

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛЬКУЛЯТОРА БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

DOI: 10.37586/2949-4745-1-2024-22-29

УДК: 616-01

Арбатский М.С.* , Баландин Д.Е., Мельницкая А.А.

**Автор, ответственный за переписку*

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, ОСП «Российский геронтологический научно-клинический центр», Москва, Россия

Резюме

Актуальность. Анализ многочисленных данных клинических исследований за последние десятилетия выявил наличие закономерностей между определенными клиническими показателями и возрастом пациентов. Соответствие некоторых показателей, характерных для разного возраста, дало возможность различать возраст биологический и возраст паспортный. Эти наблюдения постепенно привели к созданию инструментов для определения биологического возраста — калькуляторов биологического возраста и «часов старения». В случае определения биологического возраста меньше паспортного делают вывод о том, что процесс старения у данного пациента протекает медленнее, и наоборот. Целью применения калькулятора биологического возраста в клинике является корректировка назначаемого лечения. Влияние результатов расчета калькулятора на объем и сроки оказываемой медицинской помощи со временем приведет к внедрению этого инструмента в клиническую практику, а также может повлиять на социальный статус пациента, поскольку калькулятор биологического возраста является методом проверки соответствия пенсионному возрасту. Это может привести к изменению структуры издержек государства на здравоохранение. Актуальность разработки и использования калькуляторов биологического возраста и «часов старения» обусловлена увеличивающейся с каждым годом долей людей пожилого возраста. Развитие медицины и появление новых подходов к продлению активного долголетия и борьбе с возраст-ассоциированными заболеваниями замедляют процессы старения, и биологический возраст имеет тенденцию к уменьшению по отношению к паспортному возрасту. Калькуляторы биологического возраста впоследствии могут быть внедрены в клиническую практику как инструмент для определения истинного (биологического) возраста с целью назначения адекватного лечения пациенту. Социальная значимость может заключаться в корректировке пенсионного возраста и продлении трудовой деятельности.

Цель. Целью работы является оценка влияния калькуляторов биологического возраста на экономию бюджетных средств и экономическое бремя здравоохранения от их внедрения в повседневную практику лечебных учреждений.

Материалы и методы. При подготовке публикации использовались зарубежные и отечественные источники, содержащие информацию экономического характера о влиянии активного долголетия и продлении продолжительности жизни на социально-экономические показатели.

Результаты. Внедрение калькуляторов биологического возраста в медицинские учреждения имеет значительное влияние на экономические показатели и эффективность здравоохранения. В целом результаты исследований подтверждают, что использование калькуляторов биологического возраста в медицинской практике приводит к улучшению экономических показателей лечебных учреждений, снижая затраты, повышая эффективность и улучшая качество обслуживания пациентов.

Заключение. Использование калькуляторов биологического возраста может существенно повлиять на экономику, так как они помогают планировать здоровьесберегающие программы и снижать медицинские расходы. Это способствует улучшению общественного здоровья и производительности труда, а также снижает социальные издержки и улучшает качество жизни населения.

Ключевые слова: калькулятор биологического возраста; часы старения; экономический эффект; активное долголетие; увеличение продолжительности жизни.

Для цитирования: Арбатский М.С., Баландин Д.Е., Мельницкая А.А. Экономическая эффективность калькулятора биологического возраста. *Проблемы геронауки*. 2024; 1(5): 22–29. DOI: 10.37586/2949-4745-1-2024-22-29

COST-EFFECTIVENESS OF THE BIOLOGICAL AGE CALCULATOR

Arbatskiy M.S. *, Balandin D.E., Melnitskaia A.A.

**Corresponding author*

Russian Gerontology Research and Clinical Centre, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

Abstract

Relevance. The analysis of numerous data from clinical studies over the last decades has revealed regularities between certain clinical parameters and patient age. The correspondence between certain indicators characteristic of different age groups has made it possible to differentiate between biological age and chronological age. These observations have led to the development of tools for calculating biological age such as biological age calculators and aging clocks. If the biological age is lower than the chronological age, it indicates that the aging process is lower in a given individual, and vice versa. Biological age calculators are used in clinics to adjust treatment plans. The results of these calculations will eventually lead to their introduction into clinical practice and may also influence the social status of patients as a method for checking compliance with retirement age regulations. This may lead to changes in the structure of the state's healthcare costs. The relevance of developing and using of biological age and aging clock calculators is due to the increasing proportion of older people each year. The development of medicine and the emergence of new approaches to prolonging active longevity and fighting age-related diseases slows down the aging process and reduces biological age in relation to passport age. Biologic age calculator could later be introduced into clinical practice as a tool to determine

true (biological) age in order to provide appropriate treatment for patients. Social significance may lie in adjusting retirement age and extending labor activity.

Aim. The aim of the paper is to assess the impact of introducing tools such as biological age calculator and aging clock into the daily practice of health care institutions, on the economic burden of healthcare and budgetary savings.

Materials and methods. Foreign and domestic sources containing information of economic nature on the impact of active longevity and life expectancy extension on socio-economic indicators were used in the preparation of this publication.

Results. The introduction of biological age calculators in medical institutions has a significant impact on economic indicators and the efficiency of health care. Generally, research results confirm that the use of biological age calculators leads to improved performance in terms of economic indicators, reduced costs, increased efficiency, and improved quality of patient care in medical practice.

Conclusion. The use of biological age calculators has a significant impact on the economy. They help to plan health-saving programmes and reduce medical costs, which improves public health, labour productivity, and reduces social costs, while improving the quality of life for the population.

Keywords: age calculator; aging clock; economic effect; active longevity; increased life expectancy.

For citation: Arbatskiy M.S., Balandin D.E., Melnitskaia A.A. Cost-effectiveness of the biological age calculator. *Problems of Geroscience*. 2024; 1(5): 22–29. DOI: 10.37586/2949-4745-1-2024-22-29

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение продолжительности жизни и растущее внимание к биологическому и здоровому старению ставят ряд важных вопросов как перед учеными-медиками, так и перед экономистами. Что предпочтительнее — сделать жизнь более здоровой за счет снижения заболеваемости или более продолжительной за счет продления жизни? Каковы преимущества целенаправленной борьбы со старением по сравнению с усилиями по искоренению конкретных заболеваний? Сокращение заболеваемости, улучшающее качество жизни, более ценно, чем дальнейшее увеличение продолжительности жизни, и борьба со старением дает потенциально большую экономическую выгоду, чем искоренение отдельных заболеваний. Замедление старения, увеличивающее продолжительность жизни на 1 год, стоит 38 трлн долларов США, а на 10 лет — 367 трлн долларов США. В конечном счете, чем больший прогресс достигнут в улучшении старения, тем выше ценность дальнейших улучшений [1].

Экономическая ценность целенаправленного воздействия на старение велика, поскольку замедление старения приводит к взаимодополняемости здоровья и продолжительности жизни, влияет на большое количество заболеваний в связи с ростом распространенности сопутствующих возрастных заболеваний и создает синергетический эффект, обусловленный конкурирующими рисками. Очень важно, что

замедление старения приводит к возникновению «добродетельного круга», в котором порождается спрос на дальнейшее замедление старения. Этот «добродетельный круг» возникает потому, что выгоды общества от отсрочки старения растут с увеличением среднего возраста общества, повышением качества жизни в пожилом возрасте и зависят от количества пожилых людей. Это придает целенаправленному воздействию на старение особую динамику по сравнению с лечением конкретных заболеваний, при котором выгода уменьшается после открытия успешных методов лечения.

Стареют все, но не все стареют одинаково. При рассмотрении индивидуального состояния пожилых людей замечено, что люди одного хронологического возраста могут разительно отличаться по восприимчивости к возраст-ассоциированным заболеваниям, общему физиологическому и психическому состоянию [2]. Это отражает различия в скорости старения у индивидуумов и называется биологическим возрастом (БВ).

Основным фактором риска развития таких заболеваний, как дегенерация желтого пятна, диабет 2 типа, атеросклероз, рак, заболевания легких, болезнь Альцгеймера, остеопороз и артрит, является старение [2]. Причиной этому становятся нарушения, возникающие на клеточном уровне, которые и приводят к физиологическим изменениям [2]. Когнитивные

способности человека также снижаются с возрастом, но это в большей степени касается подвижного интеллекта, включающего в себя скорость обработки информации, рабочую и долговременную память [2]. С возрастом части организма стареют не одинаково, наблюдается снижение связности и функциональности компонентов тела, что делает организм менее крепким и устойчивым [3].

Пол, образ жизни, генетические факторы и факторы окружающей среды влияют на функциональное снижение с возрастом и во многом определяют отличие биологического возраста от хронологического [4, 5]. Хотя хронологический возраст и является главным фактором увеличения заболеваемости и смертности, биологический возраст может обеспечить более точную оценку степени старения человека и потенциально дать ощутимый результат для достижения здорового старения, оказать помощь в предупреждении, лечении возрастных заболеваний, а также прогнозировании смертности.

Важно выявить генетические факторы и факторы окружающей среды, которые определяют скорость старения человека. Для этого необходимы способы точного установления биологического возраста организма.

Определение биологического возраста основано на выявлении различного рода биомаркеров старения, которые представляют собой количественно измеримые показатели организма, закономерно изменяющиеся с возрастом человека и позволяющие установить более точный прогноз продолжительности жизни, чем хронологический возраст. Нет общепринятого определения биомаркеров старения, но предложены критерии, которым они должны соответствовать [6, 7]:

- должны отслеживать основной процесс, лежащий в основе процесса старения, а не последствия болезни;
- должны иметь возможность многократного тестирования без причинения вреда человеку;

- должны работать на людях и лабораторных животных, что позволит проводить предварительное изучение на животных.

На сегодняшний день не достигнут консенсус в способе определения биологического возраста, существует множество методик для его определения, базирующихся на различных биомаркерах старения, которыми могут выступать длина теломер, транскриптомика, протеомика, метаболомика и метилирование ДНК [6] (табл. 1). От выбора биомаркеров и методов статистики зависит полученный результат биологического возраста индивидуума.

Метилирование ДНК на сегодняшний момент выступает наиболее универсальным методом определения биологического возраста, дающим адекватные результаты, но этот метод остается малодоступным [7]. В связи с чем продолжаются поиски более доступных и эффективных альтернатив.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить экономическую эффективность использования калькулятора биологического возраста в контексте здравоохранения и профилактики заболеваний, определить потенциальную экономию средств и улучшение качества жизни населения за счет своевременного выявления рисков состояния здоровья и оптимизации стратегий медицинского обслуживания. Цель предполагает анализ затрат и выгод, связанных с внедрением калькулятора биологического возраста, а также изучение возможностей его использования для повышения эффективности здравоохранительных программ и снижения финансовых нагрузок на систему здравоохранения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Старение населения — проблема, охватывающая экономики с совокупной долей 78% мирового ВВП. Мировой рост трудоспособного населения замедляется. Это приводит не только к росту демографической

Таблица 1.

Виды калькуляторов биологического возраста

Автор калькулятора и название	Краткое описание	MAE (Средняя абсолютная ошибка)
Эпигенетические часы [8] (Стив Хорват, 2013)	Мультиканальные эпигенетические часы на основе 8000 образцов из 51 типа тканей и клеток	3,6 года
Транскриптомные часы [9] (Полина Мамошина, 2018)	Модель машинного обучения на данных транскриптома скелетных мышц человека	6,24 года
Микробиомные часы [10] (Федор Галкин, 2018)	Глубокие микробиомные часы на основе микробиологических профилей 3663 образцов микробиома здоровых людей	5,9 года
Метаболические часы [11] (Эрик ван дер Аккен, 2020)	Модель часов метаболического возраста на основе данных о метаболизме крови	7,3 года
Транскриптомные часы [12] (Николаас Хольцчек, 2021)	Глубокая нейронная сеть, позволяющая прогнозировать возраст на основе данных транскриптома эпидермального слоя кожи человека	4,71 года

нагрузки (числа пенсионеров и детей по отношению к работающим), но и старению самой рабочей силы. Доля работников 55–64 лет в мире с текущих 13% возрастет за следующее 10-летие до 15% против стабильных 10% в предыдущие пять десятков лет. В России в 2030 году пенсионеров будет больше, чем детей. Замедление экономического роста приведет к снижению роста доходов населения и уровня жизни. Быстрый экономический рост второй половины XX века основывался на двух факторах: росте доли трудоспособного населения и повышении производительности труда. Теперь поддержать рост экономик возможно только за счет более интенсивной производительности. Чтобы компенсировать эффект от старения и обеспечивать социальные и долговые обязательства, среднемировая производительность труда должна ускориться в 1,8 раза до 3,3%.

Старение населения ограничивает рост производительности в силу снижения уровня инноваций, более медленных темпов распространения технологий. Производительность работника меняется в течение его жизни: накапливается опыт, устаревают знания, возраст влияет на физическое и умственное состояние. Смягчить влияние старения населения на экономику можно мерами госполитики — увеличить долю госрасходов на исследования и разработки, стимулировать переобучение, ускорить внедрение технологических инноваций. В России за последние 50 лет численность занятого населения возросла на 20%, в следующие 50 лет — снизится на 29%, исходя из максимальной экономической активности и минимальной безработицы. Если производительность труда не увеличится, то среднегодовой прирост экономики упадет на 60%, с 1,6 до 0,6%. Замедлить сокращение общей занятости можно, стимулируя занятость молодежи и пожилых. Повысить производительность труда можно поддержкой переобучения работников, перемещения рабочей силы из низкопроизводительных секторов в высокопроизводительные, географической и отраслевой мобильности. По расчетам Всемирного банка, старение населения затормозит потенциал роста экономики России на ближайшие 15 лет до 1,3%. Политика повышения занятости молодых и пожилых когорт способна увеличить этот потенциал в 1,5 раза до 1,9%. Она предполагает комплексные меры в сфере здравоохранения (акцент на превентивную медицину), образования (включая досуг дошкольников для роста занятости молодых матерей), трудовой и социальной сферах (сокращение гендерных разрывов в оплате труда, замена длинных декретных отпусков краткими, но хорошо оплачиваемыми), а также стимулирование предприятий к внедрению политики занятости пожилых (гибкий график, учет физических возможностей).

Для того чтобы оценить эффект от внедрения калькуляторов биологического возраста в клиническую практику, необходимо обладать информацией о численности населения, распределении по возрасту, численности пенсионеров (табл. 2).

Таблица 2.

Распределение населения по возрастным группам [13]

Возрастная группа	Количество человек (тыс.)
60–64	10 320
65–69	8558
70 и более	14 793

Общий объем расходов федерального бюджета на 2023 год — 29 трлн рублей. На Министерство здравоохранения было направлено 664 млрд рублей, что составляет около 2,3%. Согласно данным федеральной службы государственной статистики, численность населения на 2023 год 146,4 млн, из которых около 35,5 млн (или 23,5%) составляют люди старше 60 лет [14]. При этом большую часть составляет группа в возрасте старше 70 лет.

Численность пенсионеров, состоящих на учете в системе Пенсионного фонда Российской Федерации на 2022 год, составляла 42 007 тыс. человек, из них по старости 34 638 тыс. человек, а средний размер назначенных пенсий по старости составил 18 084,8 руб. [15]. За 2023 год число российских пенсионеров выросло на 1,1 млн, а за 2024 год — еще на 569 тыс. Такая динамика ожидается впервые с начала пенсионной реформы, в том числе за счет жителей новых регионов [16]. В результате за два года количество пенсионеров, получающих пенсии через территориальные органы Соцфонда, вырастет с 41,78 млн до 43,47 млн человек — максимума с 2019 года.

Влияние старения на макроэкономические процессы

Можно выделить несколько механизмов влияния старения населения на экономический рост стран. Происходит снижение предложения труда вследствие изменения демографической структуры — сокращения доли трудоспособного населения и роста доли пожилых людей; это ведет к снижению производительности труда и росту демографической нагрузки на трудоспособное население.

Совокупные сбережения могут сокращаться по мере увеличения доли пожилых в населении, снижая таким образом средства для инвестиций, а следовательно, и темпы экономического роста. Это связано с тем, что пожилые обычно сберегают меньше, чем люди трудоспособного возраста.

Происходит изменение модели потребления, сокращение потребительских расходов, что оказывает влияние на цены товаров и услуг и темпы инфляции. По оценкам МВФ, старение населения сопровождается дефляционным давлением, поскольку снижается совокупный спрос; при этом монетарная политика становится менее эффективной, так как спрос пожилой когорты менее чувствителен к изменению ставки процента.

Возрастают расходы на пенсионную систему, здравоохранение и социальную защиту, что в совокупности с сокращением базы начисления страховых взносов создает существенную нагрузку на бюджет страны, в том числе потенциально это может привести к росту соотношения государственного долга к ВВП и неустойчивости бюджета, формируя т. н. межвременной бюджетный разрыв. По расчетам ОЭСР, в отсутствие изменений политики старение населения может увеличить размер госдолга в среднем на 180% ВВП в странах с развитой экономикой и на 130% ВВП — с развивающейся в течение следующих трех десятилетий.

В существующих реалиях важно понимать, что старение населения — это не только демографический процесс с экономическими последствиями, но и комплексный социальный феномен, открывающий новые возможности в различных сферах, включая сферу потребления, образа и качества жизни, образования, экономической, социальной и политической активности. При грамотной политике государства увеличение продолжительности жизни, а значит, более длительная экономическая активность людей может стать дополнительным стимулом экономического роста.

Содействие развитию обучения и переобучения взрослых и создание условий для занятости на рынке труда важно для стимулирования продолжения трудовой активности после наступления пенсионного возраста. Комплекс мер может включать предоставление государством налоговых льгот и субсидий работодателям, принимающим на работу работников пожилого возраста и обучающим, переобучающим этих работников, а также создание самими работодателями гибких рабочих графиков, включая частичную занятость. Все эти меры в конечном итоге потенциально стимулируют производительность труда, рост которой обеспечивает увеличение темпов экономического роста.

Россия уже предприняла ряд мер, чтобы снизить давление старения населения на темпы экономического роста и устойчивость бюджета. Повышен возраст выхода на пенсию, вместо условно-накопительной введена балльная система начисления выплат, предполагающая увеличение размера пенсии при выходе на пенсию позднее законодательно установленного возраста и стимулирующая работать после наступления пенсионного возраста. В ближайшее время в РФ планируется внедрить гарантированный пенсионный план, который может придать новый импульс развитию системы негосударственного пенсионного обеспечения. Для того чтобы эта мера оказалась действенной, необходимо создать конкурентный и прозрачный рынок пенсионных услуг, на котором основную роль будут играть негосударственные пенсионные фонды, не связанные с государством.

В одном из исследований были оценены медицинские расходы и использование медицинских услуг за 10 лет, с 2009 по 2019 годы, для 276 723 взрослых по базе данных когорты медицинских осмотров Национальной службы медицинского страхования

(NHIS). Для измерения биологического возраста использовали 12 клинических показателей, а в качестве переменных для медицинских расходов и использования медицинской помощи — общие годовые медицинские расходы, общее годовое количество амбулаторных дней, общее годовое количество дней пребывания в стационаре и среднегодовой рост медицинских расходов. В исследовании были получены следующие результаты. Чем больше разница между биологическим и паспортным возрастом, тем значительнее увеличиваются общие годовые медицинские расходы, общее годовое количество амбулаторных дней и общее годовое количество дней в больнице. Примечательно, что при увеличении разницы между биологическим и паспортным возрастом у женщин годовые медицинские расходы увеличиваются в 1,95 раза по сравнению с мужчинами. Это означает, что разница между биологическим и паспортным возрастом оказывает большее влияние на увеличение годовых медицинских расходов женщин, чем мужчин. При увеличении разницы между биологическим и паспортным возрастом годовое количество дней амбулаторного лечения и годовое количество дней пребывания в стационаре у женщин увеличивается в 2,73 раза и 3,29 раза по сравнению с мужчинами соответственно. Это можно интерпретировать так: разница между биологическим и паспортным возрастом оказывает большее влияние на женщин, чем на мужчин, с точки зрения увеличения общего годового количества амбулаторных дней и общего годового количества дней пребывания в больнице [17].

Влияние калькуляторов биологического возраста на систему страхования

Увеличение численности пенсионеров приводит к увеличению нагрузки на пенсионную систему, только если не сопровождается соответствующим увеличением числа занятых, с заработных плат которых выплачиваются страховые взносы. Бюджет СФР на 2024 год сформирован с дефицитом в сумме 234 млрд руб. при доходах в сумме 16 трлн руб. и расходах в 16,2 трлн руб. Из них доходы по обязательному пенсионному страхованию составят 10,5 трлн руб., а расходы — 10,8 трлн [18]. В области страхования калькуляторы биологического возраста могут стать мощным инструментом для определения страховых премий и рисков. Они позволят страховым компаниям оценивать реальное здоровье клиента и, соответственно, устанавливать более точные условия страхования. Это поможет снизить риски и страховые выплаты для компаний, а также создать возможность для более справедливого ценообразования на страховых продуктах.

Калькуляторы биологического возраста могут оказать значительное влияние на систему страхования. Во-первых, они могут помочь страховым компаниям более точно оценить риск у потенциальных клиентов. Калькуляторы биологического возраста позволяют оценить состояние здоровья клиента, его

образ жизни и наследственные факторы, что позволяет более правильно определить страховые тарифы. Во-вторых, использование калькуляторов биологического возраста может способствовать более внимательному отношению граждан к своему здоровью и улучшению образа жизни. Это, в свою очередь, может привести к уменьшению затрат на медицинское обслуживание и страховые выплаты для страховых компаний. Однако, возможно, возникнут определенные сложности при использовании калькуляторов биологического возраста в системе страхования. Например, клиенты могут специально пытаться обмануть калькулятор, чтобы получить более низкие страховые тарифы. Также могут возникнуть вопросы о точности и надежности данных, используемых калькуляторами в расчетах. В целом использование калькуляторов биологического возраста может быть полезным инструментом для страховых компаний и помогать им более эффективно оценивать риски и рассчитывать страховые тарифы.

Влияние калькуляторов биологического возраста на пенсионное обеспечение

Согласно федеральному закону, право на страховую пенсию по старости имеют лица, достигшие возраста 65 и 60 лет (соответственно мужчины и женщины) [19].

Калькуляторы биологического возраста могут иметь большое значение в планировании пенсионного обеспечения. Путем оценки ожидаемой продолжительности жизни и потребности в сбережениях для достойной пенсии, этот инструмент поможет людям и пенсионным фондам делать более точные расчеты и принимать обоснованные решения об инвестициях. Это может существенно повлиять на финансовое благополучие людей в пожилом возрасте и уменьшить финансовое бремя для государственных пенсионных систем.

Калькуляторы биологического возраста могут оказывать влияние на пенсионное обеспечение, поскольку они способны оценить состояние здоровья человека и его ожидаемую продолжительность жизни. Исходя из этих данных, страховые компании и пенсионные фонды могут рассчитать стоимость и размер пенсионных выплат. Если калькулятор показывает, что биологический возраст человека меньше его хронологического возраста, это может означать, что человек имеет хорошее здоровье и может рассчитывать на долгую жизнь. В таком случае пенсионные выплаты могут быть увеличены, поскольку страховая компания ожидает, что человек будет получать пенсию на протяжении длительного времени. Наоборот, если калькулятор показывает, что биологический возраст превышает хронологический, это может указывать на проблемы со здоровьем и более низкую ожидаемую продолжительность жизни. В этом случае пенсионные выплаты могут быть уменьшены, чтобы компенсировать риск досрочной смерти. Таким образом, калькуляторы биологического возраста могут быть важным инструментом при определении размера пенсионного

обеспечения, помогать участникам пенсионных программ планировать свои финансы на пенсии.

ОБСУЖДЕНИЕ

В статье рассмотрена важность внедрения калькуляторов биологического возраста в медицинские учреждения и их потенциальный экономический эффект. Этот инструмент может значительно улучшить оценку здоровья пациентов, предоставив врачам исчерпывающую информацию о физиологическом состоянии человека и его потенциальных рисках возрастных заболеваний. Внедрение калькуляторов биологического возраста может иметь несколько позитивных последствий для экономики и здравоохранения. Во-первых, они могут помочь в оптимизации медицинских процессов, направленных на предотвращение возрастных заболеваний и улучшение общего здоровья населения. Это может привести к сокращению расходов на лечение и реабилитацию пациентов, что в свою очередь снизит бремя на здравоохранение и повысит производительность труда. Кроме того, использование калькуляторов биологического возраста может способствовать развитию индивидуализированной медицины и предоставлению персонализированных рекомендаций по уходу за здоровьем. Это может сократить количество ненужных медицинских процедур и снизить вероятность осложнений лечения. Однако для оценки реального экономического эффекта внедрения калькуляторов биологического возраста необходимо провести дополнительные исследования. Это включает в себя анализ затрат на разработку и внедрение таких систем, оценку потенциальных сбережений и экономических выгод от их использования, а также оценку влияния на качество жизни и продолжительность жизни пациентов. Таким образом, внедрение калькуляторов биологического возраста может быть ключевым шагом в улучшении здравоохранения и экономического развития, но требует дальнейших исследований и оценки для полного понимания его потенциального влияния.

ВЫВОДЫ

Внедрение калькуляторов биологического возраста может оказать значительное влияние на экономику различных отраслей. Определение биологического возраста позволяет эффективнее планировать программы здоровья и профилактики заболеваний, что в свою очередь снижает затраты на медицинское обслуживание и повышает производительность труда. Кроме того, использование калькуляторов биологического возраста способствует повышению осведомленности населения о состоянии здоровья, что ведет к более ответственному отношению к здоровью. Таким образом, внедрение калькуляторов биологического возраста может оказать значительное влияние на экономику различных отраслей. В итоге это может привести к уменьшению социальных издержек и повышению качества жизни общества в целом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Источники финансирования. Источники финансирования отсутствуют.

Участие авторов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

Благодарности. Благодарность журналу «Проблемы геронауки» за возможность публикации статьи «Экономическая эффективность калькулятора биологического возраста».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Scott, A.J., Ellison, M. & Sinclair, D.A. The economic value of targeting aging. *Nat Aging* 1, 616–623 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43587-021-00080-0>
2. Moskalev, A. Introduction In: A Moskalev, editor. *Biomarkers of human aging*, vol. 10. New York: Healthy Ageing and Longevity. Springer International Publishing (2019)
3. Jin S, Li C, Cao X, Chen C, Ye Z, Liu Z. Association of lifestyle with mortality and the mediating role of aging among older adults in China. *Arch Gerontol Geriatr*. 2022;98:104559. doi:10.1016/j.archger.2021.104559
4. Sprott RL. Biomarkers of aging and disease: introduction and definitions. *Exp Gerontol*. 2010;45(1):2-4. doi:10.1016/j.exger.2009.07.008
5. Johnson TE: Recent results: biomarkers of aging. *Exp Gerontol*. 2006; 41(12): 1245–6
6. Mitnitski A, Collerton J, Martin-Ruiz C, et al. Age-related frailty and its association with biological markers of ageing. *BMC Med*. 2015;13:161. Published 2015 Jul 13. doi:10.1186/s12916-015-0400-x
7. Jylhävä J, Pedersen NL, Hägg S. Biological Age Predictors. *EBioMedicine*. 2017;21:29-36. doi:10.1016/j.ebiom.2017.03.046
8. Horvath S. DNA methylation age of human tissues and cell types. *Genome Biol*. 2013;14(10):R115. doi: 10.1186/gb-2013-14-10-r115
9. Mamoshina P, Volosnikova M, Ozerov IV, Putin E, Skibina E, Cortese F, Zhavoronkov A. Machine Learning on Human Muscle

Transcriptomic Data for Biomarker Discovery and Tissue-Specific Drug Target Identification. *Front Genet*. 2018 Jul 12;9:242. doi: 10.3389/fgene.2018.00242

10. Galkin F, Mamoshina P, Aliper A, Putin E, Moskalev V, Gladyshev VN, Zhavoronkov A. Human Gut Microbiome Aging Clock Based on Taxonomic Profiling and Deep Learning. *iScience*. 2020 Jun 26;23(6):101199. doi: 10.1016/j.isci.2020.101199

11. van den Akker EB, Trompet S, Barkey Wolf JH, Beekman M, Suchiman HED, Deelen J. et al., Metabolic Age Based on the BBMRI-NL 1H-NMR Metabolomics Repository as Biomarker of Age-related Disease. *Circ Genom Precis Med*. 2020 Oct;13(5):541-547. doi: 10.1161/CIRCGEN.119.002610

12. Holzschek N, Falckenhayn C, Söhle J, Kristof B, Siegner R, Werner A, Schössow J, Jürgens C, Völzke H, Wenck H, Winnefeld M, Grönniger E, Kaderali L. Modeling transcriptomic age using knowledge-primed artificial neural networks. *NPJ Aging Mech Dis*. 2021 Jun 1;7(1):15. doi: 10.1038/s41514-021-00068-5

13. Сайт Росстата. Статистика — Официальная статистика — Население — Демография — Численность и состав населения — Распределение населения по возрастным группам

14. Численность населения российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2023 года: статистический бюллетень / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М. 2023

15. Сайт Росстата. Статистика — Официальная статистика — Население — Уровень жизни — Социальное обеспечение и социальная помощь — Основные показатели пенсионного обеспечения, численность пенсионеров и средний размер назначенных пенсий по видам пенсионного обеспечения и категориям пенсионеров

16. Проект бюджета Социального фонда (СФР) на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов

17. Bae C-y, Kim B-s, Cho K-h, Kim I-h, Kim J-h, Kim J-h (2023) 10-year follow-up study on medical expenses and medical care use according to biological age: National Health Insurance Service Health Screening Cohort (NHIS-HealS 2002~2019). *PLoS ONE* 18(3): e0282466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282466>

18. Федеральный закон от 27.11.2023 N 542-ФЗ «О бюджете Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов»

19. Федеральный закон от 28.12.2013 N 400-ФЗ (ред. от 28.12.2022) «О страховых пенсиях»