



**ФЕНОМИКА ЧЕЛОВЕКА**  
(краткий обзор литературы)

А.А. ХАДАРЦЕВ

*ТРОО Академия медико-биологических и технических наук,  
ул. Смидович, д. 12, г. Тула, 300028, Россия*

**Аннотация. Введение.** Краткий обзор литературы посвящен современному интегративному представлению результатов изучения *генома* и *фенома* человека в виде *феномики*, базирующихся на понятиях *фенотипа* и *генотипа*, *феномно-геномных взаимоотношений*. Человеческий организм представлен как *система третьего типа*. **Цель обзора** – ознакомление читателей с контентом некоторых статей, опубликованных преимущественно в отечественной печати и посвященных изучению *феномики* для дальнейшего углубленного изучения и развития науки. **Материал и методы исследования.** Проанализированы 79 источников из *elibrary* по поиску «феномика человека», после фильтрации отобрано 25 статей, в краткий обзор вошли 32 работы на основе концептуального подхода. **Результаты и их обсуждение.** Дана характеристика таких основных понятий, как *феном*, *феномика человека*, *геномика*, *норм реакции* в их связи с *фенотипом*. Определена значимость анализа *больших чисел*, в том числе для развития *персонализированной медицины*. Показана необходимость анализа *омиксных технологий*, сопряженных с *большими числами*, что возможно использованием высокопроизводительных методов анализа, сопровождающих генерацию значительных массивов данных, изучаемых *биоинформатикой*, в том числе с помощью *искусственного интеллекта*. Перечислены и кратко охарактеризованы основные *омик-технологии* применительно к практическим задачам медицины. **Заключение.** *Феномика человека* обуславливает развитие персонализированной и профилактической медицины, геронтологии – на основе *биоинформационного анализа* больших массивов данных с помощью *систем искусственного интеллекта*.

**Ключевые слова:** феном, геном, фенотип, третья парадигма, теория хаоса и самоорганизации, омиксные данные, большие данные, персонализированная медицина, искусственный интеллект

**HUMAN PHENOMICS**  
(brief literature review)

A.A. KHADARTSEV

*Tula Regional Social Organization Academy of Medical, Biological and Technical Sciences,  
Smidovich str., 12, Tula, 300028, Russia*

**Abstract. Introduction.** The brief literature review is devoted to modern integrative representation of *phenomics* which is the result of human *genome* and *phenome* study. The study is based on the concepts of *phenotype* and *genotype* as well as *genotype-phenotype correlation*. Human body is presented as *the third type system*. **Purpose of the review** is to make the readers acquainted with the content of some articles which have mostly been published in Russia and are dedicated to *phenomics* for its further deeper study and development. **Material and method of research.** We analyzed 79 *elibrary* sources using «феномика человека» [human phenomics] search request. 25 articles were selected after the filtration and the brief review included 32 works based on the conceptual approach. **Results and their discussion.** Such basic notions as *phenom*, *human phenomics*, *genomics*, *reaction norm* have been characterized in their relation with *phenotype*. Significance of *large numbers* analysis has been determined, including its importance for *personalized medicine* development. Necessity of *omix* technologies analysis has been shown which is associated with *large numbers* and is enabled by usage of highly-productive analysis methods, following the significant amount of data generation which is studied by *bioinformatics* including the usage of *artificial intelligence*. Basic *omic-technologies* have been listed and briefly characterized as applied to practical tasks of medicine. **Conclusion.** Development of personalized and prophylactic medicine as well as gerontology is due to *human phenomics* and is based on large amounts of data *bioinformatic analysis* using *artificial intelligence systems*.

**Key words:** phenom, genome, phenotype, the third paradigm, chaos and self-organization theory, omix data, Big Data, personalized medicine, artificial intelligence (AI)

**Введение.** Известно классическое определение *фенотипа* (от греч. *Φαινόντυπος* – *phainō* показываю, являю + *typos* образец), как формируемой на основе *генотипа*, опосредованного

внешними средовыми факторами, совокупности характеристик индивида на определенной стадии развития. *Феном человека* включает множество характеристик (внешний вид, биохимический статус, функции внутренних органов и пр.) Так же как *протеом* и *геном* обозначают все гены и белки организма, *феном человека* включает всю совокупность фенотипических характеристик, обусловленных взаимодействием генов и окружающей среды. Это и цвет кожи, глаз, рост тела, и личностные характеристики, особенности психологического поведения. Множество характеристик человека, объединенных понятием *феном*, относятся к различным уровням современного представления человека, как открытой иерархической системы. Это *мега-*, *макро-*, *микро-* и *нано-*уровни, каждому из которых соответствует своя размерность и свои закономерности. Человеческий организм относится к хаотическим *системам третьего типа (complexity)*, и изучается в рамках *третьей парадигмы* теорией хаоса и *самоорганизации систем (ТХС)*, в отличие от *систем первого типа* (детерминистских) и *систем второго типа* (стохастических), изучаемых статистическими методами [3-9,22,28].

**Цель обзора** – предоставить читателям журнала возможность ознакомиться с некоторыми литературными источниками, посвященными изучению *феномики* для дальнейшего углубленного изучения и развития науки. **Материал и методы исследования.** Из 79 источников, содержащихся в *elibrary* по поиску «феномика человека», после предварительной фильтрации отобрано 25 статей, и выборочно из PubMed – 7, всего 32 работы. При написании мини-обзора использован концептуальный подход.

**Результаты и их обсуждение.** В последние десятилетия начала развиваться наука *феномика*, основанная на систематическом изучении *фенома* и его определений. Базы больших данных создаются учеными ряда стран, входящих в Международный консорциум *фенома человека*, в частности, ученые Сеченовского университета планируют присоединиться к проекту Фуданьского университета (Китай) по созданию платформы изучения *фенома человека*. Опыт китайских коллег включает более тысячи добровольцев за последние пять лет, планируется анализ данных пациентов с различными заболеваниями. Предполагается проведение междисциплинарных исследований в биологии, инженерных науках, медицине с использованием возможностей искусственного интеллекта. Это позволит улучшить раннюю диагностику заболеваний, обеспечить персонализацию лечения неинфекционных заболеваний, дать новый импульс развитию профилактической медицины и геронтологии. Это обусловит понимание закономерностей формирования фенотипа, обеспечит биоинформационный анализ больших массивов данных о *фенотипе*, который осуществлен в *геномике* и *протеомике*. *Феномика человека* обобщает теоретические представления о механизмах адаптации, о закономерностях динамики функциональных нарушений и патологических процессов, о воздействии неблагоприятных факторов внешней среды на их течение (учение о доминанте А.А. Ухтомского, теория функциональных систем П.К. Анохина, теория адаптационных реакций Г. Селье, учение о конституциях и диатезах А.А. Богомольца, концепция взаимосвязи функции и генетического аппарата Ф.З. Меерсона и др.) [16-18].

Известно, что реактивность организма определяется *генотипом*. При этом генетическим базисом этиологии является реактивная детерминация. Особенная реакция *генотипа* на условия окружающей среды именуется *нормой* реакции. Учитывая тесную связь функции и генетического аппарата, реальна такая же связь между *фенотипом* и *нормами реакции* организма. Под *нормой* в настоящее время понимается оптимальный режим функционирования живой системы. *Фенотип* определяется *нормами* жизнедеятельности, что определяет полезный результат функциональной деятельности организма. *Изоморфность* системообразующего фактора обеспечивает полезный результат функционирования системы. Важный принцип системной организации функциональной деятельности – это полипараметрическая организация достижения конечного результата любой функциональной системы. Степень содействия множества компонентов системы, их упорядоченность во взаимодействии и взаимосодействии, – способствуют достижению системой определенного полезного результата. Теория функциональных систем постулирует достижение полезного результата как фактора оптимизации своего состояния, что достигается в процессе адаптации к факторам внешней среды. При этом формируется функциональная доминирующая система. *Существенная* система организма, под которой понимается (генетически обусловленная) преобладающая активность отдельных систем, – определяется максимальной *нормой* реакции, обуславливая физиологическую, психофизиологическую и психоэмоциональную индивидуальность человека.

*Феномика* изучает *феном* человека и определяет фенотипические характеристики индивида – не только *нормы* реакции систем организма, но и выявление степени отклонения уровня функционирования каждой системы от ее *нормы* с целью оптимизации ее жизнедеятельности. Доминирующая система, взаимодействуя с другими системами организма, может активно вовлекать их в процесс адаптации, активируя или угнетая их активность. При воздействии факторов стресса, *существенная*, она же потенциально доминирующая функциональная система с наибольшей *нормой* реакции из-за высокой активности может способствовать либо чрезмерному угнетению других систем организма, либо к избыточному их тонизированию. Особо подвержены такому влиянию системы с низкой *нормой* реакции [2].

*Феномика* привносит свой вклад в донологическую диагностику, обеспечивает подходы к анализу риска здоровью человека, что является биофункциональной основой персонализированной профи-

лактической медицины, коррекции симптоматики неинфекционных заболеваний и геронтологии [10,12-15].

*Фенотипический подход* способствует переходу эмпирической медицины в аналитическую. При этом выявляется предрасположенность конкретного человека к нарушению функциональных систем организма, выявляются инициальные признаки болезни, определяются резервы организма и прогноз его состояния, разрабатываются персонафицированные профилактические мероприятия. Функциональное состояние сравнивается по результатам измерений реальных параметров с должными величинами (*нормами* реакции), с учетом межсистемного взаимодействия. Это позволяет осуществить персонафицированное ранжирование систем организма по степени их предрасположенности к риску развития хронических неинфекционных заболеваний. Так как для этого используются информационные технологии, включая возможности искусственного интеллекта, возможно прогнозирование предрасположенности к заболеваниям на донозологическом этапе.

Актуально использование принципов *феномики* для сбережения здоровья населения в условиях Крайнего Севера, что актуально в свете задач его перспективного развития. На жителей Арктического региона действуют такие экстремальные климатические факторы, как холод, высокая скорость ветра, изменение влажности, необычный фотопериодизм, неадекватная инсоляция, напряженность геомагнитного поля, повышенный фон электромагнитной активности и ионизирующей радиации, статическое электричество, выраженные колебания атмосферного давления, антропогенные и техногенные факторы загрязнения воздуха, воды и почвы. Длительная адаптация человека к этим условиям обуславливает напряженность и переформатирование всех регуляторных физиологических и обменных процессов с возникновением *синдрома полярного напряжения*. Этот синдром включает ряд патологических реакций (десинхронозы, нарушения сна), нарушение функций дыхания, кровообращения (в частности, артериальную гипертензию), гипотермию, иммунодефицит, снижение обмена веществ, половой активности и др. Гиперфункция всех систем ведет к истощению физиологических резервов и ускоренному старению организма. Для компенсации этого предлагаются технологии электронной активации жилой среды и питьевой воды с целью профилактики хронических неинфекционных заболеваний, оптимизации гомеостаза организма и активации иммунной системы. Фенотипический подход к профилактике неинфекционных заболеваний предполагает использование технологий телемедицины и электронного здравоохранения. Предполагается совершенствование имеющейся системы профотбора и профориентации, внедрение психофизиологических технологий [11, 19, 21, 23, 24].

Для развития *феномики человека*, соответственно, *персонафицированной медицины* важное значение, как инструмент, имеет информация [25]. Численный рост медицинских данных по разнообразию, объема, и скорости их получения, обусловил использование «больших данных» (*Big data*) [30]. *Пациент-центричная* модель медицины основывается на анализе огромных по объему, неоднородных, генерируемых с большой скоростью данных, который позволяет детально анализировать связи между различными переменными, отражающими состояние жизненных функций человека, влияющих на его здоровье [26]. Интегрированная характеристика уникальных параметров организма человека, клинических симптомов и *фенотипа*, основанная на данных, полученных при анализе записей в историях болезни, результатов инструментальной визуализации, лабораторных анализов, а также данных *генома*, – позволяют развивать *персонафицированную* (прецизионную) медицину для прогнозирования исходов лечения и оптимальной профилактики, а также для развития интенсивной терапии, лечения редких заболеваний [31, 32].

Развитие *геномики* и *протеомики* обусловили получение значительных объемов необработанных данных (неоднородных, хранящихся в разных форматах), характеризующих сложнейшие биохимические и регуляторные процессы в живом организме. Наука о *больших данных* оперирует такими данными, которые трудно анализировать с помощью традиционного программного или аппаратного обеспечения, она интегрирует разнородные данные, осуществляет контроль их качества, анализ, моделирование, интерпретацию и *валидацию* [2, 29].

Аналитика *больших данных* включает генерацию и анализ *омиксных* (от англ. *omics*) данных [27]. Это – большие массивы данных, отражающих разные уровни биологических процессов, изучаемых новыми биологическими дисциплинами, объединенными общим подходом к методологии, основанной на изучении не отдельных молекул и биохимических путей, а совокупности всех молекул определенного уровня, соответствующей состоянию организма. *Омиксные технологии* предусматривает высокопроизводительные методы анализа, что ведет за собой генерацию больших массивов данных, анализ которых стал предметом *биоинформатики* – новой дисциплины, объединяющей биологию, статистику и компьютерную науку. Для решения биологических задач начато использование методов машинного обучения, *искусственного интеллекта*, продолжающееся до сих пор и постоянно совершенствующееся. На практике *омиксные данные* лежат в основе новой идеологии конструирования лекарственных препаратов, способствуют открытию новых механизмов развития заболеваний и выбору точки приложения лекарственного препарата, как мишени воздействия. К основным *омиксным данным* был отнесен ряд технологий.

*Геномика* – объединяющая все данные, характеризующие *геном*, предметом изучения которой являются некодирующие последовательности. *Эпигеномика* – изучающая эпигеномные модификации генома в ядре и в клетке, регуляцию экспрессии генов. *Транскриптомика* – оценивает уровень экспрессии генов в конкретной клетке или клеточной популяции. *Протеомика* – оценивает все возможные взаимодействия между белками, весь набор белков, который кодируется *геномом* в конкретном типе клеток и на уровне всего организма, в сопряжении с конкретными условиями и конкретным периодом времени. *Метаболомика* – изучает спектра метаболитов (малых молекул) в клетке, в органеллах, в органе или на уровне всего организма. *Интерактомика* – изучает прямые и косвенные взаимодействия между белками и другими молекулами *внутри конкретной клетки* и оценивает последствия этих взаимодействий, описывая их в виде биологических сетей. *Фармакогеномика* – представляет собой комбинацию *геномики* и *фармакологии* с анализом роли *генома* в индивидуальном ответе на лекарство. *Феномика* – осуществляет описание *фенотипа* с его многочисленными количественными и качественными характеристиками. *Болезнеомика (diseasomics)* – описывает все существующие болезни и их характеристики, с анализом генетических причин. *Микробиомика* – осуществляет анализ данных о *геномике* и *фенотипе* населяющих организм человека *микроорганизмов* и их взаимодействиях.

Технические сложности анализа *омиксных данных*, сопряжены с необходимостью стандартизации условий экспериментальных исследований (биологических образцов, технологий). Поэтому применение алгоритмов анализа затруднено с необходимостью сложного процесса изменения данных, их «чистки» и устранения шумов, с последующим реальным анализом, визуализацией закономерностей, кластеризацией и классификацией. Это реализует наука о *больших данных*. Другим препятствием к анализу *омиксных данных* является значительное число параметров (белков, генов, метаболитов), которых намного больше, чем число обследованных индивидуумов, что не позволяет выстраивать классические связи и визуализировать данные.

Имеется мнение о связи *геномно-феномных* отношений с патогенезом многофакторных заболеваний [20]. Была смоделирована корреляционная сеть генетически связанных заболеваний с общими «причинными», основанная на данных генетических ассоциаций 1248 болезней и 1777 генов. На основе анализа 1,5 млн историй болезни со 161 заболеванием установлена сеть сильных парных корреляций. Определены *дистропные* заболевания (взаимно отталкивающие), например – туберкулез легких и бронхиальная астма, туберкулез легких и митральный стеноз, лимфопролиферативный и миелопролиферативный процессы. А при наличии *синтропных* генов прослеживается общий биохимический и физиологический путь, неслучайное сочетание болезней, общность их общих механизмов развития – болезни адаптации, метаболический синдром, болезни сердечно-сосудистого континуума. Получены убедительные результаты генной терапии, селективной индукции вегетативных нейронов при хронической сердечной недостаточности с низкой фракцией выброса левого желудочка. Подтверждена значимость *омик-технологий* в комплексе, обеспечивающих моделирование фенотипа заболеваний, раскрывающих механизмы и неоднородность сердечной недостаточности [1].

**Заключение.** *Феномика человека* способствует персонализации лечения неинфекционных заболеваний, дает толчок развитию профилактической медицины и геронтологии. Обеспечивает понимание закономерностей формирования *фенотипа* на основе *биоинформационного анализа* больших массивов данных, побуждает развитие *систем искусственного интеллекта*.

## Литература

1. Гуляев Н.И., Прохорчик А.А., Мироненко Д.А., Варганова Е.Д., Бакшеев В.И. Новые методы и подходы к лечению хронической сердечной недостаточности с низкой фракцией выброса левого желудочка (обзор). Часть 2 // Госпитальная медицина: наука и практика. 2022. Т. 5. № 1. С. 52-58.
2. Демидчик В.В., Шашко А.Ю., Бондаренко В.Ю., Смоликова Г.Н., Пржевальская Д.А., Черныш М.А., Пожванов Г.А., Барковский А.В., Смолич И.И., Соколик А.И., Ю М., Медведев С.С. Феномика растений: фундаментальные основы, программно-аппаратные платформы и методы машинного обучения // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 3. С. 227–245.
3. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Карташова Н.М., Попов Ю.М., Хадарцев А.А. Понятие нормы и патологии в фазовом пространстве состояний с позиций компарментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий. 2005. №1. С. 12–14.
4. Еськов В.М., Зилов В.Г., Хадарцев А.А. Новые подходы в теоретической биологии и медицине на базе теории хаоса и синергетики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2006. Т. 5, № 3. С. 617–623.
5. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. Третья парадигма в медицине и психофизиологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. Публикация 1-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/1-6.pdf> (дата обращения: 20.06.2016). DOI: 10.12737/20308.

6. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития // Успехи кибернетики. 2020. Т. 1. № 1. С. 58-67.
7. Еськов В.М., Филатова О.Е., Галкин В.А., Филатов М.А., Чиркова Р.В. Возможны ли инварианты в теории хаоса-самоорганизации? // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2022. № 1. С. 84–94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-79-89.
8. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Третьяков С.А. Три великие проблемы физиологии и медицины // Вестник новых медицинских технологий. 2020. №4. С. 115-118. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16782
9. Здоровье населения и здоровье среды: pro et contra / Розенберг Г.С., Кузнецова Р.С., Костина Н.В., Лазарева Н.В., Андреевских М.А., Аристова М.А. [и др.]. Тольятти, 2021.
10. Марасанов А.В. Донозологическая диагностика на основе феномики. В сборнике: Факторы риска, популяционное (индивидуальное) здоровье в гигиенической донозологической диагностике. Материалы 15-й Евразийской научной конференции «Донозология–2020». Санкт-Петербург, 2020. С. 68-71.
11. Марасанов А.В. Механизм влияния факторов среды на организм человека и профилактические мероприятия по предупреждению и снижению их негативного влияния. В сборнике: Развивая вековые традиции, обеспечивая "Санитарный щит" страны. Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России. Мытищи, 2022. С. 65-68.
12. Марасанов А.В. Персонализированная профилактика и коррекция неинфекционных заболеваний на основе SWOT-анализа и феномики. В сборнике: Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. 2018. С. 536-541.
13. Марасанов А.В. Подход к анализу рисков для здоровья населения на основе модели феномики. В сборнике: Фундаментальные проблемы биомедицинской радиоэлектроники: междисциплинарные подходы и современные вызовы. Черепенин В.А. Сборник материалов международной конференции. Под общей редакцией В.А. Черепенина. 2020. С. 141-156.
14. Марасанов А.В. Подход к анализу рисков здоровью на основе модели феномики // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 5. С. 56-62.
15. Марасанов А.В. Феномика – биофункциональная основа профилактической медицины и геронтологии. В сборнике: Методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования химического загрязнения окружающей среды и его влияние на здоровье населения. Материалы Пленума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. под редакцией академика РАН Ю.А. Рахманина. 2015. С. 251-254.
16. Марасанов А.В., Вальцева Е.А. Научный потенциал феномики - функционального направления генетики // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 9. С. 805-810.
17. Марасанов А.В., Вальцева Е.А. Феномика. Этиология функциональных состояний организма человека при действии факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 10. С. 1004-1009.
18. Марасанов А.В., Вальцева Е.А., Миненко И.А., Звоников В.М. Метод персонализированного прогнозирования, сохранения, развития и управления здоровьем // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. №11. С. 1102-1107.
19. Марасанов А.В., Стехин А.А., Яковлева Г.В. Подход к обеспечению здоровьесбережения населения арктической зоны российской федерации (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2021. Т. 9. № 2. С. 201-212.
20. Пузырев В.П. Феномо-геномные отношения и патогенетика многофакторных заболеваний // Вестник Российской академии медицинских наук. 2011. № 9. С. 17-27.
21. Слонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2015. №1. С. 70–75.
22. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Ч. VI. Системный анализ и синтез в изучении явлений синергизма при управлении гомеостазом организма в условиях саногенеза и патогенеза: Монография / Под ред. В.М. Еськова, А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Офорт», 2005. 153 с.
23. Циммерман Я.С., Димов А.С. Проблема этиологии заболеваний внутренних органов (медико-биологический аспект) // Клиническая медицина. 2013. Т. 91. № 10. С. 4-11.
24. Шлихт А.Г., Краморенко Н.В. Автоматизированная информационная система мониторинга объектов техносферы, биосферы и здоровья человека. В сборнике: Экологическая, промышленная и

энергетическая безопасность - 2018. сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой. 2018. С. 1303-1307.

25. Шляхто Е.В., Конради А.О., Курапеев Д.И. Информация как важнейший инструмент развития персонализированной медицины. Как научиться ей управлять на благо пациента. Наука о "больших данных" // Российский журнал персонализированной медицины. 2022. Т. 2. № 6. С. 6-15.

26. Chinnaswamy A., Papa A., Dezi L., Mattiacci A. Big data visualisation, geographic information systems and decision making in healthcare management // *Manag. Decis.* 2019. № 57. P. 1937–1959.

27. Hassan M., Awan F.M., Naz A. Innovations in Genomics and Big Data Analytics for Personalized Medicine and Health Care: A Review // *Int. J. Mol. Sci.* 2022. № 23. P. 4645.

28. Khadartsev A.A., Zilov V.G., Eskov V.M., Ilyashenko L.K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2019. T. 167. № 4. С. 419-423.

29. Kharbouch A., Naitmalek Y., Elkhouchi H., Bakhouya M., De Florio V., El Oudghiri M.D., Latre S., Blondia C. IoT and big data technologies for monitoring and processing real-time healthcare data // *Int. J. Distrib. Syst. Technol.* 2019. № 10. P. 17–30

30. Lee I. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Bus. Horiz.* 2017, 60, 293–303.

31. Tran T.Q.B., du Toit C., Padmanabhan S. Artificial intelligence in healthcare-the road to precision medicine // *J. Hosp. Manag. Health Policy* 2021. № 5. P. 29.

32. Weaver C.A., Ball M.J., Kim G.R., Kiel J.M. Healthcare information management systems: Cases, strategies, and solutions: Fourth edition. In *Healthcare Information Management Systems: Cases, Strategies, and Solutions*, 4th ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016; P. 1–600.

## References

1. Guljaev NI, Prohorchik AA, Mironenko DA, Varganova ED, Baksheev VI. Novye metody i podhody k lecheniju hronicheskoy serdechnoj nedostatochnosti s nizkoj frakciej vybrosa levogo zheludochka (obzor). Chast' 2 [New methods and approaches to the treatment of chronic heart failure with a low left ventricular ejection fraction (review). Part 2]. *Gospital'naja medicina: nauka i praktika.* 2022;5(1):52-8. Russian.

2. Demidchik VV, Shashko AJu, Bondarenko VJu, Smolikova GN, Przheval'skaja DA, Chernysh MA, Pozhvanov GA, Barkovskij AV, Smolich II, Sokolik AI, Ju M, Medvedev SS. Fenomika rastenij: fundamental'nye osnovy, programmno-apparatnye platformy i metody mashinnogo obuchenija [Plant phenomics: fundamentals, hardware and software platforms and methods of machine learning]. *Fiziologija rastenij.* 2020;67(3):227-45. Russian.

3. Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Kartashova NM, Popov YuM, Khadartsev AA. Ponyatie normy i patologii v fazovom prostranstve sostoyaniy s pozitsiy kompartmentno-klasternogo podkhoda [The concept of norm and pathology in the phase space of States from the standpoint of the compartment-cluster approach]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy.* 2005;1:12-4. Russian.

4. Es'kov VM, Zilov VG, Hadarcev AA. Novye podhody v teoreticheskoy biologii i medicine na baze teorii haosa i sinergetiki [New approaches in theoretical biology and medicine based on chaos theory and synergetics]. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemah.* 2006;5(3):617-23. Russian.

5. Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE. Tret'ya paradigma v meditsine i psikhofiziologii [The Third Paradigm in Medicine and Psychophysiology]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet].* 2016[cited 2016 Jun 20];2[about 7 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/1-6.pdf>. DOI: 10.12737/20308.

6. Es'kov VM, Pjatin VF, Bashkatova JuV. Medicinskaja i biologicheskaja kibernetika: perspektivy razvitija [Medical and biological cybernetics: prospects for development]. *Uspеhi kibernetiki.* 2020;1(1):58-67. Russian.

7. Es'kov VM, Filatova OE, Galkin VA, Filatov MA, Chirkova RV. Vozmozhny li invarianty v teorii khaosa-samoorganizatsii? [Are invariants possible in chaos-self-organization theory?]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika.* 2022;1:84-94. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-79-89. Russian.

8. Es'kov VM, Hadarcev AA, Filatov MA, Tret'jakov SA. Tri velikie problemy fiziologii i mediciny [Three great problems of physiology and medicine]. *Vestnik novykh medicinskikh tekhnologij.* 2020;4:115-8. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16782 Russian.

9. Rozenberg GS, Kuznecova RS, Kostina NV, Lazareva NV, Andreevskih MA, Aristova MA. i dr. Zdorov'e naselenija i zdorov'e sredy: pro et contra [Public health and environmental health: pro et contra]. *Tol'jatti,* 2021. Russian.

10. Marasanov AV. Donozologicheskaja diagnostika na osnove fenomiki. V sbornike: Faktory riska, populjacionnoe (individual"noe) zdorov'e v gigienicheskoy donozologicheskoy diagnostike [Prenosological diagnostics based on phenomics.]. *Materialy 15-j Evrazijskoj nauchnoj konferencii «Donozologija–2020».* Sankt-Peterburg, 2020. S. 68-71. Russian.

11. Marasanov AV. Mehanizm vlijaniya faktorov sredy na organizm cheloveka i profilakticheskie meroprijatija po preduprezhdeniju i snizheniju ih negativnogo vlijaniya. V sbornike: Razvivaja vekovye tradicii, obespechivaja "Sanitarnyj shhit" strany [The mechanism of influence of environmental factors on the human body and preventive measures to prevent and reduce their negative impact]. Materialy XIII Vserossijskogo sezda gigienistov, toksikologov i sanitarnyh vrachej s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennogo 100-letiju osnovaniya Gosudarstvennoj sanitarno-jepidemiologicheskoy sluzhby Rossii. Mytishhi, 2022. S. 65-8. Russian.

12. Marasanov AV. Personalizirovannaja profilaktika i korekciya neinfekcionnyh zabolevanij na osnove SWOT-analiza i fenomiki [Personalized prevention and correction of non-communicable diseases based on SWOT analysis and phenomics]. V sbornike: Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija i zashhity prav potrebitel'ej. Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Pod red. A.Ju. Popovoj, N.V. Zajcevoj. 2018. S. 536-541. Russian.

13. Marasanov AV. Podhod k analizu riskov dlja zdorov'ja naselenija na osnove modeli fenomiki [Approach to the analysis of public health risks based on the phenomics model]. V sbornike: Fundamental'nye problemy biomedicinskoj radioelektroniki: mezhdisciplinarnye podhody i sovremennyye vyzovy. Cherepenin V.A. Sbornik materialov mezhdunarodnoj konferencii. Pod obshej redakciej V.A. Cherepenina. 2020. S. 141-56. Russian.

14. Marasanov AV. Podhod k analizu riskov zdorov'ju na osnove modeli fenomiki. Vestnik Rossijskogo novogo universiteta [Approach to health risk analysis based on the phenomics model]. Serija: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie. 2020;5:56-62. Russian.

15. Marasanov AV. Fenomika – biofunkcional'naja osnova profilakticheskoy mediciny i gerontologii [Phenomics – the biofunctional basis of preventive medicine and gerontology]. V sbornike: Metodologicheskie problemy izuchenija, ocenki i reglamentirovaniya himicheskogo zagriznenija okruzhajushhej sredy i ego vlijanie na zdorov'e naselenija. Materialy Plenuma Nauchnogo soveta Rossijskoj Federacii po jekologii cheloveka i gigiene okruzhajushhej sredy. pod redakciej akademika RAN Ju.A. Rahmanina. 2015. S. 251-4. Russian.

16. Marasanov AV, Val'ceva EA. Nauchnyj potencial fenomiki - funkcional'nogo napravlenija genetiki [The scientific potential of phenomics - the functional direction of genetics]. Gigiena i sanitarija. 2016;95(9):805-10. Russian.

17. Marasanov AV, Val'ceva EA. Fenomika. Jetiologija funkcional'nyh sostojanij organizma cheloveka pri dejstvii faktorov okruzhajushhej sredy [Etiology of functional states of the human body under the influence of environmental factors]. Gigiena i sanitarija. 2017;96(10):1004-9. Russian.

18. Marasanov AV, Val'ceva EA, Minenko IA, Zvonikov VM. Metod personalizirovannogo prognozirovaniya, sohraneniya, razvitiya i upravlenija zdorov'em [Method of personalized forecasting, preservation, development and health management]. Gigiena i sanitarija. 2018;97(11):1102-7. Russian.

19. Marasanov AV, Stehin AA, Jakovleva GV. Podhod k obespecheniju zdorov'esberezhenija naselenija arkticheskoy zony rossijskoj federacii (obzor) [An approach to ensuring the health of the population of the Arctic zone of the Russian Federation (review)]. Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovanij. 2021;9(2):201-12. Russian.

20. Puzyrev VP. Fenomo-genomnye otnosheniya i patogenetika mnogofaktornyh zabolevanij [Phenomic-genomic relations and pathogenetics of multifactorial diseases]. Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk. 2011;9:17-27. Russian.

21. Slonin JuG, Bojko ER. Mediko-fiziologicheskie aspekty zhiznedejatel'nosti v Arktike [Medico-physiological aspects of life in the Arctic]. Arktika: jekologija i jekonomika. 2015;1:70-5. Russian.

22. Hadarcev AA, Es'kov VM, Sistemnyj analiz, upravlenie i obrabotka informacii v biologii i medicine. Ch. VI. Sistemnyj analiz i sintez v izuchenii javlenij sinergizma pri upravlenii gomeostazom organizma v uslovijah sanogeneza i patogeneza: Monografij [System analysis, management and information processing in biology and medicine]. Pod red. VM. Es'kova, AA. Hadarceva. Samara: OOO «Ofort», 2005. Russian.

23. Cimmerman JaS, Dimov AS. Problema Jetiologii Zabolevanij Vnutrennih Organov (Mediko-Biologicheskij Aspekt) [The problem of etiology of diseases of internal organs (medico-biological aspect)]. Klinicheskaja medicina. 2013;91(10): 4-11. Russian.

24. Shliht AG, Kramorenko NV. Avtomatizirovannaja informacionnaja sistema monitoringa obektov tehnosfery, biosfery i zdorov'ja cheloveka [Automated information system for monitoring objects of the technosphere, biosphere and human health]. V sbornike: Jekologicheskaja, promyshlennaja i jenergeticheskaja bezopasnost' - 2018. sbornik statej po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod red. L. I. Lukinoj, N. A. Bezhina, N. V. Ljamingoj. 2018. S. 1303-1307. Russian.

25. Shljahto EV, Konradi AO, Kurapeev DI. Informacija kak vazhnejshij instrument razvitiya personalizirovannoj mediciny [Information as the most important tool for the development of personalized medicine. How to learn how to manage it for the benefit of the patient. The science of "big data"]. Kak nauchit'sja ej upravljat' na blago pacienta. Nauka o "bol'shijh dannyh". Rossijskij zhurnal personalizirovannoj mediciny. 2022;2(6):6-15. Russian.

26. Chinnaswamy A, Papa A, Dezi L, Mattiacci A. Big data visualisation, geographic information systems and decision making in healthcare management. *Manag. Decis.* 2019; 57:1937–59.

27. Hassan M, Awan FM, Naz A, et al. Innovations in Genomics and Big Data Analytics for Personalized Medicine and Health Care: A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23:4645.

28. Khadartsev AA, Zilov VG, Eskov VM, Ilyashenko LK. New effect in physiology of human nervous muscle system. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2019;167(4):419-23.

29. Kharbouch A, Naitmalek Y, Elkhouchi H, Bakhouya M, De Florio V, El Ouadghiri MD, Latre S, Blondia C. IoT and big data technologies for monitoring and processing real-time healthcare data. *Int. J. Distrib. Syst. Technol.* 2019;10:17-30

30. Lee I. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Bus. Horiz.* 2017;60:293-303.

31. Tran TQB, du Toit C, Padmanabhan S. Artificial intelligence in healthcare-the road to precision medicine. *J. Hosp. Manag. Health Policy* 2021;5:29.

32. Weaver CA, Ball MJ, Kim GR, Kiel JM. Healthcare information management systems: Cases, strategies, and solutions: Fourth edition. In *Healthcare Information Management Systems: Cases, Strategies, and Solutions*, 4th ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2016.

---

**Библиографическая ссылка:**

Хадарцев А.А. Феномика человека (краткий обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2023. №6. Публикация 3-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-4.pdf> (дата обращения: 20.11.2023). DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-4. EDN NCCXUK\*

**Bibliographic reference:**

Khadartsev AA. Fenomika cheloveka (kratkij obzor literatury) [Human phenomics (brief literature review)]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition.* 2023 [cited 2023 Nov 20];6 [about 8 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-4.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-4. EDN NCCXUK

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/e2023-6.pdf>

\*\*идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после выгрузки полной версии журнала в eLIBRARY