, но и против него. Работодатели, страховые компании, органы опеки или су-

дебные инстанции могут потребовать раскрытия генетической информации, создавая риски дискrimинации и исключения.

Перечисленные аспекты подводят нас к необходимости комплексного рассмотрения этических и правовых последствий внедрения омиксных технологий в персонализированную медицину, что связано и с использованием искусственного интеллекта в государственном управлении как таковом.

Материалы и источники данных

Входные данные сгруппированы в четыре блока. Во-первых, административные данные системы обязательного медицинского страхования (ОМС): сведения о случаях лечения, оплате, расходах и тарифах. Для стационарной помощи они структурируются через клинико-статистические группы (КСГ), то есть отечественный аналог международной системы групп по диагностически-родственным случаям (Diagnosis Related Groups, DRG). Эти данные позволяют связать клинические маршруты с затратами. Во-вторых, электронные медицинские карты (ЭМК) и лабораторные информационные системы (ЛИС), содержащие диагнозы, результаты лабораторных исследований, процедуры и временные метки. В-третьих, регистры заболеваний (онкологические, кардиологические, редкие заболевания) и данные о смертности. В-четвертых, омиксные слои, от таргетных панелей до полногеномного секвенирования (whole-genome sequencing, WGS), а также протеомика и метаболомика, если они доступны в биобанке региона.

Для каждого источника данных формируется паспорт с описанием происхождения, охвата, структуры кодов, процедур обезличивания и допустимых целей использования. Отдельно документируется «паспорт модели» для ключевых аналитических модулей: назначение, границы применимости, метрики качества, стабильность во времени и риски смещений. В совокупности эта документация обеспечивает прозрачность и юридическую корректность сквозного процесса обработки данных, от первичного сбора до принятия управленческого решения. В содержательном отношении изложенный подход согласуется с современными публикациями о внедрении цифровых технологий в управлении территориями и государственных процессах.

Методический подход: от задачи к решению

Сквозной процесс состоит из последовательно связанных этапов. Сначала формулируют управленческий вопрос на уровне субъекта Российской Федерации (РФ). Например, требуется повысить долю выявления ранних стадий при злокачественных новообразованиях или сократить «диагностическую одиссею» у пациентов с подозрением на редкое заболевание. Далее определяют состав входных данных и правила их объединения. Затем проводят интеграцию омиксных слоев с клинико-административной информацией, строят показатели клинико-эпидемиологического эффекта. Завершает процесс экономическая оценка с расчетом *ICER* и анализом неопределенности. Такой подход согласуется с логикой определения цифровой зрелости управления и практиками использования алгоритмов анализа данных для поддержки принятия решений.

1. Интеграция данных. Используют три класса решений. При ранней интеграции объединяют исходные матрицы признаков разных слоев, при поздней — агрегируют результаты раздельного анализа (например, по каждому слою строят факторы или сети, затем их объединяют). При смешанных схемах применяется иерархическое объединение, позволяющее учитывать общие и специфические вариации. В качестве иллюстраций применимы методы слияния сетей сходства (Similarity Network Fusion, SNF) [7], многофакторного анализа мультиомики (Multi-Omics Factor Analysis, MOFA/MOFA+) [8; 9], а также подходы для одноклеточных данных, комбинирующие транскриптомику и белковые маркеры [10; 11].

2. Показатели клинической пользы. Для задач раннего выявления и диагностики используют долю ранних стадий (или сокращение времени до диагноза), диагностическую долю по целевой нозологии, одногодичную летальность и другие показатели, сопоставимые со «стандартом» и «программой с мультиомикой». Для задач персонализации терапии акцент делают на снижении повторных госпитализаций,

смертности и неблагоприятных исходов, а также на соотношении эффективности и переносимости лечения.

3. Экономическая оценка. Инкрементальное соотношение «затраты — эффективность» рассчитывают как $ICER = (C1 - C0) / (Q1 - Q0)$, где $C1, Q1$ — средние затраты и эффект (например, годы качественной жизни, *QALY*) при программе с мультиомикой; $C0, Q0$ — при стандартной практике¹. Интерпретацию *ICER* проводят относительно порога готовности оплачивать лечение. Для учета неопределенности используют однофакторный анализ чувствительности и вероятностный анализ чувствительности (Probabilistic Sensitivity Analysis, PSA), по результатам которого будет построена кривая приемлемости «затраты — эффективность» (Cost-effectiveness Acceptability Curve, CEAC) [12; 13].

Результаты проектного решения

1. Управленческие задачи и входные данные (уровень субъекта РФ). Таблица 1 служит шаблоном для постановки задач. Она связывает управленческую цель, измеримые метрики, владельцев и источники данных в регионе, аналитический модуль и ожидаемый тип решения. Чтобы использовать шаблон, в первую очередь выбирают приоритетное направление (например, раннее выявление колоректального рака), затем отмечают доступные источники (ОМС/КСГ, ЭМК, ЛИС, регистр, биобанк), проверяют их по чек-листву качества данных, как следует из таблицы 2, применяют соответствующий модуль интеграции и экономической оценки [12; 13].

2. Чек-лист качества данных и паспорт набора данных. Чек-лист необходим для предварительной оценки пригодности набора данных к анализу. Каждый вопрос оценивают по шкале «нет/частично/да» с последующим суммированием и комментариями о требуемых действиях. По итогам составляют паспорт набора данных, с описанием происхождения, охвата, версий справочников, процедур обезличивания и ответственности².

¹ Health technology evaluations: the manual (PMG36): Report of the National Institute for Health and Care Excellence (NICE) // NICE. January 31. 2022. URL: <https://www.nice.org.uk/process/pmg36/resources/nice-health-technology-evaluations-the-manual-pdf-72286779244741> (дата обращения: 09.08.2025).

² Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации: федер. закон от 29 ноября 2010 г. № 326-ФЗ // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107289/ (дата обращения: 04.08.2025).

Таблица 1

Постановка управленческих задач и состав входных данных (пример для субъекта РФ)

Table 1. Formation of management objectives and composition of input data
(example for a constituent entity of the Russian Federation)

Управленческая цель	Метрики контроля	Источники и владельцы данных	Аналитический модуль	Ожидаемое управленческое решение
Раннее выявление опухолей желудочно-кишечного тракта	Охват скринингом; доля I-II стадий; одногодичная летальность; средние расходы по КСГ	Территориальный фонд ОМС (КСГ), онкорегистр, ЭМК, ЛИС (биомаркеры), биобанк	Оценка «раннего сдвига»; интеграция слоев; ICER с однофакторным и вероятностным анализом чувствительности	Корректировка клинических маршрутов и тарифа; запуск панелей/мультиомики; целевые показатели для ЛПУ
Персонализация терапии при сердечно-сосудистых заболеваниях (CC3)	Повторные госпитализации; смертность; затраты; нежелательные явления	ЭМК, регистр ССЗ, КСГ, ЛИС; биобанк (фармакогеномика)	Стратификация риска; оценка клинической пользы персонализации; ICER	Обновление региональных рекомендаций; приоритизация закупок и обучения
Редкие заболевания (диагностический поиск)	Подтвержденные диагнозы; время до диагноза; затраты «одиссеи»	ЭМК, реестр редких заболеваний, ОМС/КСГ, биобанк, WGS	Диагностическая польза WGS; ICER vs «стандарт»; PSA и CEAC	Критерии направления на WGS; объем финансирования и схема маршрутизации

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Чек-лист качества данных (фрагмент)

Table 2. Data quality checklist (excerpt)

Блок	Контрольный вопрос	Оценка	Комментарий/действия
Право и этика	Оформлены правовые основания и согласия, соблюдены требования к обезличиванию	0/1/2	Указать нормы, регламенты, процедуры отвязки
Покрытие	Доля охвата населения и маршрутов; репрезентативность по полу, возрасту, районам	0/1/2	Описать провалы покрытия и план их закрытия
Полнота	Доля пропусков в ключевых полях (даты, диагнозы, КСГ, результаты)	0/1/2	Указать поля с наибольшими пропусками
Согласованность	Унификация кодов и справочников между ЛПУ/ЛИС/ЭМК/ОМС	0/1/2	Прописать правила гармонизации
Прослеживаемость	Возможен однозначный линк ЭМК ↔ ОМС/КСГ ↔ ЛИС ↔ биобанк	0/1/2	Описать идентификаторы и частоту обновления
Качество «омики»	Контроль качества, глубина и покрытие секвенирования/панелей	0/1/2	Привести минимально допустимые пороги
Недискриминационность	Проверены смещения по социально-демографическим группам	0/1/2	Указать тесты и результаты проверки
Документация	Оформлен паспорт набора данных и паспорт модели	0/1	Указать хранителя и версионность

Источник: составлено авторами.

3. Масштаб внедрения: шкала диагностической зрелости (0–5). Практическую готовность решения измеряют по шкале от 0 до 5. Нулевой уровень означает исследовательскую гипотезу без pilotирования. Уровень 1 соответствует прототипу на небольшой выборке, уровень 2 — тест в одном лечебно-профилактическом учреждении, уровень 3 — pilot в нескольких учреждениях, уровень 4 — устойчивое применение

с мониторингом качества, уровень 5 — рутинная практика, закрепленная в регламентах и тарифах субъекта РФ. Фиксация текущего уровня по каждому сценарию позволяет планировать переход к широкому внедрению и увязывать его с ресурсами, нормативными решениями и обучением персонала [2; 3].

Рассмотренные выше этапы отражены на рисунках 1, 2, 3 и 4.

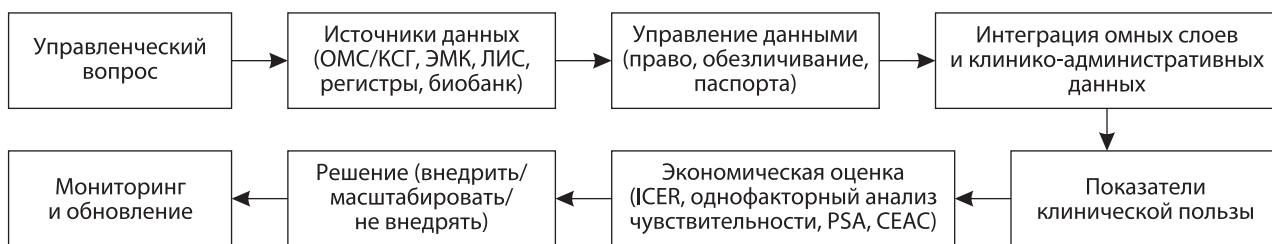


Рис. 1. Сквозной процесс преобразования данных в управленческое решение
Fig. 1. End-to-end process of transforming data into a management decision

Примечание: диаграмма использована как чек-лист этапов и карта ответственности между ИТ-блоком, службой качества, аналитиками и экономистами.

Источник: составлено авторами.

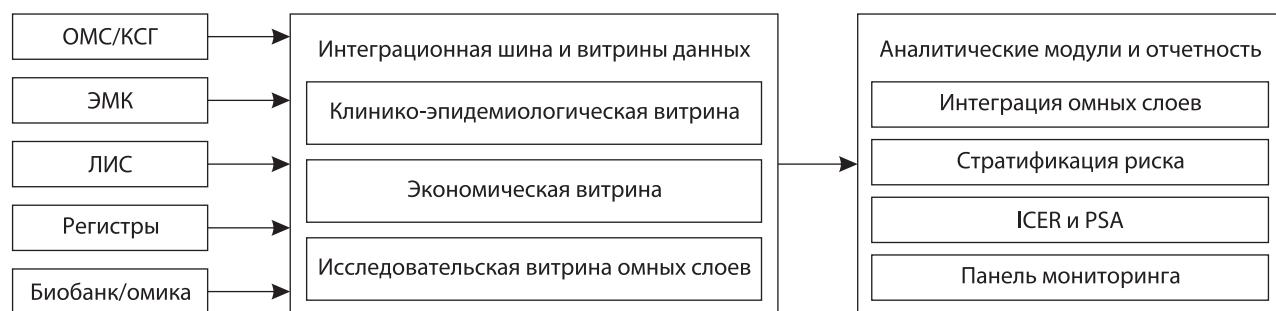


Рис. 2. Архитектура потоков данных на уровне субъекта РФ
Fig. 2. Data flow architecture at the level of a constituent entity of the Russian Federation

Примечание: назначение рисунка — согласовать с ИТ-командой состав полей, частоту обновления и роли владельцев данных.

Источник: составлено авторами.

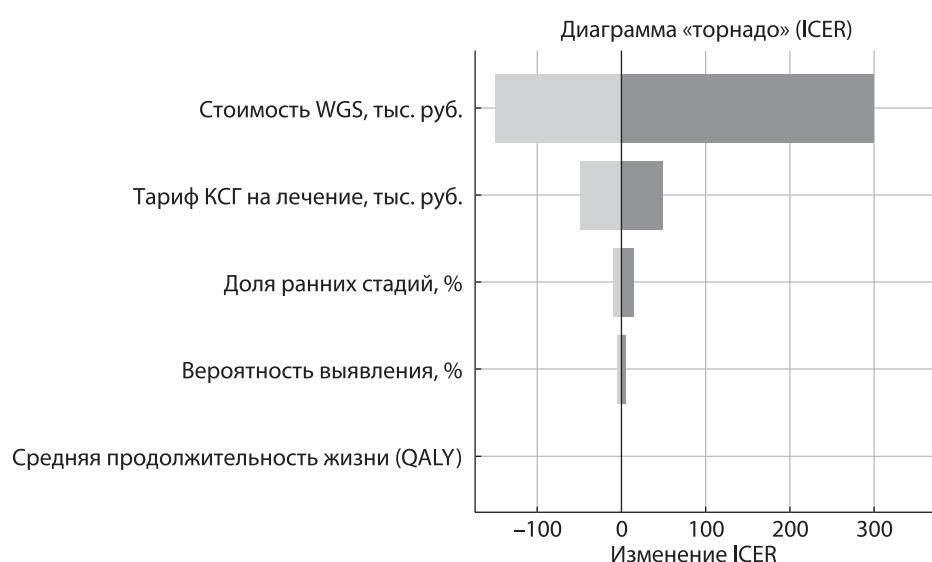


Рис. 3. Анализ чувствительности экономической оценки (соотношение «затраты — эффективность», ICER)
Fig. 3. Sensitivity analysis of the economic evaluation (cost-effectiveness ratio, ICER)

Примечание: диаграмма «торнадо» отражает вклад отдельных параметров модели в изменение инкрементального соотношения «затраты — эффективность» (ICER). Длина полос показывает силу влияния: чем длиннее полоса, тем более чувствителен результат к изменению данного параметра. Диаграмму используют для выявления «рычагов» управления (например, себестоимости теста или охвата программы), которые сильнее всего определяют итоговую экономическую оценку.

Источник: составлено авторами.

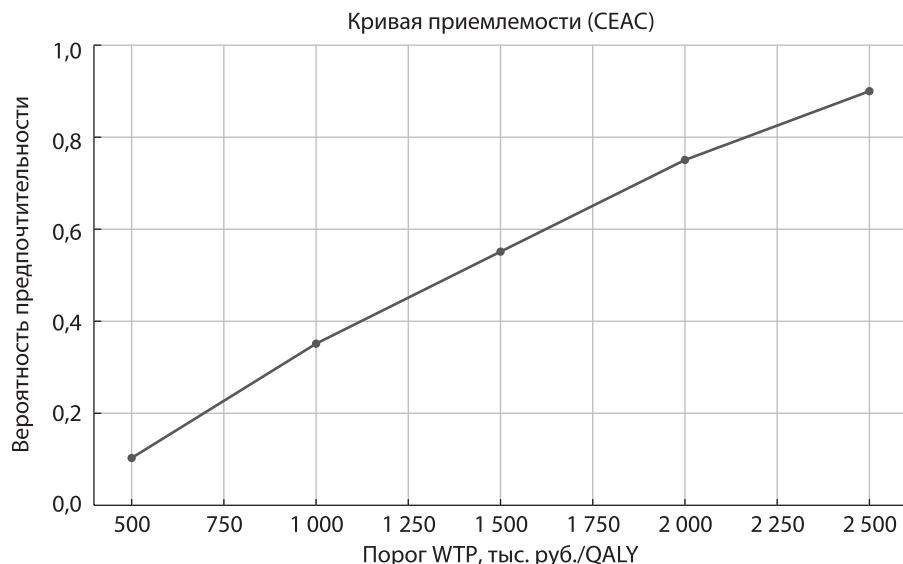


Рис. 4. Анализ чувствительности экономической оценки (кривая приемлемости «затраты — эффективность», CEAC)

Fig. 4. Sensitivity analysis of the economic evaluation (cost-effectiveness acceptability curve, CEAC)

Примечание: кривая приемлемости «затраты — эффективность» (CEAC), построенная по результатам вероятностного анализа чувствительности (PSA). На оси X отложены пороги готовности платить за дополнительный год качественной жизни (QALY), на оси Y — вероятность того, что стратегия с мультиомикой окажется экономически предпочтительнее стандарта. Кривая позволяет лицам, принимающим решения, оценить устойчивость выводов при различных сценариях финансирования.

Источник: составлено авторами.

Обсуждение: особенности переноса в российские условия

Во-первых, на стороне данных важны полнота и согласованность административного блока. Система оплаты по КСГ, будучи функциональным аналогом DRG, обеспечивает связь клинических маршрутов и затрат, но предъявляет особые требования к качеству кодирования и гармонизации справочников¹. Во-вторых, экономическая целесообразность «омики» чувствительна к динамике себестоимости тестов: расходные материалы, секвенирование, биоинформатический анализ, клиническая интерпретация и возврат результата — существенные компоненты затрат, которые необходимо учитывать в сценариях анализа чувствительности [14]. В-третьих, правовые ограничения (обезличивание, доступы, трассируемость) диктуют архитектуру решений; проектированием следует предусматривать «зону безопасности», прозрачный учет доступов и паспорта наборов данных. В-четвертых, неоднородность географии и демографии (удаленность территории, плотность насе-

ления, структура заболеваемости) влияют на охват и репрезентативность, что требует особого внимания к проектированию пилотов и процедур внешней валидации.

Наконец, этические аспекты и недискриминационность алгоритмов требуют документированных проверок смещения и корректного выбора прокси-показателей. При этом перенос международного опыта должен учитывать российскую практику государственного управления и результаты исследований применимости зарубежных подходов к прогнозированию социально-экономического развития [15].

С точки зрения дополнения управлеческой логики интересен пласт прикладных работ, в которых изменения образа жизни (физическая активность, питание, медитация) оценивают сразу несколькими типами показателей, в частности когнитивными тестами, нейроваскулярной реактивностью лобных отделов, вариабельностью сердечного ритма и лабораторными маркерами. Такие исследования показывают то, как мультимодальная оценка состояния может служить основой для мониторинга регио-

¹ Федеральный фонд ОМС. Методические рекомендации по способам оплаты медицинской помощи за счет средств обязательного медицинского страхования от 28 января 2025 г. // Территориальный фонд ОМС Чувашской Республики. URL: https://chuvtfoms.ru/files/KSG/rekom/2025/rekom_2025.pdf (дата обращения: 29.09.2025).

нальных программ профилактики и повышения их результативности, а также то, как результаты мультимодальных измерений увязываются с управлеченческими целями и метриками контроля [16].

Одновременно нейронауки в социально-гуманитарной перспективе прогнозируют широкое внедрение достижений «новых мозговых наук» в управлеченческие и коммерческие практики. В свою очередь, это усиливает требования к прозрачности, этическим правилам и оценке рисков стигматизации при внедрении подобных решений в государственном секторе [17]. Приведенные аспекты усиливают наш вывод о необходимости паспортов данных и моделей, тестов недискриминационности и поэтапного мониторинга внедрения в административном контуре субъекта РФ. По сути, это согласуется с требованиями российской повестки, относящимися к цифровой зрелости территориального управления, использованию ИИ-инструментов в публичном секторе с учетом этических аспектов внедрения ИИ-технологий в управление социально-экономическими процессами [18].

Ограничения

Изложенный материал — это методический проект «каркаса», а не отчет о внедрении в том или ином субъекте РФ. Модель ICER — демонстрационная, а значит, требует параметризации на региональных данных. Для полного PSA необходимы распределения параметров, согласованные с экспертами, а также достаточное количество прогонов по методу Монте-Карло [12; 13].

Выводы

Представленный проект формирует связную и воспроизводимую логику перехода от управлеченческого вопроса к практическому решению, обеспечивая прозрачность на всех этапах, от отбора и паспортизации источников данных до их интеграции, проверки качества, построения клинико-эпидемио-

логических индикаторов и экономической оценки с учетом неопределенности параметров. Методический каркас объединяет административные, клинические и мультиомиксные слои информации, связывая их с ICER-моделями и вероятностным анализом чувствительности, что позволяет не только оценивать клиническую пользу, но и обосновывать экономическую устойчивость решений.

Международный опыт убедительно показывает реализуемость масштабных программ мультиомиксного профилирования, их вклад в совершенствование диагностики и персонализированной медицины. Следует обратить внимание на то, что во многих странах, включая Россию, сегодня реализуют национальные программы по полногеномному секвенированию значительных когорт населения и созданию соответствующих биобанков и баз данных [19]. Эти инициативы формируют прочную технологическую и институциональную основу для переноса мультиомиксных подходов в систему управления здравоохранением.

Российская цифровая инфраструктура и нормативно-правовая база создают предпосылки для внедрения подобных решений на уровне субъекта РФ при условии системной проработки качества данных, повышения уровня использования технологий интеллектуального анализа данных [20], прозрачных регламентов и кадровой подготовки специалистов. Такой перенос повысит результативность клинических решений, сократит время постановки диагноза при социально значимых и редких заболеваниях, а также обеспечит более рациональное распределение ресурсов здравоохранения. Опора на прозрачные, воспроизводимые и экономически обоснованные расчеты позволяет рассматривать мультиомиксные технологии как перспективный инструмент стратегического управления региональным здравоохранением, согласованный с международными практиками и российской повесткой цифровой зрелости.

Список источников

1. Turnbull C., Scott R. H., Thomas E. et al. The 100,000 Genomes Project: Bringing whole genome sequencing to the NHS // The BMJ. 2018. Vol. 361. Article k1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.k1687>
2. Попов Е. В. Эволюция цифровых технологий управления территорией // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 3. С. 267–281. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-3-267-281>

3. Репин Д. А. Технологии искусственного интеллекта как фактор совершенствования государственного управления: вызовы и угрозы // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 2. С. 139–148. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-2-139-148>
4. Hasin Y., Seldin M., Lusis A. Multi-omics approaches to disease // *Genome Biology*. 2017. Vol. 18. No. 1. Article No. 83. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1215-1>
5. Karczewski K. J., Snyder M. P. Integrative omics for health and disease // *Nature Reviews Genetics*. 2018. Vol. 19. No. 5. P. 299–310. <https://doi.org/10.1038/nrg.2018.4>
6. Obermeyer Z., Powers B., Vogeli C., Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations // *Science*. 2019. Vol. 366. No. 6464. P. 447–453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>
7. Wang B., Mezlini A., Demir F. et al. Similarity network fusion for aggregating data types on a genomic scale // *Nature Methods*. 2014. Vol. 11. No. 3. P. 333–337. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2810>
8. Argelaguet R., Arnol D., Bredikhin D. et al. MOFA+: A statistical framework for comprehensive integration of multi-modal single-cell data // *Genome Biology*. 2020. Vol. 21. No. 1. Article 111. <https://doi.org/10.1186/s13059-020-02015-1>
9. Argelaguet R., Veltenet B., Arnol D. et al. Multi-omics factor analysis — a framework for unsupervised integration of multi-omics data sets // *Molecular Systems Biology*. 2018. Vol. 14. No. 6. Article e8124. <https://doi.org/10.1525/msb.20178124>
10. Gayoso A., Steier Z., Lopez R. et al. A joint model of RNA expression and surface protein abundance in single cells // *Nature Methods*. 2020. Vol. 18. P. 272–282. <https://doi.org/10.1101/791947>
11. Hao Y., Hao S., Andersen-Nissen E. et al. Integrated analysis of multimodal single-cell data // *Cell*. 2021. Vol. 184. No. 13. P. 3573–3587. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.04.048>
12. Drummond M., Sculpher M., Claxton K. et al. Methods for the economic evaluation of health care programmes. 4th ed. Oxford: Oxford University Press, 2015. 464 p.
13. Fenwick E., O'Brien B. J., Briggs A. Cost-effectiveness acceptability curves — facts, fallacies and frequently asked questions // *Health Economy*. 2004. Vol. 13. No. 5. P. 405–415. <https://doi.org/10.1002/hec.903>
14. Schwarze K., Buchanan J., Fermont J. M. et al. The complete costs of genome sequencing: A microcosting study in cancer and rare diseases from a single center in the United Kingdom // *Genetics in Medicine*. 2020. Vol. 22. No. 1. P. 85–94. <https://doi.org/10.1038/s41436-019-0618-7>
15. Гохштанд Е. В. Зарубежный опыт прогнозирования социально-экономического развития: возможности использования в российской практике // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 7. С. 923–933. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-923-933>
16. Solovyeva K., Belyaev V., Zvorykina E. et al. The impact of exercise, diet, and meditation on cognitive function, prefrontal hemodynamics, functional connectivity, and biochemical parameters // *NeuroRegulation*. 2024. Vol. 11. No. 4. P. 355–378. <https://doi.org/10.15540/nr.11.4.355>
17. Соловьева К. П., Скворчевский К. А. Нейронауки в культурном ландшафте позднего капитализма // Философия. Журнал Высшей школы экономики. 2025. Т. 9. № 1. С. 143–157. <https://doi.org/10.17323/2587-8719-2025-1-143-157>
18. Репин Д. А., Игнатьев С. А. «Внедрять нельзя отказаться»: влияние этики на применение технологий искусственного интеллекта в управлении социально-экономическими процессами // Экономика и управление. 2024. Т. 30. № 12. С. 1503–1509. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-12-1503-1509>
19. Koenig Z., Yohannes M. T., Nkambule L. L. et al. A harmonized public resource of deeply sequenced diverse human genomes // *Genome Research*. 2024. Vol. 34. No. 5. P. 796–809. <https://doi.org/10.1101/gr.278378.123>
20. Игнатьев С. А., Клевцова О. Ю., Плотников В. А. Совершенствование государственного управления на основе использования технологии интеллектуального анализа данных // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2025. № 2. С. 50–58.

References

1. Turnbull C., Scott R.H., Thomas E., et al. The 100,000 Genomes Project: Bringing whole genome sequencing to the NHS. *The BMJ*. 2018;361:k1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.k1687>
2. Popov E.V. Evolution of digital technologies in territorial management. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(3):267-281. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-3-267-281>
3. Repin D.A. Artificial intelligence technologies as a factor in improving public administration: Challenges and threats. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(2):139-148. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-2-139-148>
4. Hasin Y., Seldin M., Lusis A. Multi-omics approaches to disease. *Genome Biology*. 2017;18(1):83. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1215-1>
5. Karczewski K.J., Snyder M.P. Integrative omics for health and disease. *Nature Reviews Genetics*. 2018;19(5):299-310. <https://doi.org/10.1038/nrg.2018.4>

6. Obermeyer Z., Powers B., Vogeli C., Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019;366(6464):447-453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>
7. Wang B., Mezlini A., Demir F., et al. Similarity network fusion for aggregating data types on a genomic scale. *Nature Methods*. 2014;11(3):333-337. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2810>
8. Argelaguet R., Arnol D., Bredikhin D., et al. MOFA+: A statistical framework for comprehensive integration of multi-modal single-cell data. *Genome Biology*. 2020;21(1):111. <https://doi.org/10.1186/s13059-020-02015-1>
9. Argelaguet R., Veltenet B., Arnol D., et al. Multi-omics factor analysis — a framework for unsupervised integration of multi-omics data sets. *Molecular Systems Biology*. 2018;14(6):e8124. <https://doi.org/10.15252/msb.20178124>
10. Gayoso A., Steier Z., Lopez R., et al. A joint model of RNA expression and surface protein abundance in single cells. *Nature Methods*. 2020;18:272-282. <https://doi.org/10.1101/791947>
11. Hao Y., Hao S., Andersen-Nissen E., et al. Integrated analysis of multimodal single-cell data. *Cell*. 2021;184(13):3573-3587. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.04.048>
12. Drummond M., Sculpher M., Claxton K., et al. Methods for the economic evaluation of health care programmes. 4th ed. Oxford: Oxford University Press; 2015. 464 p.
13. Fenwick E., O'Brien B.J., Briggs A. Cost-effectiveness acceptability curves – facts, fallacies and frequently asked questions. *Health Economy*. 2004;13(5):405-415. <https://doi.org/10.1002/hec.903>
14. Schwarze K., Buchanan J., Fermont J.M., et al. The complete costs of genome sequencing: A microcosting study in cancer and rare diseases from a single center in the United Kingdom. *Genetics in Medicine*. 2020;22(1):85-94. <https://doi.org/10.1038/s41436-019-0618-7>
15. Gokhshtand E.V. International experience in forecasting socio-economic development: Possibilities of application in Russian practical activities. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(7):923-933. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-923-933>
16. Solovyeva K., Belyaev V., Zvorykina E., et al. The impact of exercise, diet, and meditation on cognitive function, prefrontal hemodynamics, functional connectivity, and biochemical parameters. *NeuroRegulation*. 2024;11(4):355-378. <https://doi.org/10.15540/nr.11.4.355>
17. Solovyeva K., Skvorchevsky K. Neuroscience in the cultural landscape of late capitalism. *Filosofiya. Zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki = Philosophy Journal of the Higher School of Economics*. 2025;9(1):143-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2587-8719-2025-1-143-157>
18. Repin D.A., Ignatyev S.A. “Implementation impossible to refuse”: The influence of ethics on using artificial intelligence in socio-economic management. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2024;30(12):1503-1509. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-12-1503-1509>
19. Koenig Z., Yohannes M.T., Nkambule L.L., et al. A harmonized public resource of deeply sequenced diverse human genomes. *Genome Research*. 2024;34(5):796-809. <https://doi.org/10.1101/gr.278378.123>
20. Ignatev S.A., Klevtsova O.Yu., Plotnikov V.A. Improving public administration based on data mining technologies. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2025;(2):50-58. (In Russ.).

Информация об авторах

Ксения Павловна Соловьева

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник Лаборатории
обработки и передачи информации
в когнитивных системах

Институт проблем передачи информации
имени А. А. Харкевича Российской академии
наук

127051, Москва, Большой Картеный пер., д. 19,
стр. 1

Константин Анатольевич Скворчевский

доктор технических наук, кандидат философских
наук, профессор учебно-научного центра
гуманитарных и социальных наук

Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)

141701, Московская обл., Долгопрудный,
Институтский пер., д. 9

Information about the authors

Kseniya P. Solovyeva

PhD in Biology, senior researcher
of the Laboratory for Information Processing
and Transmission in Cognitive Systems

Institute for Information Transmission Problems
of the Russian Academy of Sciences
(Kharkevich Institute)

19 Bolshoy Karetnyy ln., bldg. 1, Moscow 127051,
Russia

Konstantin A. Skvorchevsky

D.Sc. in Engineering, PhD in Philosophy,
Professor of the Educational and Scientific Center
for Humanities and Social Sciences

Moscow Institute of Physics and Technology

9 Institutskiy ln., Dolgoprudny, Moscow Region
141701, Russia

Павел Михайлович Готовцев

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
обработки и передачи информации
в когнитивных системах

Институт проблем передачи информации
имени А. А. Харкевича Российской академии
наук

127051, Москва, Большой Красный пер., д. 19,
стр. 1

Поступила в редакцию 01.10.2025
Прошла рецензирование 23.10.2025
Подписана в печать 19.12.2025

Pavel M. Gotovtsev

PhD in Technical Sciences,
senior researcher of the Laboratory
for Information Processing and Transmission
in Cognitive Systems

Institute for Information Transmission Problems
of the Russian Academy of Sciences
(Kharkevich Institute)

19 Bolshoy Karetnyy ln., bldg. 1, Moscow 127051,
Russia

Received 01.10.2025
Revised 23.10.2025
Accepted 19.12.2025

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.