

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(ВИНИТИ РАН)

ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Обзорная информация

Выпуск № 4

Издается с 1972 г.

Москва 2020

Выходит 12 раз в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – к.т.н. И. И. Потапов

Члены редколлегии:

*И. Н. Борисенко, Е. В. Карцева,
к. х. н. Л. М. Королёва, д. ф.-м. н. В. Ф. Крапивин,
к. т. н. Г. Ю. Остаева (ученый секретарь),
к. т. н. А. Г. Юдин*

Наш адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20
Всероссийский институт научной и технической информации
Отдел научной информации по глобальным проблемам
Телефон 8(499) 152-55-00; Факс 8(499) 943-00-60
E-mail: ipotapov37@mail.ru

© ВИНТИ, 2020

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE FOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL
INFORMATION
(VINITI RAS)

PROBLEMS OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES

Review information

№ 4

Founded in 1972

Moscow 2020

A Monthly Journal

CHIEF EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
Potapov I. I.

Editorial Board Members:

*Borisenko I. N., Kartseva E. V., Koroleva L. M.,
Krapivin V. F., Ostaeva G. Y., Yudin A. G.*

Editorial office: 125190, Russia, Moscow, Usiyevich st., 20
The All-Russian Research Institute for Scientific and Technical Information
Department of Scientific Information on Global Problems
Telephone: 499-152-55-00
ipotapov37@mail.ru

© VINITI, 2020

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

DOI: 10.36535/0235-5019-2020-04-1

УДК 502/504:001.8

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Канд. физ.-мат. наук **В.Ю. Солдатов**
(Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва)

GEOECOLOGICAL MONITORING TECHNOLOGY

V.Yu. Soldatov

Ключевые слова: ГИС, ГИМС, мониторинг, принятие решения

Key words: GIS, GIMS, monitoring, decision making

Обсуждены информационно-моделирующие и инструментальные средства организации многопрофильного мониторинга окружающей среды. Предложено расширение функций ГИС путем подключения моделей функционирования объектов мониторинга и принятия статистических решений с применением последовательного анализа. Перечислены основные принципы геоэкологического мониторинга. Предложенное расширение функций ГИС основано на рассмотрении подсистем окружающей среды как элементов природы, взаимодействующих через биосферные, климатические и социально-экономические связи с глобальной системой природа/общество. Такой подход обеспечивает максимальный учет прямых и косвенных связей изучаемой системы с глобальной системой климат-биосфера-общество.

Данная работа выполнена по госзаданию № 0030-2015-0195.

Information-modeling and instrumental tools are discussed to be as environment monitoring instruments. Widening of the GIS function is supposed by means of the connection of the models describing the monitoring objects and using decision making sequential procedure. Basic principles of geoecological monitoring are listed. A widening of the GIS functions is proposed on the base of consideration of environmental subsystems as natural elements that interact with global nature-society system through biosphere, climate and socio-economic correlations. Such approach provides maximal taking into account of direct and indirect correlations between studied systems and global climate-biosphere-society system.

Введение

Область географических информационных систем (ГИС) является наиболее развитой частью природного мониторинга. Во многих странах ГИС-технология пользуется большим успехом и приносит ощутимые экономические эффекты. ГИС лежит на стыке компьютерной картографии с базами данных и дистанционным зондированием. Элементами ГИС являются компьютерная сеть, база дан-

ных, сеть передачи данных и система отображения реальной ситуации на дисплее компьютера. Многочисленные примеры ГИС позволяют утверждать, что ГИС-технология обеспечивает удобное для массового пользователя средство контроля состояния объекта мониторинга и служит эффективным механизмом объединения многофакторной информации об объекте. Однако ГИС-технология имеет серьезные ограничения, когда речь идет о сложных задачах природного мониторинга, требующих создания динамичного образа среды в условиях отрывочных данных по пространству и во времени. Основным недостаток ГИС - технологии состоит в том, что она не ориентирована на многоплановый прогноз состояния объекта мониторинга.

Важный шаг в развитии ГИС - технологии сделан в работах [1-19], где теоретически обоснована и практически применена ГИМС – технология (рис. 1 и 2). Эта технология устраняет многие недостатки ГИС - технологии и дает возможность синтеза систем мониторинга с функциями прогноза. Обобщенно основная концепция ГИМС - технологии представлена в (Крапивин, Потапов, 2002). Ее ключевым звеном является дистанционное определение с помощью зондирования со спутников максимально возможного числа параметров глобальной модели. Именно такое сочетание эмпирической и теоретической частей ГИМС - технологии позволяет оперативно оценивать текущие и прогнозные изменения окружающей среды в планетарных масштабах.



Рис. 1. Концепция адаптивно-эволюционной технологии использования информационно-измерительных систем.

Технология синтеза систем геоэкологического мониторинга (ГИМС-технология)

Основными принципами ГИМС - технологии являются:

1) Объединение, интеграция и координация уже существующих государственных, ведомственных и отраслевых систем сбора первичной информации об окружающей среде на единой организационной и научно-методической основе.

2) Оптимизация материальных и финансовых затрат на создание, функционирование и совершенствование системы контроля окружающей среды.

3) Согласование и совместимость информационных потоков на основе применения единой координатно-временной системы, использования единой системы классификации, кодирования, форматов и структуры данных.

4) Централизация доступа к информации через международные информационные сети с максимальным расширением списка пользователей.

5) Обеспечение межнационального характера глобального геоинформационного мониторинга, не зависящего от несовпадения государственных границ с границами экосистем.

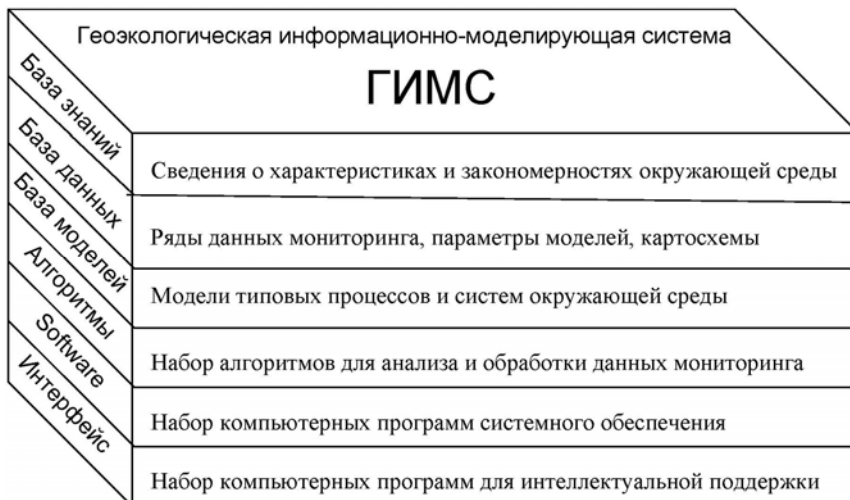


Рис. 2. Архитектура ГИМС.

Состояние природных объектов характеризуется большим разнообразием параметров. Среди них, такие как характеризующие тип почвы и растительности, водный режим территории, солевой состав почво-грунтов, уровень залегания грунтовых вод и многие другие. В принципе, требуемая информация об указанных параметрах может быть получена с различной степенью достоверности и производительности из данных наземных наблюдений, дистанционных измерений и из банков данных географических информационных систем, где содержится априорная информация, накопленная в прошлые годы. Проблема, возникающая перед лицом, ответственным за принятие соответствующего решения, заключается в получении ответов на следующие вопросы:

- какие приборы целесообразно использовать для проведения наземных и дистанционных измерений;
- какие финансовые средства выделить для проведения наземных и дистанционных измерений;
- как сбалансировать количество наземных измерений и объем дистанционных данных с учетом их информационного содержания и стоимости;

- какие математические модели пространственно-временных изменений параметров природных объектов целесообразно использовать для интерполяции и экстраполяции данных контактных и дистанционных наблюдений с целью уменьшения объема (количества) последних и, соответственно, уменьшения стоимости работы в целом, а также для получения прогноза функционирования наблюдаемого объекта.

ГИМС - технология позволяет ответить на поставленные вопросы. Она может быть адаптирована к требуемым объектам, таким, например, как богарные земли, поливные площади, заливные и пойменные территории, системы река-бассейн водосбора, река-дельта реки, канал - орошаемая территория, океанская акватория, региональная аквагеосистема, биогеоценоз и другие [2,16]. Некоторые примеры таких систем рассмотрены в [17].

Любая подсистема окружающей среды рассматривается как элемент природы, взаимодействующий через биосферные, климатические и социально-экономические связи с глобальной системой природа/общество (СПО). Для конкретного объекта мониторинга создается модель, описывающая это взаимодействие и функционирование различных уровней пространственно-временной иерархии всей совокупности процессов в окружающей среде, влияющих по предварительным оценкам на состояние объекта. Модель охватывает характерные для данной территории процессы природного и антропогенного характера и в начале своей разработки опирается на существующую информационную основу. Структура модели ориентируется на адаптивный режим ее использования с последующими проверками ее адекватности путем сравнения измеренных и рассчитанных состояний изучаемой системы. В зависимости от уровня расхождения этих данных принимается решение о коррекции либо модели, либо режима измерений (частота измерений во времени и размещение измерений в пространстве).

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования геозкосистемы данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС территории, обеспечивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования геозкосистемы.

ГИМС-технология и мобильные исследовательские платформы дистанционного зондирования

В институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН совместно с другими российскими и зарубежными организациями созданы мобильные платформы дистанционного микроволнового зондирования, которые обеспечивают реализацию функций ГИМС-технологии при решении конкретных задач мониторинга природных и природно-техногенных систем, включая задачи мелиорации, гидрологии, океанологии, экологии и эпидемиологии [2,13,15,16,17]. Например, применение бесконтактной технологии позволяет оперативно получать данные о состоянии влажности почвы, оценивать возможность возникновения критических гидрологических ситуаций и проводить мониторинг состояния гидротехнических сооружений в регионах с повышенной гидрологической опасностью. В частности, ГИМС-технология может обеспечить надежный контроль зон возможного подтопления шоссейных и железнодорожных дорог, а также утечек через дамбы и плотины.

Практическая реализация ГИМС-технологии возможна с применением платформ-носителей сенсоров дистанционного зондирования. Такие платформы были созданы и испытаны в различных регионах земного шара [1,16,17]. На рис. 3 приведен пример такой платформы.

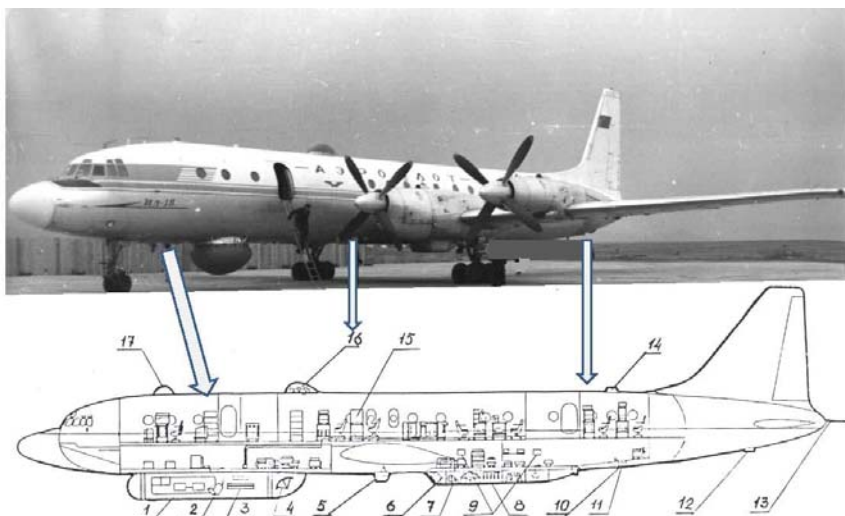


Рис. 3. Схема расположения антенных систем и фотолюков на самолете-лаборатории ИЛ-18 (Бородин и др., 1982, 1987).

Антенны: 1,3 – радиолокаторов с синтезированной апертурой диапазона 2м и 10 см.; 2,6 – трассовых поляриметров диапазона 0.8 и 2.25 см.; 4 – шестиканального сканирующего поляриметра диапазонов 0.8; 1.35 и 2.25 см.; 8 – трассовых радиометров диапазонов 0.8; 1.35; 2.25; 10; 20 и 27 см.; 7,9 – прецизионного высотомера и интерферометра бокового обзора на волне 2.2 см.; 13 – станции подповерхностного зондирования декаметрового диапазона. Фотолюки: 5,10,12 – широкоформатного и кадрового телевидения, аэрофотоаппарата; 11, 14 – аппаратуры миллиметрового диапазона; 16 – трассовых радиометров диапазона 0.8; 1.35 и 2.25 см.; 15 – гравиметрическая и инерциальная аппаратура; 17 – астролюк.

В любом случае получение надежных оценок состояния геоэкологической системы регионального масштаба с помощью этих платформ предполагает наличие априорных данных о геоэкологической системе и проведение синхронных измерений контактными методами. ГИМС-технология обеспечивает восстановление пространственного распределения характеристик геоэкологической системы по данным трассовых и наземных измерений, которые характеризуются фрагментарностью по пространству и эпизодичностью во времени. ГИМС-технология позволяет преодолевать ситуации неустранимой информационной неопределенности, используя для этого методику эволюционного моделирования. Использование оптических сенсоров и технологии спектроскопии позволяет рассчитывать индикаторы качества водных ресурсов, оценивая содержание химических элементов в воде и наличие пятен загрязнителей на водной поверхности.

Глобальные системы мониторинга окружающей среды

Недавно NASA завершило начатое в 1997 г. развертывание системы наблюдения Земли (**EOS** – Earth Observing System), самого совершенного и всеобъемлющего инструмента определения изменений глобального климата в мире (<http://earthobservatory.nasa.gov>). Система EOS содержит серию спутников (табл. 1), ориентированных на долговременное наблюдение за атмосферой, сушей и океанами.

На протяжении будущего десятилетия NASA и партнеры Агентства по исследованиям будут анализировать данные, полученные с помощью EOS, чтобы охарактеризовать, понять, и спрогнозировать возможность и тенденции изменений в системе Земля, как для научных целей, так и для практического применения. Цель программы EOS - развить научное понимание процессов на планете Земля, её реакций на естественные изменения или на деятельность человека, а также усовершенствовать прогнозирование изменений климата и стихийных бедствий.

Таблица 1.

Перечень некоторых характерных компонентов системы EOS

Система	Характеристика системы
Aqua (EOS PM-1)	Запущена 4 мая 2002 г. для изучения осадков, испарения и элементов глобального круговорота воды. Оснащена сенсорами: <ul style="list-style-type: none"> • AMSR-E для измерения параметров облачности, ТПО, скорости приводного ветра, потока радиационной энергии, характеристик водной поверхности, льда и снега. • MODIS для измерения параметров облаков, аэрозолей, земной поверхности, вулканов, пожаров и потока радиационной энергии. • AMSU-A для измерения температуры и влажности атмосферы. • HSB для измерения содержания влаги в атмосфере. • CERES для измерения радиационной энергии в широком диапазоне спектров.
Aura (EOS CH-1)	Спутник запущен 15 июля 2004 г. на синхронизированную с солнцем орбиту для измерения характеристик озонового слоя и химии атмосферы, а также других параметров климатической системы. Оснащен: <ul style="list-style-type: none"> • HIRDLS для измерения инфракрасного излучения озонового слоя, парами воды, метанов, азотом и CFCs. • MLS для измерения излучения от озона, хлора и других химических элементов. • OMI для формирования двумерных изображений с использованием ультрафиолета и видимой радиации. • TES для измерения тропосферного озона, CO, метана и окислов азота в инфракрасном диапазоне.
GRACE	Спутник запущен 17 марта 2002 г. Оснащен микроволновой дальномерной системой для измерения с высокой точностью (до 10 мкм) расстояния между двумя космическими объектами на полярной орбите.
OSTM (Jason-1,2)	Два океанографических спутника, запущенных 7 декабря 2001 г. и в июне 2008 г. для оценки характеристик океана – уровня в пределах нескольких сантиметров, скоростей течений, запасенном в океане тепле, а также ряда других параметров системы океан-атмосфера (Эль-Ниньо и др.). Оснащены альтиметром и микроволновой дальномерной системой.

OCO	Спутник запущен 24 февраля 2009 г. на близкую к полярной орбиту для глобального наблюдения за круговоротом CO ₂ в атмосфере с оценкой пространственного распределения и мощности его источников и стоков. Оснащен тремя запараллеленными спектрометрами высокого разрешения.
Aquarius	Спутник запущен в мае 2010 г. для измерения солености морской поверхности с покрытием всей земной поверхности за 7 суток. С пространственным разрешением 150 км и точностью до 0,2 ‰.
SMAP	Программа НАСА предусматривает регулярный запуск серии спутников типа Hydros для глобального наблюдения за состоянием элементов водного баланса, включая влажность почв, параметры зон замерзания и оттаивания, характеристики обменных процессов водой и энергией в засушливых зонах и бореальном поясе.
SORCE	Спутник был запущен 25 января 2003 г. для измерения приходящей солнечной радиации с выделением ряда диапазонов: ультрафиолет, видимый, ближний инфракрасный, x-лучи.

Особое место в глобальном мониторинге окружающей среды занимает космическая метеорология, которая является разделом метеорологии, изучающим физическое состояние атмосферы и метеорологические явления с помощью специализированных искусственных спутников Земли. В состав бортовых метеорологических комплексов, установленных на спутнике, обычно входят телевизионные камеры, приёмники инфракрасного излучения для измерения температуры поверхности Земли, океана и облаков, актинометрическая аппаратура для измерения отражённой и излучённой тепловой энергии Земли и атмосферы, спектрометрические приборы для определения вертикального профиля температуры атмосферы. Телевизионные изображения облачности позволяют распознавать и проследивать в глобальном масштабе различные синоптические объекты, такие, как циклоны, воздушные течения и др. Особенно важна спутниковая информация для прогнозирования возникновения, эволюции и перемещения тропических циклонов, для анализа атмосферных процессов, на котором базируются современные методы прогноза погоды. Достоверный прогноз погоды имеет существенное значение для сельского хозяйства, мореплавания, воздушного транспорта и т. п.

Первый российский метеорологический спутник был запущен 28 августа 1964 г., получив наименование «Космос-44». Впоследствии из спутников «Космос-122, –144 и –156» и наземной системы приёма, сбора, обработки и распространения метеорологической информации была образована метеорологическая космическая система «Метеор» (1967). С 1969 г. начались запуски серийных спутников «Метеор».

В 1965 г. впервые в истории метеорологии была получена картина облачного покрова почти над всей земной поверхностью. Заметим, что на спутнике ведется съёмка и в ночное время. При этом следует вспомнить, что наземные наблюдения дают подробные сведения лишь об 1/5 земной поверхности, следовательно, 4/5 остаются освещёнными очень слабо — это поверхность океанов, особенно на севере и юге планеты, горы, внутренние моря и т. д.

Наблюдения за облачностью с Земли охватывают лишь 10—20% всего покрова и зондируют атмосферу до высоты 20—25 км. Метеорологические спутники показывают общее распределение ряда метеорологических элементов всего Зем-

ного шара. Широта обзора спутника до 1000 км и выше. С помощью телевизионной аппаратуры спутника можно узнать формы и распределение облачности, снежного покрова и ледяных полей в океанах, температуру верхней границы облаков и открытых участков Земли и океанов. На очереди получение информации о зонах выпадения осадков, их интенсивности, распределении очагов грозовой деятельности. Спутники открыли возможность получения качественно новых сведений о состоянии погоды.

В целом роль аэрокосмических методов при изучении СОА принципиальна, поскольку существующие наземные и буйковые метеорологические станции не могут физически обеспечить надежное информационное сопровождение всех процессов в СОА. Особое место здесь занимают геостационарные спутники.

Геостационарные спутники наблюдения за окружающей средой (GOES) вращаются вокруг Земли по геосинхронной орбите со скоростью, соответствующей скорости вращения Земли. Это позволяет им непрерывно наблюдать за одной и той же позицией на поверхности земли. Находясь на высоте 35800 километров (22300 миль) над Землей, например, спутники GOES-8 и GOES-9 обеспечивают информацией о состоянии поверхности Земли и окружающей среды через каждые полчаса.

GOES спутники используются и обслуживаются Национальной океанской и атмосферной Администрацией (НОАА-NOAA), в то время как Национальная администрация по авиации и космическому пространству (NASA) управляет разработкой, созданием и запуском космических кораблей. Запустив спутник, НОАА становится ответственной за его работу.

Первый геостационарный метеорологический спутник (GOES-1) был запущен 16 октября 1975 г. и сразу же стал неотъемлемой частью Национального Бюро Погоды. В течение последних 30 лет, агентства по услугам окружающей среды установили потребность в непрерывных, своевременных и высококачественных наблюдениях за поверхностью Земли и окружающей средой. Новое поколение спутников GOES (GOES от I до M) предоставляет именно такие данные. У этих спутников на борту установлены инструменты, которые позволяют измерять испущенное Землей и отраженное излучение, зная которое можно легко определить атмосферную температуру, скорости ветров, влажность и плотность облаков. GOES-8 и GOES-9 были первыми представителями этого нового спутникового поколения, которые были запущены, заменив орбиты более старых спутников GOES-6 и GOES-7.

Получаемые с помощью GOES данные, которые являются очень точными и представляют собой краткосрочное прогнозирование, затем распространяется Национальным информационным спутниковым центром по окружающей среде (NESDIS) по целому ряду действующих научно-исследовательских центров. Сегодня эти данные используются очень большим числом пользователей.

Системы наблюдения за мировым океаном

Глобальная система наблюдения за океаном (ГСХО) была создана по решению межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО, принятому на 16-й сессии Ассамблеи МОК в 1991 г. (Резолюция XVI-8). Развитие ГСХО осуществляется в сотрудничестве с Всемирной метеорологической организацией (ВМО), Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Международным советом по науке. ГСХО обеспечивает океанический компонент глобальной системы наблюдений за климатом и морской прибрежный компонент глобальной

системы наблюдений за сушей. ГСНО представляет собой программу по формированию глобальной унифицированной международной системы для систематических наблюдений, сбора и распространения океанографических данных, подготовки анализов и прогнозов, и другой продукции в целях обеспечения правительств, отраслей экономики, науки и общественности информацией, необходимой для морской деятельности, включая влияние океана на климат.

Вся акватория Мирового океана разделена на 13 зон для контроля с использованием возможностей всемирных и региональных центров изучения в основном тропических циклонов. Информация об этих центрах представлена в табл. 2.

В основном все перечисленные центры наблюдения за процессами в океанах функционируют под эгидой Всемирной метеорологической организации, программа которой по изучению тропических циклонов имеет пять компонент, так или иначе ориентированных на научные и технические возможности региональных центров.

Глобальная система наблюдения за процессами в океанах (GOOS) ориентирована на решение широкого спектра задач, стоящих в первую очередь перед межправительственной океанографической комиссией ЮНЕСКО (ИОС), а также перед Всемирной метеорологической организацией (ВМО), Программой по окружающей среде ООН (UNEP) и международным советом научных союзов (ICSU). Эта система стратегически нацелена на решение таких важных задач, как:

- координация совместных действий различных международных и региональных организаций по развитию и обслуживанию глобальной системы накопления, архивирования и распределения всех типов данных о состоянии морей и океанов;
- разработка и реализация технологий для получения и анализа данных глобального мониторинга для решения задач сохранения в безопасном для человечества состоянии морей и океанов;
- распространение знаний о морях и океанах в развивающемся мире с ориентацией на его собственные потребности в использовании ресурсов Мирового океана.

Таблица 2.

Региональные специализированные метеорологические центры предупреждения о тропических циклонах

Регион	Зона действия центра	Наименование и принадлежность центра
I-II	Атлантический океан и западные акватории Тихого океана	Национальный США центр ураганов в Майами (RSMC)
III	Центральные акватории Тихого океана	Центр ураганов в Гонолулу (RSMC)
IV	Северо-западные акватории Тихого океана	Японское метеорологическое агентство (RSMC, Токио)
V	Север Индийского океана	Метеорологический департамент Индии (RSMC, Нью Дели)
VI	Юго-запад Индийского океана	Метеорологическое агентство Франции (RSMC, La Réunion)

VII-XI	Юго-запад Тихого океана и юго-восток Индийского океана	VII- Метеорологическое бюро Австралии (TCWC, Perth); VIII- Метеорологическое агентство Индонезии (TCWC, Джакарта); IX- Метеорологическое бюро Австралии (TCWC, Дарвин); X- Метеорологическая служба Папуа Новая Гвинея (TCWC, Port Moresby); XI- Метеорологическое бюро Австралии (TCWC, Brisbane).
XII-XIII	Южные акватории Тихого океана	XII- Метеорологическая служба Фиджи (RSMC, Nadi); XIII- Метеорологическая служба Новой Зеландии (TCWC, Веллингтон).

Структура GOOS включает разнообразные модули, отвечающие за планирование и реализацию предметно ориентированных программ:

- I-GOOS – межправительственный комитет, осуществляющий разработку и исполнение стратегических планов по изучению Мирового океана.
- PICO – подкомитет в рамках GSSC, образованный на 24-й ассамблее ИОС в 2007 г. в Париже и который обеспечивает выполнение программ по вопросам функционирования наземного сектора GOOS.
- GSC – комитет, который отвечает за разработку и использование новых технологий в целях повышения эффективности систем мониторинга Мирового океана.
- OPC – экспертная группа, занимающаяся разработкой рекомендаций по стратегическому планированию исследований Мирового океана.
- GRA – комитет, отвечающий за измерительные подсистемы.
- GPO – комитет, контролирующий инфраструктуру баз данных.
- JCOMM – комитет, занимающийся рассмотрением экспертных и прогнозирующих подсистем.

Структура GOOS имеет две подсистемы регионального уровня ROOS и RCOOS, каждая из которых, как правило, имеет национальный характер. Подсистема ROOS состоит из национальных систем мониторинга океанов и морей, а подсистема RCOOS управляет наземным сектором GOOS. Одним из важных элементов ROOS является ее арктический сектор, который был основан Нансеновским Центром дистанционного зондирования (Норвегия) в 2005 г. Основными компонентами арктической системы мониторинга являются научно-исследовательские суда, плавающие и дрейфующие буйковые измерительные системы, спутники с полярными орбитами. Базовым инструментом обработки получаемых данных измерений являются климатические модели различной сложности. Именно через климатические модели можно проследить корреляционные связи между процессами в Арктике и тропических широтах Мирового океана. В работе [14] показано размещение заякоренных измерительных систем в арктическом бассейне.

Другим большим блоком GOOS является образованная в 1994 г. европейская секция, охватывающая 34 национальных правительственных агентства и исследовательских организаций из 16 европейских стран. Объектом внимания европей-

ского сектора GOOS являются воды Арктики, Балтийского, Черного и Средиземного морей, Бискайский залив, весь северо-западный шельф.

Дистанционное исследование геофизической среды в зонах зарождения ТЦ наряду с решением многих задач эволюции СОА в первую очередь важно для понимания механизмов возникновения первичных форм возмущения и последующего их перехода в развитую форму ТЦ. Ясно, что для решения этой задачи необходимо получать детальные данные о структурных, динамических и термодинамических характеристиках тропического возмущения непосредственно в момент этого перехода. Однако, существующие средства дистанционного мониторинга и их организация не могут удовлетворить это условие в силу малой частоты измерений над данной акваторией. Ведь зарождение ТЦ связано со стохастической природой геофизической среды и, поэтому, любой алгоритм или модель, претендующие на решение задачи прогнозирования ТЦ, должны корректно описывать пространственно-временную изменчивость набора стохастических процессов, которые, так или иначе, влияют на тропический циклогенез.

Критический анализ существующих физических гипотез и теоретических подходов, на основе которых формируются многие космические программы по исследованию физических условий генезиса и эволюции тропических циклонов дан Шарковым [12].

Одним из перспективных, по оценкам Захарова и др. [3], методов дистанционной диагностики СОА является использование спутниковой радиолокации поверхности океана. В этом случае могут быть получены параметры поля ветра (скорость и направление), что позволяет построить и визуализировать поле ветра в конкретной акватории и увидеть начало формирования кольцевых структур с оценкой их радиуса и направления движения. Эти данные могут служить отправной точкой для применения дополнительных средств технического и алгоритмического характера для уточнения и прогнозирования эволюции таких структур. В частности, применение индикатора нестабильности СОА является одним из таких средств [10,11,19]. Спутниковая информация в виде снимков в оптическом диапазоне важна для отслеживания трассы ТЦ и оценки тренда в изменении его интенсивности. Изображения дают информацию о верхней структуре циклона. Спутниковые измерения также позволяют составить карты с отражением направления и скорости ветра над поверхностью океана. Эти карты могут формироваться с помощью ASCAT. Измерения в ИК-диапазоне обеспечивают оценку температуры облаков и приповерхностного воздуха.

Основная система наблюдения за слоем перемешивания в тропических широтах Мирового океана и контроля границы воздух-море размещена на заякоренных буйковых метеорологических станциях. С 1980 г. специалисты NOAA/PMEL и JISAO совместно с учеными других стран создали эту сеть и продолжают ее улучшать и расширять ее возможности во всех трех тропических океанах, обеспечивая оперативное измерение океанических и метеорологических переменных, которые ответственны за фазовое состояние СОА. Глобальная сеть заякоренных буйковых станций GTMBA (Global Tropical Moored Buoy Array) включает (http://www.clivar.ucar.edu/organization/other/images/tao_new.jpg):

- TAO (Tropical Atmosphere Ocean) – сеть заякоренных буйковых станций для контроля атмосферных процессов над тропическими широтами Атлантического океана.

- TRITON (TRIangle Trans-Ocean buoy Network) – сеть заякоренных буйковых станций в тропическом секторе Тихого океана.

- PIRATA (PredIction and Research moored Array in the Tropical Atlantic) – сеть заякоренных буйковых станций в Атлантическом океане, ориентированная на решение задач прогнозирования СОА.

- RAMA (ReseArch Moored Array) – сеть из 46 заякоренных буйковых станций в тропических широтах Индийского океана, созданная для расширения системы GOOS/CLIVAR (Global Ocean Observing System/) и поддержки системы IndOOS (Indian Ocean Observing System). Восемь станций снабжены функцией FRS (Flux Reference Sites), а 24 станции были подготовлены в рамках программы ASCLME (Aguhas and Somali Current Large Marine Ecosystem).

Сеть станций TAO/TRITON была развита в период 1985-1994 гг. в рамках программы TOGA (Tropical Ocean Global Atmosphere) с целью обеспечения оперативными данными задач обнаружения, понимания и предсказания явления ENSO. В настоящее время в этой сети насчитывается 67 поверхностных и 5 подтопленных заякоренных вдоль экватора буев. 12 буев в западной части Тихого океана были созданы Японией. Пять станций были усовершенствованы для измерения падающей длинноволновой радиации и барометрического давления, а также были поставлены дополнительные сенсоры для измерения вертикального распределения температуры воды, солёности и скорости течения. Общая характеристика этих данных дана в табл. 3.

Центральная сеть PIRATA из 10 станций была создана в 1999 г., а заякоренная ADCP было добавлена в 2001 г. и размещена в точке с координатами 0° и 23°W. Сеть теперь имеет 17 долговременных позиций с 4-мя FRS и поддерживается с участием Франции и Бразилии. Южная Африка спонсировала создание одной станции к юго-востоку от PIRATA, но она просуществовала только один год (2006-2007 гг).

Таблица 3.

Перечень параметров СОА, измеряемых станциями сети TAO/TRITON/PIRATA/RAMA и использованных при определении моментов зарождения тропических ураганов

Параметр	Символ	Характеристика параметра
Температура поверхности океана, °C	x_1	Температура измеряется на глубине 1 м или 1,5 м в зависимости от станции с точностью $\pm 0,003^\circ\text{C}$ - $\pm 0,02^\circ\text{C}$.
Скорость ветра (м/с) и его направление (в градусах по часовой стрелке от направления на север)	x_2, x_3	Параметры ветра измеряются на высоте 3,5 м. Скорость ветра измеряется с точностью 3%. Направление ветра измеряется с точностью 5.0°-7,8°.
Осадки (мм/час)	x_4	Осадки регистрируются каждые 10 мин на высоте 3,5 м с точностью $\pm 0,4$ мм/час.
Плотность морской воды ($\text{кг}/\text{м}^3$)	x_5	Плотность морской воды автоматически рассчитывается как функция её солёности.
Глубина изотермы 20°C (м)	x_6	Глубина изотермы рассчитывается на основе данных измерений температуры через каждые 20 м путем линейной интерполяции.
Температура воды на фиксированных глубинах $\{h_i\}$, °C	$x_7(h_i)$	Температура воды измеряется до глубины 750 м. На фиксированных горизонтах с точностью $\pm 0,02^\circ\text{C}$.

Продолжение таблицы 3

Относительная влажность атмосферного воздуха, %	x ₈	Влажность воздуха измеряется на высоте 2,2 м от уровня океана с точностью $\pm 2,7\%$.
Атмосферное давление, атм.	x ₉	Атмосферное давление фиксируется на высоте 3 м с точностью $\pm 0,01\%$.
Температура атмосферы, °С	x ₁₀	Температура атмосферы измеряется на высоте 2,2 м над уровнем океана с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$.
Соленость морской воды, ‰	x ₁₁	Соленость оценивается по данным температуры воды и проводимости с точностью $\pm 0,02\text{‰}$.
Высота волнения, м	x ₁₂	Высота волнения рассчитывается как средняя высота волн за 20-минутный период измерения.
Период преобладающей волны, с	x ₁₃	Этот период соответствует волне с максимальной энергией.
Период средней волны, с	x ₁₄	Этот период определяется усреднением за 20 минут регистрации волнения.
Направление, от которого преобладающая волна начинает движение, градусы	x ₁₅	Направление отсчитывается от севера (0°) к востоку (90°).
Температура точки росы, °С	x ₁₆	Температура точки росы измеряется на высоте измерения температуры атмосферы.
Зона обзора станции, км	x ₁₇	Зона обзора станций может изменяться от 0 до 3 км.

Специалисты JISAO ответственны за контроль качества данных, их планирование и поддержку работоспособности web-сервера, обеспечивающего свободный доступ к данным в реальном времени. Предполагается, что эти данные используются специалистами для своих исследований климата, валидации различных моделей, калибровки спутниковых измерений и решения многих других задач.

GTMBVA, состоящая в настоящее время из подсистем TAO/TRITON, PIRATA и RAMA, поставляет данные как интегральная часть GOOS и GCOS для фундаментальных исследований и понимания глобальной климатической системы. Несмотря на существенный прогресс в развитии этой системы остается множество нерешенных проблем, связанных с расширением возможностей отдельных ее элементов и поддержкой высоких стандартов данных всей глобальной сети.

Методы интерферометрии в задачах оценки геоопасности

Основными компонентами геоопасности являются землетрясения, вулканические извержения, оползни и просадки грунта. Ущерб, наносимые природными бедствиями такого типа, ежегодно оцениваются миллиардами американских долларов. Поэтому во многих странах и на глобальном уровне создаются системы геоинформационного мониторинга с функциями раннего предупреждения о возможной опасности. При этом возникает множество проблем организации своевременной, надежной и недорогой информации, использование которой могло бы повысить эффективность таких систем. К сожалению, в настоящее время отсутствует интегрированный подход к организации потоков необходимой информации, системы контроля фундаментальных геологических процессов недостаточно развиты, информационные системы не обеспечивают должного уровня распространения данных наблюдений и нет глобального механизма оценки геоопасности.

Ясно, что важнейшей задачей является развитие космических и наземных средств мониторинга изменений земной коры, которые являются источниками многих опасных геофизических и геологических процессов, регулярно приводящих практически во всех странах к человеческим жертвам, разрушениям сооружений и изменению локальной топографии. В связи с этим проблема развития высокоточных средств и методов глобального мониторинга геофизических, геодинамических и сейсмических явлений с помощью наземно-космических методов в настоящее время является весьма актуальной. Такие средства предлагает интерферометрия. В частности, в настоящее время существует несколько различных проектов по созданию спутниковых систем предупреждения землетрясений и появления других опасных явлений типа оползней. В космическом агентстве США готовится развертывание обширной сети сейсмических спутников, оснащенных технологией InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar). За ближайшие 20 лет планируется охватить наблюдением все сейсмически опасные зоны Земли.

Основной принцип организации измерений с помощью InSAR основан на измерении интенсивности и временной задержки сигналов обратного рассеивания в микроволновом и радио - диапазонах волн. Интенсивность измеренного обратного рассеяния является функцией ряда параметров окружающей среды, таких как шероховатость поверхности, диэлектрические постоянные, влагосодержание и структура контролируемого пространства. Как правило, геометрия спутниковой интерферометрической системы основана на использовании двух спутников, что позволяет получать изображения объектов с пространственным разрешением, равным единицам метров (8-30 м), а колебания поверхности обнаруживать в пределах нескольких миллиметров. Схематически возможные геометрии измерений представлены на рис. 4 [7-9].

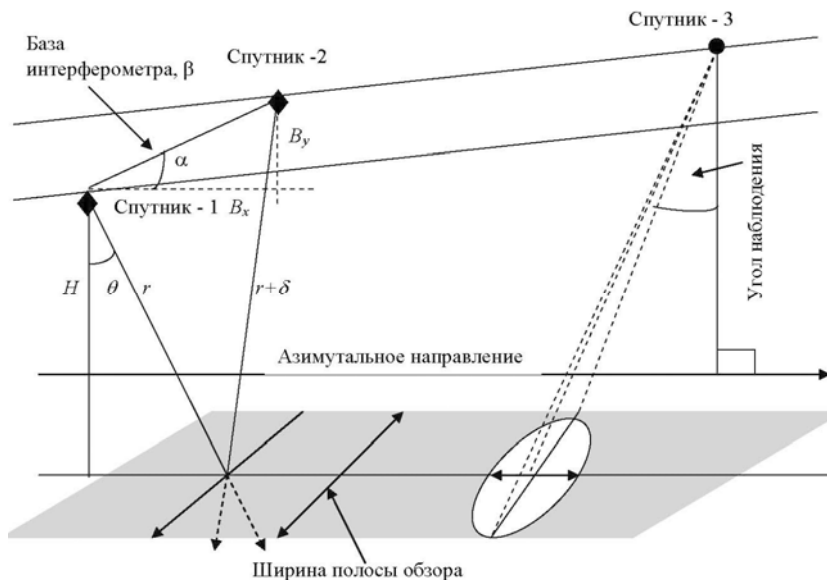


Рис. 4. Геометрия спутниковой интерферометрии.

Так как изображение, полученное с помощью установленного на спутнике радара, имеет фазу φ и амплитуду η , которые характеризуют отраженный сигнал, то топографическая информация может быть получена на основе различия между характеристиками двух изображений одного и того же объекта. Например, изменение поверхности на величину Δ за время между двумя измерениями можно оценить по формуле $\Delta = 0,5\lambda(2\pi)^{-1}(\varphi_2 - \varphi_1)$, где λ - длина волны радара, $\varphi_2 - \varphi_1$ - фаза интерферограммы.

В случае двух-антенного интерферометра высота центра рассеивания излучения радара может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta = H - r [\cos \alpha \cos(\theta - \alpha) - \sin \alpha \sin(\theta - \alpha)].$$

Ясно, что эта формула не является абсолютно точной, так как при измерениях всегда присутствуют как систематические ошибки, так и неучтенные изменения фазы отраженного сигнала за счет влияния атмосферы и других факторов. В частности, использование двух антенн в InSAR за счет измерения разности фаз достаточно точно оценивается высота каждого пикселя пространственного разрешения: $\varphi = 2\pi\beta\lambda^{-1}\sin(\theta - \alpha)$, $\Delta = H - r\cos\theta$, где погрешность σ_{Δ}^u , ($u = r, b, H, \varphi$) расчета зависит от уровня неопределенности параметров орбиты спутников. Вклад каждого параметра в эту погрешность оценивается следующими формулами:

$$\sigma_{\Delta}^r = \sigma_r \cos \theta; \sigma_{\Delta}^b = \frac{r(\sin \theta)^2}{\sin(\theta - \alpha)} \sigma_b; \sigma_{\Delta}^H = \sigma_H; \sigma_{\Delta}^{\varphi} = \frac{\lambda r \sin \theta}{2\pi \sin(\theta - \alpha)} \sigma_{\varphi};$$

Наряду с определением высоты поверхности над определенным уровнем или изменения уровня поверхности при повторном зондировании технология InSAR позволяет оценивать наклон местности. Синтез двумерных карт топографического превышения и наклона реализуется с использованием параметров Стокса. Топографическая структура описывается матрицей Стокса обратного рассеивания. В результате комбинирование двух и более радарных изображений одного и того же объекта позволяет оценить его смещение буквально на миллиметры.

Повышение эффективности спутниковой интерферометрии во многом зависит от много-профильности решаемых задач. Ведь в процессе измерений фазы φ и амплитуды η отраженного сигнала с течением времени создаются два информационных ряда: $\{\varphi_i\}$ и $\{\eta_i\}$. На основе этих данных могут быть решены многие задачи оценки топографических и биометрических характеристик земной поверхности, волнения моря, биомассы растительного покрова, толщины снежного покрова и гидрологических параметров ледяного покрова. Но наиболее важной и ответственной задачей является обнаружение аномальных процессов, решение которой требует также снижения ложных тревог. Поэтому процедура принятия решения о возможном возникновении землетрясения, оползня, схода ледника, тропического урагана, провала грунта и т.п. должна иметь высокую надежность.

Приближение момента возникновения чрезвычайной ситуации, безусловно, характеризуется попаданием векторов $\{\varphi_i\}$ и $\{\eta_i\}$ в некоторые кластеры многомерного фазового пространства X_c . Другими словами, переходя от чисто словесных рассуждений к количественному определению этого процесса, введем обобщенную характеристику $I(t)$ окружающей среды и отождествим ее с градуиро-

ванной шкалой Ξ , для которой постулируем наличие отношений типа $\Xi_1 < \Xi_2$, $\Xi_1 > \Xi_2$ или $\Xi_1 \equiv \Xi_2$. Это означает, что всегда имеет место такое значение $I(t) = \rho$, которое определяет уровень близости возникновения чрезвычайной ситуации данного типа: $\Xi \rightarrow \rho = f(\Xi)$, где f – некоторое преобразование понятия «чрезвычайная ситуация» в число. В результате величина $\varepsilon = |I(t) - \rho|$ определяет ожидаемый промежуток времени до наступления нежелательного изменения контролируемого объекта окружающей среды.

Попытаемся найти удовлетворительную модель для отображения словесного портрета “чрезвычайная ситуация” в область понятий и признаков, подчиняющихся формализованному описанию и преобразованию. Поскольку измерения $\{\varphi_i\}$ и $\{\eta_i\}$ в общем случае являются случайными последовательностями, то целесообразно под индикатором $I(t)$ понимать показатель нестабильности этих последовательностей. Определим индикатор $I(t)$ следующим образом:

$$I(t_s) = \frac{1}{N+2} \sum_{j=s}^{N+s} \sum_{i=1}^2 \alpha_i(t_j), \quad s = 1, 2, \dots,$$

где N – количество измерений, s – показатель текущего дискретного времени,

$$\alpha_1(t_j) = \begin{cases} 1 & \text{если } \Delta\varphi(t_j) \cdot \Delta\varphi(t_{j-1}) \leq 0; \\ 0 & \text{если } \Delta\varphi(t_j) \cdot \Delta\varphi(t_{j-1}) > 0; \end{cases} \quad \alpha_2(t_j) = \begin{cases} 1 & \text{если } \Delta\eta(t_j) \cdot \Delta\eta(t_{j-1}) \leq 0; \\ 0 & \text{если } \Delta\eta(t_j) \cdot \Delta\eta(t_{j-1}) > 0; \end{cases}$$

$$\Delta\varphi(t_j) = \bar{\varphi}(t_j) - \varphi(t_{j+m+1}); \quad \Delta\eta(t_j) = \bar{\eta}(t_j) - \eta(t_{j+m+1});$$

$$\bar{\varphi}(t_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=j}^{m+j} \varphi_i; \quad \bar{\eta}(t_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=j}^{m+j} \eta_i;$$

Введение характеристики $I(t)$ позволяет предложить схему мониторинга и прогнозирования чрезвычайных природных ситуаций, представленную в [17].

Эффективность такой системы мониторинга зависит от параметров измерительных технических средств и алгоритмов обработки данных наблюдений. Важную роль здесь играет модель окружающей среды, используемая параллельно с формированием и статистическим анализом ряда $\{I(t_s)\}$ и адаптируемая к режиму мониторинга.

Из введенного выше критерия приближения аномального изменения объекта мониторинга видно, что форма и поведение $I(t)$ имеют характерный вид для каждого типа процессов в окружающей среде. Одна из сложных задач состоит в определении этих форм и соответствующей их классификации. Например, такие часто возникающие опасные природные явления, как оползни и селевые потоки, имеют характерные признаки предварительного изменения рельефа и ландшафта, которые успешно регистрируются со спутников в оптическом диапазоне, а в совокупности с данными аэрофотосъемки и наземными измерениями уклонов рельефа, экспозиции склонов и состояния гидросети позволяют их предсказывать за несколько суток до реализации. InSAR технология здесь может использоваться как средство повышения надежности обнаружения аномалии. Однако ограниченные возможности оптического диапазона в условиях облачности или растительного покрова следует расширить внедрением систем дистанционного зондирова-

ния в микроволновой области электромагнитного спектра. Тогда дополнительно к указанным индикаторам оползней и селевых потоков можно добавить такие информативные параметры, как влажность почвы и биомасса. Ведь нарастание влажности почвы ведет к появлению оползней, а увеличение биомассы свидетельствует о повышении сдерживающей роли растительного покрова по отношению к перемещению горных пород. Особенно это важно при контроле снежно-каменных или просто снежных лавин. Создание каталога таких признаков для всех возможных природных катастроф и внесение его в базу знаний мониторинговой системы является необходимым этапом повышения ее эффективности.

Знание совокупности информативных признаков $\{x_i^j\}$ природной аномалии j -го типа и априорное определение ее кластера X^j в пространстве этих признаков позволяет в процессе спутникового слежения рассчитать скорость v_j приближения точки $\{x_i^j\}$ к центру X^j и, таким образом, рассчитать время ее наступления.

Многочисленные примеры применения InSAR технологии показывают ее высокую эффективность из-за пространственного разрешения в пределах десятков метров и практической независимости от состояния атмосферы, что является наиболее важным обстоятельством во всех системах спутникового базирования. Однако изолированное использование InSAR технологии без привлечения дополнительных методов сбора данных об изучаемых процессах и объектах, как показывает опыт многих исследователей, может приводить к неоправданным потерям из-за высокого уровня ложных тревог. Предложенный выше индикатор нестабильности окружающей среды и схема его применения позволяют значительно снизить вероятность ложных тревог. В дальнейшем следует рассмотреть его применение к изучению уже произошедших чрезвычайных событий типа землетрясений, оползней и ураганов и на этой основе оптимизировать значения параметров m и N , а также создать универсальную объектно ориентированную структуру кластерного пространства.

Принятие статистических решений в системах мониторинга окружающей среды

Режим мониторинга окружающей среды может предусматривать ситуации принятия решений в реальном времени на основе накопленной до момента принятия решения информации или в результате анализа фрагментов базы данных без привязки к текущему времени. Статистический анализ рядов событий, которыми сопровождается функционирование системы мониторинга может быть осуществлен многочисленными методами, применимость которых в каждом случае определяется совокупностью вероятностных параметров, характеризующих изучаемое явление. Однако нестационарность и параметрическая неопределенность в ситуациях, когда каждое измерение требует больших усилий и затрат средств, заставляет искать новые методы принятия решений на основе фрагментарных во времени и отрывочных по пространству данных измерений.

С развитием альтернативных методов принятия статистических решений задача поиска объективных оценок параметров происходящих в окружающей среде процессов получила новое обоснование. Представляется возможным рассмотреть и сравнить два подхода к этой задаче: классический, основанный на процедуре априорного ограничения числа наблюдений, и последовательный анализ, базирующийся на процедуре пошагового принятия решения. Развитие компьютерных

технологий позволяет реализовать оба подхода в виде единой системы принятия статистических решений [17].

Классическая процедура принятия статистических решений по методу Неймана-Пирсона основывается на заранее фиксированном числе n измерений, задаваемом из априорных предположений о вероятностном характере ряда наблюдений $X = \{x_1, \dots, x_n\}$. При этом принятие одной из гипотез H_0 или H_1 основывается на построении границы оптимальной критической области E_1 в форме гиперповерхности

$$L_n = L_n(x_1, \dots, x_n) = f_{a1}(x_1, \dots, x_n) / f_{a0}(x_1, \dots, x_n) = C \quad (1)$$

где $f_a(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f_a(x_i)$ - плотность распределения вероятностей для переменной x с неизвестным параметром a ; C - постоянная величина, выбираемая из условия, чтобы E_1 имела определенный уровень ошибки первого рода α .

Отношение (1), называемое коэффициентом правдоподобия, служит ключом к окончательному выбору между гипотезами:

- 1) если $L_n \leq C$, то принимается гипотеза H_0 ;
- 2) если $L_n > C$, то принимается гипотеза H_1 .

Содержание и смысловая нагрузка гипотез H_0 и H_1 зависит от конкретной задачи. В реальных экспериментах на основе выборки $\{x_i\}$ строится эмпирическое, а затем непрерывное распределение $F(X)=f(x)$, но при предположении о неопределенности одного или нескольких значений параметра. Как правило на основе одного из критериев согласия выбирается конкретный вид распределения и по измеренным значениям $\{x_i\}$ оцениваются его параметры.

Для методов Неймана-Пирсона и последовательного анализа возможно построение оперативных характеристик для принятия решений без конкретизации вида плотности $f_a(x)$. Для этого рассмотрим случай однородной независимой выборки, когда выборочные значения x_i ($i = 1, \dots, n$) являются независимыми реализациями одной и той же случайной величины ξ с плотностью $f_{a0}(x)$ при гипотезе H_0 и плотностью $f_{a1}(x)$ при гипотезе H_1 . При этом параметр a истинной плотности $f_a(x)$ может не совпадать с a_0 или a_1 . Показано, что имеют место следующие соотношения для ошибок первого и второго рода (α и β):

$$\alpha \approx \exp[-0,5 \{(E_{a1}\xi - E_{a0}\xi)(D_{a0}\xi)^{-1/2}\}^2 n], \quad \beta \approx \exp[-0,5 \{(E_{a1}\xi - a_0\xi)(D_{a1}\xi)^{-1/2}\}^2 n],$$

где

$$E_a \xi = \int_{-\infty}^{\infty} \ln [f_{a1}(x) / f_{a0}(x)] f_a(x) dx$$

$$D_a \xi = \int_{-\infty}^{\infty} \{\ln [f_{a1}(x) / f_{a0}(x)]\}^2 f_a(x) dx - (E_a \xi)^2$$

В случае последовательной процедуры оперативная характеристика имеет вид: $L(a) \approx [A^{h(a)} - 1] / [A^{h(a)} - B^{h(a)}]$, где $h(a)$ является корнем уравнения:

$$\int_{-\infty}^{\infty} [f_{a1}(x) / f_{a0}(x)]^{h(a)} f_a(x) dx = 1$$

A и B - два порога для коэффициента правдоподобия $L_n(x)$, для которых справедливы оценки [1]: $B \approx \beta / (1 - \alpha)$, $A \approx (1 - \beta) / \alpha$. В соответствии с этим, как и в классическом алгоритме $L(a_0) = 1 - \alpha$, $L(a_1) = \beta$. Отсюда следует, что среднее число наблюдений в последовательном анализе можно оценить величиной:

$$E_a v = [(1 - \alpha) \ln[\beta / (1 - \alpha)] + \alpha \ln[(1 - \beta) / \alpha]] / E_a \xi, \text{ при } a = a_0;$$

$$E_a v = [\beta \ln[\beta / (1 - \alpha)] + (1 - \beta) \ln[(1 - \beta) / \alpha]] / E_a \xi, \text{ при } a = a_1 \quad (2)$$

При значении $a = a^*$, когда $E_a \xi = 0$ и $E_a \xi^2 > 0$ имеем

$$E_a v \approx [- \ln[\beta / (1 - \alpha)] \ln[(1 - \beta) / \alpha] / E_a \xi^2 \quad (3)$$

Согласно (2) и (3) в последовательной процедуре число наблюдений для вынесения решения является случайной величиной v , среднее значение которой $E_a v$ может быть меньше или больше n . Чтобы судить о возможных значениях v , необходимо знать распределение $P\{v = n\} = P_a$, для которого Башаринов и Флейшман [1] нашли выражение:

$$E_a v \cdot P_a(n) = W_c(y) = c^{1/2} y^{-3/2} (2\pi)^{-1/2} \exp[-0.5c(y + y^{-1} - 2)], \quad (4)$$

где

$$0 \leq y \leq n \mid E_a \xi \mid < \infty, \quad c = K \mid E_a \xi \mid / D_a \xi = (E_a v)^2 / D_a v > 0,$$

$$D_a v = K D_a \xi / (E_a \xi)^3, \quad E_a v = K / E_a \xi,$$

$$K = \begin{cases} \ln A & \text{при } E_a \xi > 0, \\ \ln B & \text{при } E_a \xi < 0 \end{cases}$$

Функция распределения (4) в русскоязычной литературе получила название распределения Вальда:

$$W_c(x) = \int_0^x w_c(z) dz, \quad (5)$$

где $w_c(z) = (c/2\pi)^{1/2} z^{-3/2} \exp[-0.5c(z + z^{-1} - 2)]$.

Универсальность распределения Вальда следует из его двойственности нормальному распределению:

$$W_c(x) = \Phi[(x-1)(c/x)^{1/2}] + \Phi[-(x+1)(c/x)^{1/2}] \exp\{2c\}, \quad (6)$$

где

$$\Phi(x) = 1/(2\pi) \int_{-\infty}^x \exp\{-t^2/2\} dt.$$

Заметим, что в случае если $|E_a \xi|$ и $|D_a \xi|$ малы по сравнению с $\ln A$ и $\ln B$, то распределение относительной величины $v/E_a v$, определенное выражением (4), будет хорошо аппроксимировать реальное распределение этой величины, даже если ξ распределена не по нормальному закону.

Теоретические построения относительно универсальности распределения (5) важны для общей оценки эффективности последовательной процедуры принятия решений, что детально выполнено в работе Башаринова и Флейшмана [1]. Однако эти построения не являются важными при практическом использовании распределения Вальда. Поэтому синтез системы автоматизации принятия решений, как блока ГИМС, осуществлен без учета корреляции (6). Это сделано в связи с тем, что в реальности часты случаи, когда число наблюдений оказывается малым и эффект ассимптотической нормальности не срабатывает. Возникающая при этом ситуация разрешается принятием решения либо по процедуре эволюционного алгоритма, либо в соответствии с алгоритмом принятия решения в условиях ограниченного объема данных.

Схема организации наблюдений в условиях применения последовательного анализа отличается от классического варианта. Принятие решения об обнаружении того или иного эффекта в процессе непрерывного мониторинга окружающей среды зависит от схемы организации измерений. Классический подход ориентирует систему наблюдения на сбор фиксированного объема данных, после реализации которого осуществляется их обработка с целью выявления определенных эффектов или свойств в изучаемом пространстве. Методика последовательного анализа не разделяет эти этапы, а чередует их. Другими словами обработка данных мониторинга осуществляется после каждого измерения. Отсюда видно, что алгоритмическая нагрузка в последовательной процедуре динамически изменяется, в то время как в классическом случае обращение к методикам обработки данных осуществляется на завершающем этапе. С точки зрения формирования структуры адекватной автоматизированной системы принятия решений эти подходы следует реализовывать в виде отдельных блоков, выбор между которыми должен осуществляться в режиме диалога с оператором ГИМС. Решение оператора может меняться в динамике мониторинга, однако для этого от него требуется высокий профессионализм. Поэтому в структуре системы принятия решений действия оператора сводятся к управлению параметрами n , α и β .

Литература

1. Башаринов А.Е., Флейшман Б.С. Методы статистического последовательно-го анализа и их приложения. М.: Сов. Радио. 1962. 352 с.
2. Верба В.С., Гуляев Ю.В., Шутко А.М., Крапивин В.Ф. СВЧ-радиометрия земной и водной поверхностей: от теории к практике. София: Академическое Изд-во им. Проф. Марина Дринова, 2014. 296 с.
3. Захаров А.И., Яковлев О.И., Смирнов В.М. Спутниковый мониторинг Земли: радиолокационное зондирование поверхности. М.: УРСС, 2011. 218 с.
4. Крапивин В.Ф., Кондратьев К.Я. Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика. СПб: Изд-во СПб гос. ун-та, 2002. 724 с.
5. Крапивин В.Ф., Мкртчян Ф.А., Шутко А.М. ГИМС-технология и мобильные исследовательские платформы дистанционного зондирования // Экологические системы и приборы, 2015. № 1. С. 10-17.

6. Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Методы эоинформатики. М.: ВИНТИ, 2002. 496 с.
7. Потапов И.И., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального цикла азота // Экологические системы и приборы, 2010. № 9. С. 45-53.
8. Потапов И.И., Крапивин В.Ф., Солдатов В.Ю. Оценка риска в режиме геоинформационного мониторинга // Экологические системы и приборы, 2006. № 8. С. 11-18.
9. Потапов И.И., Назарян Н.А., Солдатов В.Ю. Предсказание землетрясений с помощью методов техники InSAR // Экологические системы и приборы, 2008. № 1. С. 60-62.
10. Солдатов В.Ю. Многофункциональная информационно-моделирующая система для гидрофизических исследований // Кандидатская диссертация. М.: ИРЭ РАН, 2011. 150 с.
11. Солдатов В.Ю. Диагностика физических явлений и процессов в гидрофизических системах // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2014. № 5. С. 50-57.
12. Шарков Е.А. Спутниковые исследования тропического циклогенеза: особенности и достижения современного этапа // В сб. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ИКИ РАН, 2010. С. 29-48.
13. Шутко А.М., Крапивин В.Ф. Оперативная диагностика, оценка масштабов и уменьшение последствий стрессовых природных процессов. София: Академическое издательство им. Проф. Марина Дринова, 2011. 287 с.
14. Dickson R.R. The integrated Arctic Ocean Observing System (iAOOS): an AOSB CliC Observing Plan for the International Polar Year // Oceanologia, 2006. V. 48. Nr. 1. P. 5-21.
15. Haarbrink R., Krapivin V.F., Krisilov A., Krisilov V., Novichikhin E.P., Shutko A.M., Sidorov I. Intelligent data processing in global monitoring and security. Sofia-Kiev: ITHEA, 2011. 410 pp.
16. Krapivin V.F., Shutko A.M. Information technologies for remote monitoring of the environment. Chichester U.K.: Springer/Praxis, 2012. 498 pp.
17. Krapivin V.F., Varotsos C.A., Soldatov V.Yu. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision-making. London: Springer, 2015. 903 pp.
18. Soldatov V.Yu. (2014) Detection of tropical cyclones in their earlier stage // Proceedings of the XXI International Symposium "Ecoinformatics Problems" (with the School-Seminar for Young Scientists). 2-4 December 2014, Moscow. Moscow: The Russian Sciences Engineering A.S. Popov Society for Radio, Electronics and Communication. 2014. P. 18-23.
19. Soldatov V.Yu. (2015) Remote sensing monitoring of the atmosphere-ocean system as generator of tropical cyclones // Proceedings of the 30th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. 15-19 February 2015. Mombetsu, Hokkaido, Japan. Mombetsu, Hokkaido, Japan: The Okhotsk Sea & Cold Ocean Research Association, 2015. P. 199-202.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

DOI: 10.36535/0235-5019-2020-04-2

УДК 502/504:002.6

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

К.т.н. **Е.Ю. Дмитриева**, С.В. **Корешкова**, к.т.н. **И.И. Потапов**
(Всероссийский институт научной и технической информации РАН,
ipotapov37@mail.ru)

***Ключевые слова:** охрана окружающей среды, информационное обеспечение, реферативный журнал, базы данных.*

Проанализирована структура проблемно-ориентированной базы данных по охране окружающей среды. Приводятся данные по ретрофондам реферативного журнала, базы данных и отдельных выпусков. Рассмотрено распределение информационного массива по типам документов, странам и языкам их опубликования в период 2014-2018 гг.

Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) это крупнейший информационный центр, обеспечивающий с 1952 года российское и мировое сообщество научно-технической информацией по проблемам точных, естественных и технических наук, в первую очередь, по приоритетным направлениям развития сферы науки и техники, реализуемым государственными научными центрами России и иными организациями в рамках федеральных, региональных и международных проектов и программ.

ВИНИТИ РАН определен как национальный информационный центр, координирующий в масштабах Российской Федерации межгосударственный обмен научно-технической информацией. ВИНИТИ РАН активно и плодотворно сотрудничает с зарубежными странами и международными информационными системами в области научно-технической информации.

Основными направлениями научной деятельности являются :

- работа современных информационно-поисковых и информационно-аналитических системы;
- создание современных баз и банков данных;
- лингвистическое обеспечение информационных систем;
- методология системного анализа и теория систем;
- взаимодействие с научными и научно-техническими библиотеками.

Значение информационной составляющей компоненты в мировой практике столь же велико, как и значение стратегических ресурсов и сырьевой базы.

В российском информационном поле ВИНИТИ является ведущим генератором научно-технической информации и осуществляет информационное обеспечение по всем направлениям фундаментальных исследований, включая охрану окружающей среды и экологию.

Для информационного обеспечения природоохранных направлений в ВИНТИ РАН используется Отдельный выпуск Реферативного журнала (РЖ) и база данных ВИНТИ РАН «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов». Рубрикация выпуска является основным в системе информационных изданий ВИНТИ РАН по вопросам охраны окружающей среды и природопользования. Рубрикация выпуска соответствует приоритетам современной экологической проблематики, отражает его тематическое содержание:

- общие вопросы охраны окружающей среды;
- теория и методы изучения и охраны окружающей среды и природных ресурсов;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и природных ресурсов;
- загрязнение среды, контроль загрязнении;
- отходы, обезвреживание и использование отходов, малоотходная и безотходная технологии;
- защита от шумов, вибрации, электрических и магнитных полей и излучений;
- загрязнение и охрана атмосферы;
- загрязнение и охрана вод суши, морей и океанов;
- охрана почв;
- охрана недр;
- охрана растительного и животного мира;
- влияние загрязнения окружающей среды на природные комплексы, популяции и отдельные организмы;
- заповедное дело, охраняемые природные территории и акватории;
- уход за ландшафтом, ландшафтное планирование;
- влияние антропогенных изменений среды на здоровье человека;
- стихийные бедствия, меры борьбы с ними и их последствиями;
- рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов;
- охрана окружающей среды и природных ресурсов в отдельных регионах и странах.

В данной статье следует представить один из разделов Рубрикатора РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов» более подробно.

24.0.01.34 Загрязнение окружающей среды. Контроль загрязнения

Environmental pollution. Pollution control

УДК 502.175; 504.5

Г. Ю. Остаева, И. Н. Борисенко

873.15!

873.15 Загрязнение окружающей среды.

Контроль загрязнения

24.0.01.34.01 Общие проблемы

General problems of environmental pollution and pollution control

УДК 502.175; 504.5

873.15.02

873.15.02 Общие проблемы

24.0.01.34.02 Теория и методы исследования загрязнения окружающей среды. Методы контроля загрязнения окружающей среды

Theory and methods of investigation of environmental pollution. Methods of environmental pollution control

УДК 502.175-027.21

873.15.03

873.15.03 Теория и методы исследования загрязнения окружающей среды. Методы контроля загрязнения окружающей среды
873.15.03.03 Методы исследования загрязнения окружающей среды
873.15.03.05 Методы и средства контроля загрязнения окружающей среды

24.0.01.34.03 Вещества и материалы, загрязняющие окружающую среду
Agents and materials, polluting environment

УДК 504.5-03

873.15.09

873.15.09 Вещества и материалы, загрязняющие окружающую среду
873.15.09.02 Общие проблемы
873.15.09.21 Отдельные виды загрязняющих веществ и материалов
873.15.09.21.31 Радиоактивные загрязнения
873.15.09.21.33 Нефть и нефтепродукты
873.15.09.21.35 Оксиды серы
873.15.09.21.37 Оксиды углерода
873.15.09.21.39 Оксиды азота
873.15.09.21.41 Соединения фтора
873.15.09.21.43 Пестициды
873.15.09.21.45 Дeterгенты
873.15.09.21.47 Удобрения химические
873.15.09.21.49 Пыль
873.15.09.21.51 Металлы
873.15.09.21.53 Тепловое загрязнение
873.15.09.21.55 Биологические загрязнения
873.15.09.21.57 Прочие вещества и материалы

24.0.01.34.04 Влияние промышленности на окружающую среду и контроль загрязнения

Industry impact on environment and on pollution control

УДК 504.6:62/68

873.15.15!

873.15.15 Влияние промышленности на окружающую среду и контроль загрязнения

24.0.01.34.04.01 Общие проблемы

General problems

873.15.15.02

873.15.15.02 Общие проблемы

24.0.01.34.04.02 Влияние отдельных отраслей промышленности на окружающую среду

Impact of industry branches on environment

873.15.15.29

873.15.15.29 Влияние отдельных отраслей промышленности на окружающую среду

873.15.15.29.29 Горнодобывающая промышленность

873.15.15.29.31 Топливо-энергетическая промышленность

873.15.15.29.33 Черная металлургия

873.15.15.29.35 Цветная металлургия

873.15.15.29.37 Машиностроение и металлообработка

873.15.15.29.39 Химическая промышленность

873.15.15.29.41 Промышленность строительных материалов

873.15.15.29.43 Лесная и деревообрабатывающая промышленность

873.15.15.29.45 Целлюлозно-бумажная промышленность

873.15.15.29.47 Полиграфическая промышленность

873.15.15.29.49 Легкая промышленность

873.15.15.29.51 Пищевая промышленность

873.15.15.29.99 Прочие отрасли промышленности

24.0.01.34.05 Влияние транспорта и связи на окружающую среду и контроль загрязнения

Impact of transport and communication on environment and pollution control

УДК 504.6:656; 504.6:654

873.15.17

873.15.17 Влияние транспорта и связи на окружающую среду и контроль загрязнения

873.15.17.02 Общие проблемы

873.15.17.31 Автомобильный транспорт

873.15.17.33 Водный транспорт

873.15.17.35 Воздушный транспорт

873.15.17.37 Железнодорожный транспорт

873.15.17.39 Трубопроводный транспорт

873.15.17.41 Промышленный транспорт

873.15.17.43 Прочие виды транспорта

873.15.17.45 Линии связи и электропередачи

24.0.01.34.06 Влияние сельского хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

Impact of agriculture on environment and pollution control

УДК 504.054:63; 504.064:63

873.15.18!

873.15.18 Влияние сельского хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

24.0.01.34.06.01 Общие проблемы

General problems

УДК 504.054:63; 504.064:63

873.15.18.02

873.15.18.02 Общие проблемы

24.0.01.34.06.02 Влияние отдельных отраслей сельского хозяйства на окружающую среду

Impact of separate agricultural branches on environment

873.15.18.31!

873.15.18.31 Влияние отдельных отраслей сельского хозяйства на окружающую среду

24.0.01.34.06.02.01 Растениеводство

Plant-growing

УДК 504.054:633/635

873.15.18.31.31

873.15.18.31.31 Растениеводство

24.0.01.34.06.02.02 Животноводство

Stock-breeding

УДК 504.054:636

873.15.18.31.33

873.15.18.31.33 Животноводство

24.0.01.34.07 Влияние лесного хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

Impact of forestry on environment and pollution control

УДК 504.6:64; 504.6;556.18

873.15.19

873.15.19 Влияние лесного хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

24.0.01.34.08 Влияние водного хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

Impact of water economy on environment and pollution control

УДК 504.054:556.18

873.15.20

873.15.20 Влияние водного хозяйства на окружающую среду и контроль загрязнения

24.0.01.34.09 Влияние прочих источников загрязнения на окружающую среду и контроль загрязнения

Impact of other pollution sources on environment and pollution control

УДК 504.6:61/69

873.15.21

873.15.21 Влияние прочих источников загрязнения на окружающую среду и контроль загрязнения

24.0.01.34.10 Региональные аспекты загрязнения окружающей среды

Regional aspects of environmental pollution

УДК 504.6(1/9)

873.15.91

873.15.91 Региональные аспекты загрязнения окружающей среды

Выходящий с 1975 г. отдельный выпуск РЖ «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов», снабженный авторским, предметным и патентным указателями и указателями использованных периодических и продолжающих изданий, выполняет функцию информационной поддержки научных исследований и образовательного процесса в области охраны окружающей среды и смежных областей.

Таблица 1.

Распределение первоисточников по видам документов в тематическом фрагменте БД ВИНТИ «Охрана окружающей среды» за 2014–2018 гг.

Виды документов	Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%
Статьи в сериальных изданиях	21886	68,3	22466	69,4	23945	71,3	22790	69,2	22391	70,1
Статьи в книгах, сборниках	8270	25,8	8052	24,9	7707	23	8073	24,5	7596	23,8
Патентные документы	1023	3,2	1160	3,6	1075	3,2	1291	3,9	1303	4,1
Книги	609	1,9	522	1,6	666	2	615	1,9	556	1,7
Диссертационные работы (диссертации, авторефераты)	216	0,7	135	0,4	165	0,5	133	0,4	78	0,2
Отдельные выпуски журналов	3	0	3	0	2	0	1	0,0	1	0,0
Депонированные научные работы, монографии, сборники	26	0,1	20	0,1	11	0	7	0,0	0	0,0
Итого	32041		32360		33573		32913		31938	

В настоящее время фонд отечественной и зарубежной научно-технической литературы ВИНТИ РАН включает более 2,5 млн. журналов, книг, депонированных рукописей, авторефератов диссертаций и других видов научно-технической литературы. Ежегодно он пополняется новыми изданиями по естественным, точным и техническим наукам. Ниже показана закономерность долевого распределения первоисточников по видам документов в документально-реферативном тематическом фрагменте базы данных (БД) ВИНТИ «Охрана окружающей среды» с 2014 по 2018 гг. (таблица 1).

Как видно из таблицы, в данном тематическом фрагменте БД лидирующую позицию в долевым отношении занимают статьи из сериальных изданий, более 70% от общего массива документов. Заметную, но значительно меньшую долю, около 24% занимают статьи из книг и сборников. Патенты представлены в небольшом объёме – всего ~ 4%. На протяжении рассматриваемого периода эта тенденция стабильно сохраняется. Доля книг в общем массиве документов невелика, она не превышает 2% от общего количества первоисточников. Диссертации и авторефераты представлены крайне слабо, их доля в общем потоке документов не превышает 1%. Отдельные выпуски журналов, депонированные научные работы, монографии и сборники в 2018 году практически отсутствуют.

Заметное место в общем массиве документов занимают патенты (таблица 2).

Таблица 2.

Распределение патентных документов по странам в тематическом фрагменте БД ВИНТИ «Охрана окружающей среды» в 2014-2018 гг.

Страна издания документа	Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%
Россия	659	64,5	828	71,5	867	80,6	1144	88,6	1127	86,5
США	354	34,6	331	28,5	208	19,4	147	11,4	174	13,4
Германия	10	0,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,2
Итого	1023	100,0	1159	100,0	1075	100,0	1291	100,0	1303	100,0

Как видно из таблицы, абсолютное большинство патентных документов представлено первоисточниками из России. На протяжении рассматриваемого периода заметен устойчивый рост этого показателя: с 64,5% в 2014 году до 86,5% в 2018 году. Напротив, количество патентов из США, стабильно занимающих относительно небольшую долю в общем массиве документов, заметно снизилось: с 34% в 2014 году до 13,4% в 2018 году. Патенты из Германии представлены отдельными публикациями, и их количество за данный период также снизилось до статистически незначимых величин.

При изучении спектра публикуемых документов большое значение имеет год издания первоисточника. Так, значительную долю, превышающую 50% в общем массиве публикаций, занимают первоисточники 2017 года издания (таблица 3).

Таблица 3.

**Распределение первоисточников по видам и годам издания первоисточников
в тематическом фрагменте БД ВИНТИ «Охрана окружающей среды»
за 2014–2018 гг.**

Вид документа	Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%
Статья в сериальном издании	83	0,4	688	3,1	5703	25,5	12778	57,2	3105	13,9
Статья в книге, сборнике	19	0,3	366	4,8	2319	30,6	4610	60,7	276	3,6
Патентный документ	7	0,5	44	3,4	211	16,3	900	69,4	135	10,4
Книга	0	0,0	25	4,5	150	27,0	337	60,6	44	7,9
Диссертационная работа (диссертация, автореферат)	0	0,0	3	3,9	19	24,7	43	55,8	12	15,6
Депонированная научная работа, монография, сборник	0	0,0	0	0,0	1	10,0	9	90,0	0	0,0
Проспект, каталог	0	0,0	0	0,0	2	66,7	1	33,3	0	0,0
Итого	109	0,3	1126	3,5	8405	26,4	18678	58,6	3572	11,2

Заметную долю, но со значительным отрывом от предыдущего показателя занимают первоисточники 2018 года издания. Первоисточники предыдущих годов издания представлены, в основном, статьями из сериальных изданий, статьями из книг, сборников и патентами. Книги и диссертации 2016 года издания среди прочих документов занимают также видное место. Другие виды первоисточников 2014, 2015 и 2016 годов издания в общем спектре публикуемых документов представлены крайне слабо или практически отсутствуют.

Ежегодно ВИНТИ РАН обрабатывает около 700 000 первоисточников по естественным точным и техническим наукам, поступающим из более шестидесяти стран мира на разных языках. Исследован спектр языкового разнообразия документов, отраженных в документально-реферативном тематическом фрагменте базы данных (БД) ВИНТИ «Охрана окружающей среды» за последние пять лет (с 2014 по 2018 гг.). Анализ показал, что, несмотря на сокращение общего количества публикуемых материалов, спектр и уровень отражения различных языков в данном тематическом фрагменте БД за исследуемый период остается достаточно стабильным (таблица 4).

Таблица 4.

Распределение документов по языкам первоисточников в тематическом фрагменте БД ВИНТИ Охрана окружающей среды»

Языки	Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%
Русский	19165	59,8	18659	57,7	19361	57,6	19148	58,2	17665	55,3
Английский	9430	29,4	10272	31,7	10857	32,3	10824	32,9	11403	35,7
Китайский	1945	6,1	2147	6,6	2250	6,7	1897	5,7	1988	6,2
Немецкий	711	2,2	650	2	617	1,8	614	1,8	541	1,7
Французский	272	0,8	246	0,8	201	0,6	124	0,4	69	0,2
Украинский	216	0,7	206	0,6	168	0,5	205	0,6	170	0,5
Японский	81	0,3	51	0,2	31	0,1	32	0,1	34	0,1
Польский	109	0,3	47	0,1	38	0,1	15	0,05	21	0,1
Нидерландский					0	0,0	0	0,0	0	0,0
Итальянский					12	0,04	3	0,01	1	0,0
Испанский					2	0,01	2	0,01	1	0,0
Алтайский					16	0,05	12	0,04	14	0,0
Хорватский	17	0,1			7	0,02	7	0,02	2	0,0
Португальский					2	0,01	2	0,01	3	0,0
Болгарский	19	0,1	17	0,1	2	0,01	17	0,05	6	0,0
Словацкий					0	0	0	0,0	1	0,0
Молдавский									6	0,0
Узбекский									4	0,0
Отс. св. о языке	23	0,1	31	0,1	1	0,0	0	0,0	0	0,0
Прочие языки	53	0,2	34	0,1	8	0,02	11	0,03	9	0,0
Итого	32041		32360		33573		32913		31938	100,0

Как видно из таблицы, более половины всего потока документов, опубликованных в данном фрагменте БД, составляют тексты на русском языке. Заметную, но меньшую долю по сравнению с первоисточниками на русском языке составляют документы на английском языке (35,7%). Следует отметить стабильный рост (~ на 6%) этого показателя к концу данного периода. Доли документов на других языках сравнительно невелики: на китайском языке – около 6%, на немецком языке – менее 2%, на французском, украинском, японском и польском языках они занимают менее 1% от общего количества первоисточников. Другие языки в абсолютных величинах представлены крайне слабо, но их разнообразие достаточно велико. К ним относятся первоисточники на нидерландском, испанском, итальянском, алтайском, хорватском, португальском и болгарском языках. В 2018 году впервые опубликованы документы на молдавском и узбекском языках, но они также представлены статистически незначимыми величинами.

Ежегодно в ВИНТИ РАН поступает поток мировой научно-технической литературы, охватывающий более чем 66 стран мира. Он находит своё отражение в реферативных журналах, сборниках, итогах науки и техники, аналитических обзорах и базах данных.

Таблица 5.

**Основные страны издания первоисточников в тематическом фрагменте
БД ВИНТИ «Охрана окружающей среды» в 2014-2018 гг.**

Страны	Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ		Количество документов в БД/РЖ	
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%	Абс. ед.	%
Россия	18978	59,2	18558	57,3	19215	57,23	19035	57,8	17551	55,0
Великобритания	2853	8,9	3102	9,6	3439	10,24	4109	12,5	4583	14,3
Нидерланды	2240	7	2484	7,7	2269	6,76	2260	6,8	2273	7,1
Китай	2065	6,4	2262	7	2497	7,44	2139	6,5	2248	7,0
Германия	1214	3,8	1621	5	1758	5,24	1793	5,4	1827	5,7
США	2336	7,3	2201	6,8	2454	7,31	1992	6,1	1798	5,6
Швейцария	249	0,8	252	0,8	311	0,93	282	0,9	482	1,5
Украина	472	1,5	401	1,2	299	0,89	301	0,9	234	0,7
Австрия	69	0,2	74	0,2	63	0,19	77	0,2	129	0,4
Япония	190	0,6	114	0,4	142	0,42	122	0,4	97	0,3
Франция	300	0,9	266	0,8	224	0,67	133	0,4	79	0,2
Венгрия	74	0,2	137	0,4	147	0,44	104	0,3	66	0,2
Казахстан					44	0,13	34	0,1	63	0,2
Польша	178	0,6	100	0,3	81	0,24	44	0,1	45	0,1
Австралия	23	0,1	23	0,1	48	0,14	49	0,1	42	0,1
Румыния	157	0,5	100	0,3	94	0,28	29	0,1	42	0,1
Индия	49	0,2			23	0,07	25	0,08	39	0,1
Беларусь	32	0,1	21	0,1	30	0,09	30	0,09	38	0,1
Корея, Республика			35	0,1	28	0,08	33	0,1	36	0,1
Сербия	55	0,2	40	0,1	37	0,11	38	0,1	33	0,1
Болгария	121	0,4	216	0,7	57	0,17	46	0,1	31	0,1
Швеция					0	0	19	0,06	30	0,1
Узбекистан	24	0,1	29	0,1	29	0,09	36	0,1	27	0,1
Канада	34	0,1	52	0,2	21	0,06	22	0,07	21	0,1
Словакия					4	0,01	14	0,04	21	0,1
Ирландия							0	0,0	19	0,1
Молдова					11	0,03	11	0,03	14	0,0
Литва	41	0,1	27	0,1	31	0,09	19	0,06	13	0,0
Дания							16	0,05	9	0,0
Киргизия							9	0,03	8	0,0
Хорватия	22	0,1	25	0,1	12	0,04	9	0,03	6	0,0
Чехия					3	0,01	2	0,01	5	0,0
Азербайджан							14	0,04	4	0,0
Италия	22	0,1	18	0,1	26	0,08	14	0,04	3	0,0
Бразилия	32	0,1	33	0,1	19	0,06	3	0,01	3	0,0
Финляндия							11	0,03	3	0,0
Латвия	35	0,1			13	0,04	3	0,01	3	0,0
Грузия							7	0,02	1	0,0
Словения	19	0,1			0	0	6	0,02	0	0,0
Бельгия	42	0,1	21	0,1	11	0,03	5	0,02	0	0,0
Испания					0	0	1	0,0	1	0,0
Прочие страны	115	0,4	148	0,5	133	0,45	17	0,05	11	0,0
Итого	32041		32360		33573		32913		31938	

Изучали динамику распределения основных стран издания первоисточников в документально-реферативном тематическом фрагменте базы данных (БД) ВИНТИ «Охрана окружающей среды» с 2014 по 2018 гг. (таблица 5).

Несмотря на широкий спектр стран издания первоисточников, представленный в данной таблице, основная часть всего потока документов, приходится на первоисточники из России (более 50 %).

Заметную долю, но со значительным отрывом от предыдущего показателя составляют первоисточники из Великобритании (14,3%), однако за последние пять лет отмечается увеличение на 5,4% количества документов из этой страны.

Доли Нидерландов и Китая представлены примерно в равных пропорциях и составляют около 7% от общего потока первоисточников, Германия и США – 5,7% и 5,6%, соответственно. Швейцария представлена слабее – всего 1,5%, но к концу рассматриваемого периода для этого показателя заметен рост.

Доли первоисточников из Украины, Австрии и Японии стабильно низкие и составляют менее 1% от общего потока литературы. Доли документов из Франции, Венгрии, Казахстана, Польши, Австралии, Румынии, Индии, Беларуси, Кореи, Сербии, Болгарии, Швеции, Узбекистана, Канады, Словакии и Ирландии крайне малы и не превышают 0,1–0,2%. Молдова, Литва, Дания, Киргизия, Хорватия, Чехия, Азербайджан, Италия, Бразилия, Финляндия, Латвия, Грузия, Испания представлены единичными публикациями и эти показатели не имеют статистической значимости.

Сделан вывод, что за исследуемый период картина распределения первоисточников по странам сохраняет достаточную стабильность.

Особенностью экологической информации является ее чрезвычайно высокая рассеянность. Исследования по охране окружающей среды ведутся практически во всех областях науки и техники. их результаты публикуются в тысячах разных изданий, многие из которых труднодоступны или накапливаются в фондах различных учреждений.

Найти природоохранную информацию в многочисленных отраслевых выпусках РЖ крайне трудно. Для устранения этого недостатка ВИНТИ РАН ежемесячно издает проблемно-ориентированные отдельные выпуски РЖ, в которых помещаются материалы по конкретному вопросу охраны окружающей среды (из многих отраслевых выпусков РЖ): «Охрана и улучшение городской среды», «Технологические аспекты охраны окружающей среды», «Системы, природы и методы контроля качества окружающей среды», «Экология человека».

В ВИНТИ РАН значительное место в информационном обеспечении проблем охраны окружающей среды, природных ресурсов, экологическим проблемам занимают журналы обзорной информации. В данном обзоре их следует представить.

1. «Проблемы окружающей среды и природных ресурсов»

В журнале публикуются обзоры и оригинальные работы по широкому кругу проблем связанных с изучением систем окружающей среды, включая вопросы оценки последствий реализации антропогенных сценариев по реконструкции земных покровов и изменения гидрологических циклов. Авторами публикаций являются известные специалисты по исследованию климата, биосферы и гидросферы. В публикациях рассматриваются задачи разработки и применения методов численного моделирования динамики окружающей среды, имея в виду обеспечение возможностей более полного анализа данных наблюдений, рассматриваются ключевые аспекты глобальной экоинформатики. Обсуждаются принципы

альные проблемы численного моделирования динамики системы «природа-общество» в глобальных и региональных масштабах. Рассматриваются глобальные биогеохимические круговороты химических элементов, и в частности, углерода в связи с парниковым эффектом. Особое внимание уделяется анализу динамики окружающей среды в Арктике и ее роли в глобальных процессах. Уделяется внимание мониторингу газоконденсатных месторождений морских акваторий и эстуариев и загрязнению морских вод.

2. «Экономика природопользования»

Важная роль в решении проблем устойчивого развития общества отводится научным коммуникациям, позволяющим ознакомиться с последними достижениями в области экономики природопользования широким слоям научной общественности и специалистов-практиков, а также студентам, аспирантам и преподавателям. Значительный вклад в эти процессы вносит журнал «Экономика природопользования», на страницах которого публикуются результаты исследований в области обеспечения устойчивого развития, безопасности жизнедеятельности и риск-анализа, организации охраны окружающей среды, разработок ресурсосберегающих технологий, региональной экономики.

В журнале публикуются обзоры и оригинальные исследования по экономическим проблемам оптимизации взаимодействия человека и природы с целью поиска эффективных стратегий природопользования, включая выработку оптимальных соотношений между затратами на охрану окружающей среды и доходами от использования природных ресурсов. Авторами публикаций являются известные специалисты по построению основ концепции управления устойчивым развитием системы природа-общество на базе математического моделирования и информационных технологий.

3. «Научные и технические аспекты охраны окружающей среды»

На страницах этого журнала, в основном, публикуются статьи и обзоры по проблемам отходов, малоотходной и безотходной технологиям.

Быстрый рост населения и экономический рост являются определенными причинами возрастающего истощения наших некогда обильных природных ресурсов. Скорость их истощения быстрее, чем могла бы заменить природа. В то же самое время обрабатывающие отрасли промышленности, загрязняют биосферу и ставят под угрозу выживание и разнообразие многих видов растений и животных. Вредные выбросы в воздух, водные объекты и почву препятствуют восстановлению природных ресурсов. В стремлении удовлетворения нынешних потребностей населения нельзя ставить под угрозу требования будущих поколений. Поэтому использование ресурсов требует устойчивого и комплексного управления отходами, которое является одним из важнейших аспектов использования ресурсов.

Образование отходов является естественным результатом экономической и общественной деятельности хозяйствующих субъектов и потребителей, и оно происходит на протяжении всей истории человечества. С отходами связаны затраты и выгоды – природные ресурсы используются в производственных процессах, а выгоды приобретаются от потребления товаров и услуг. Ключом является обеспечение того, чтобы ценности, которые мы извлекаем из природных ресурсов, не превышали затраты на их использование. Важно также обеспечить оптимальное управление отходами с тем, чтобы затраты общества на обращение с отходами, включая природоохранные затраты, были минимизированы.

4. «Экологическая экспертиза»

На страницах журнала обсуждаются задачи проведения экологической экспертизы при оценке последствий реализации крупномасштабных антропогенных проектов, приводящих к изменению систем окружающей среды. Проведение экологической экспертизы необходимо решать задачи по оценке последствий антропогенных сценариев преобразования элементов окружающей среды. В большинстве случаев это решение реализуется на экспертном уровне, основываясь на опыте, приобретенном в прошлом. В настоящее время все большее внимание уделяется применению новейших информационных технологий, которые позволяют без ущерба окружающей среде рассмотреть самые невероятные сценарии антропогенного вмешательства в природные системы. Особенно это важно при решении глобальных проблем биосферы.

В журнале публикуются материалы по экологическому аудиту. Экологический аудит, широко применяемый в промышленно развитых государствах, наряду с решением задач по снижению экологических рисков, реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду и обеспечение экологической безопасности на уровне отдельных организаций, производственных комплексов и территорий, выполняет и экономическую функцию – позволяет вывести предприятия на международные рынки и тем самым повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Рассматриваются вопросы оптимизации систем мониторинга окружающей среды, новые технологии синтеза гибких информационно-моделирующих систем, обеспечивающих экономический эффект при диагностике окружающей среды.

Значительный объем информационных материалов в журнале занимает оценка экологического воздействия, которая является процессом идентификации, количественного определения и оценки потенциальных эффектов, связанных с планированием предложенных действий на среды обитания, виды и экосистемы. Данные оценки могут помочь компетентным органам решать экологические проблемы более успешными методами.

Предложения

1. Необходимо усиление международного сотрудничества и реализация стратегических образовательных инициатив.

2. Необходима интенсификация международного сотрудничества, укрепления статуса ВИНТИ РАН как базовой организации государств-участников Содружества Независимых Государств по межгосударственному обмену научно-технической литературы.

3. Обеспечение полного отражения русскоязычной научной литературы для мониторинга и объективной экспертной оценки научной деятельности российских ученых.

4. Развитие широкого международного сотрудничества с ведущими информационными центрами и системами (ИНФОТЕРРА, КОДАТА и др).

5. По личным каналам и централизованно в ВИНТИ организовать международное сотрудничество по приобретению журналов и трудов международных конференций.

6. Просматривается взаимосвязь тематики Реферативных журналов и баз данных по охране окружающей среды с другими отраслевыми подразделениями ВИНТИ. Активизировать работу Отраслевых отделов по международному сотрудничеству в области научно-технической информации по смежным направлениям.

ОБРАЗОВАНИЕ. ВОСПИТАНИЕ. КАДРЫ

УДК 502/504:37.03; 502/504:331.108

ПОДГОТОВКА МЕДИЦИНСКИХ КАДРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ЦИФРОВОГО БУДУЩЕГО

Э. Тополь¹

*Независимый отчет, подготовленный по поручению
Министерств здравоохранения и социального обеспечения Великобритании
Февраль 2019 г.*

Национальный институт здравоохранения Великобритании

NHS

The Topol Review

Preparing the healthcare workforce to deliver digital future

An independent report on behalf of the Secretary of State for Health and Social Care
February 2019

Содержание

Подготовка медицинских кадров для обеспечения требований цифрового будущего

Краткое содержание

Рекомендации

1. Введение

- 1.1. Проведение обзора
- 1.2. Принципы
- 1.3. Сбор доказательств
- 1.4. Выбор приоритетов для кадров
- 1.5. Обзор отчета

2. Этические соображения

- 2.1. Безопасность пациента
- 2.2. Управление данными
- 2.3. Уважение человеческого достоинства
- 2.4. Неравенства в состоянии здоровья
- 2.5. Пациенты и средний медицинский персонал
- 2.6. Работники здравоохранения
- 2.7. Система здравоохранения
- 2.8. Расширение участия в цифровом обществе
- 2.9. Рекомендации

3. Ведущие цифровые технологии в здравоохранении, воздействующие на кадры

- 3.1. Описание ведущих технологий
- 3.2. Примеры использования
- 3.3. Будущие сценарии
- 3.4. Следующие 20 лет

¹ Эрик Тополь – американский кардиолог, профессор геномики, директор Института трансляционных исследований Скриппса, крупнейшего в мире центра биомедицинских исследований, со штаб-квартирой в г. Ла-Хойя, шт. Калифорния.

4. Геномика

- 4.1. Гражданин и пациент
- 4.2. Работники здравоохранения
- 4.3. Система здравоохранения
- 4.4. Рекомендации

Персона: Эдди – специалист в области биоинформатики

5. Цифровая медицина

- 5.1. Гражданин и пациент
- 5.2. Работники здравоохранения
- 5.3. Система здравоохранения
- 5.4. Рекомендации

Персона: медбрат Том

6. Искусственный интеллект (ИИ) и робототехника

- 6.1. Потенциал ИИ и технологии робототехники в здравоохранении
- 6.2. Встраивание инфраструктуры для ИИ и робототехники
- 6.3. Гражданин и пациент
- 6.4. Работники здравоохранения
- 6.5. Система здравоохранения
- 6.6. Рекомендации

Персона: врач скорой помощи Селма

7. Экономика, эффективность здравоохранения и подаренное время

- 7.1. Воздействие на пациента
- 7.2. Воздействие на персонал и систему здравоохранения
- 7.3. Потенциальное воздействие технологий цифрового здравоохранения на производительность медицинского персонала

8. Организационное развитие

- 8.1. Открытая и всесторонняя инновационная культура²
- 8.2. Установка приоритетов для кадров
- 8.3. Адаптивный медицинский персонал
- 8.4. Лидерство
- 8.5. Создание эффективного механизма управления для цифрового здравоохранения
- 8.6. Инвестиции
- 8.7. Рекомендации

Персона: врач Сара

9. Создание обучающей среды для образования и обучения

- 9.1. Культура обучения
- 9.2. Методы обучения
- 9.3. Поддерживающие педагоги
- 9.4. Поддержка всего медицинского персонала
- 9.5. Поддержка высококвалифицированного персонала
- 9.6. Обучение будущих кадров
- 9.7. Рекомендации по обучению для оказания поддержки адаптированной к цифровым технологиям системы здравоохранения

10. Заключение

Библиография

Глоссарий

² Инновационная культура- знания, умения и опыт целенаправленной подготовки, комплексного внедрения и всестороннего освоения новшеств в различных областях человеческой жизнедеятельности при сохранении в инновационной системе динамического единства старого, современного и нового.

Подготовка медицинских кадров для обеспечения требований цифрового будущего

Письмо министру здравоохранения и социального обеспечения

Уважаемый министр!

Для меня была большой честью просьба о проведении независимого обзора, чтобы дать рекомендации по следующим вопросам:

- как технологические и другие разработки (в том числе в области геномики, искусственного интеллекта, цифрового здравоохранения и робототехники) могут изменить роли и функции медицинского персонала во всех профессиях в течение следующих двух десятилетий, чтобы обеспечить более безопасную, более продуктивную, более эффективную и более целенаправленную систему медобслуживания пациентов;

- каковы будут последствия этих изменений для квалификации, требуемой специалистами, выполняющим эти роли, определяющими род занятий или узкую специализацию, где они могут быть особенно значительными;

- последствия для выбора, учебных программ, образования, обучения, развития и обучения в течение всей жизни нынешних и будущих сотрудников Национальной службы здравоохранения (НСЗ).

Мы находимся на уникальном этапе в истории медицины, когда в цифровой инфраструктуре объединены геномика, биосенсоры, электронная карта пациента и приложения для смартфонов, наложенные друг на друга, а также искусственный интеллект, позволяющий понять огромное количество созданных данных. Этот удивительно мощный набор информационных технологий дает возможность понять, с медицинской точки зрения, уникальность каждого человека - и в перспективе предоставлять услуги здравоохранения на гораздо более рациональной, эффективной и индивидуальной основе.

С конца 2017 г. по настоящее время наша междисциплинарная группа экспертов, в которую входят клинические врачи, преподаватели, специалисты по этике, специалисты по вычислительной технике, инженеры и экономисты, провела исследование имеющихся данных и спрогнозировала, какое влияние эти технологии окажут на персонал НСЗ в течение следующих двух десятилетий. Насколько нам известно, такое мероприятие с участием экспертов из различных дисциплин и в аспекте всей страны ранее не проводилось.

Обзор был основан на следующих предпосылках:

1. Пациент должен рассматриваться как находящийся в центре внимания при оценке и внедрении любых новых технологий.

2. Технологии цифрового здравоохранения³ обладают значительным потенциалом для повышения точности диагностики и лечения, эффективности медицинского обслуживания и рабочих процессов для медицинских работников, но их внедрение должно осуществляться только после тщательной клинической проверки.

3. Пациенты, которые готовы взять на себя больший контроль за своим лечением, используя цифровые инструменты и алгоритмы, будут наделены полномочиями, но это всегда должно быть выбором для них.

³ Под цифровым здравоохранением обычно понимают совокупность сервисов дистанционного взаимодействия с врачом, а также носимые, и не только, устройства для дистанционного мониторинга жизненных показателей пациента.

4. Значительное улучшение отношений между пациентом и клиническим врачом возможно благодаря подаренному времени, предоставленному внедрению этих технологий. Это принесет новый акцент созданию важной связи между людьми, основанной на доверии, присутствии медицинского персонала, эмпатии и общении.

5. Новая медицина в том виде, в котором она предвидится, потребует углубленного образования и обучения лечащих врачей и общественности с развитием междисциплинарного подхода, включающего специалистов по теории и методам анализа данных, специалистов по информатике, инженеров, специалистов в области биоинформатики, в дополнение к традиционному сочетанию фармацевтов, медсестер и врачей.

Конечно, существует значительная неопределенность в планировании чего-либо, в особенности не менее важной части нашей жизни - нашего здоровья. Мы ожидаем, что произойдут три примечательных изменения: гораздо большая часть населения будет секвенировать свой геном⁴; расширение прав и возможностей людей, которые будут все чаще генерировать собственные данные о здоровье с помощью алгоритмов для интерпретации этих данных; и заметное улучшение скорости, точности и масштабируемости интерпретации медицинских данных, обеспечиваемое искусственным интеллектом, что предоставит надежную поддержку для всех типов врачей. В совокупности это приведет к развитию отношений между пациентом и врачом, которые, как мы надеемся, могут быть значительно укреплены, наряду с уменьшением “перегорания” на работе, которое в настоящее время затрагивает значительную часть клинических врачей.

В конечном счете, использование и внедрение этих технологий (включая геномику⁵) в рамках всей Национальной службы здравоохранения, хотя и представляет определенную проблему, может предотвратить заболевания и их осложнения и привести к общему улучшению результатов лечения.

Мы предлагаем ряд рекомендаций для вас. Для их выполнения потребуется скорейшее их внедрение поставщиками образовательных услуг, а также независимыми организациями и работодателями, действующими от имени Государственной службы здравоохранения, если мы хотим воспользоваться преимуществами, предлагаемыми этими технологиями цифрового здравоохранения.

Я хотел бы лично поблагодарить ваше Министерство за поддержку, мой уникальный орган по обзору и группы экспертов за их профессионализм и целенаправленные усилия, Health Education England⁶ и сотрудников Министерства за их работу над обзором, не забывая всех тех, кто поделился своими мыслями и опытом в ответ на наш призыв для представления доказательств.

⁴ Секвенирование – тест для определения генетических повреждений (мутаций) в ДНК, которые являются причиной наследственных болезней, наследственных предрасположенностей или особенностей организма. Геном – совокупность наследственного материала, заключенного в клетке организма.

⁵ Геномика – раздел молекулярной генетики, посвященный изучению генома и генов живых организмов.

⁶ Исполнительный, не ведомственный орган Министерства здравоохранения, созданный в 2012 г. и возглавляющий и координирующий деятельность по образованию и обучению медицинского персонала в Англии.

Eric Topol (Эрик Тополь), врач, исполнительный вице-президент и профессор молекулярной медицины Института трансляционных исследований Скриппса⁷
Февраль 2019 г.



Краткое содержание

Поскольку люди живут дольше, но и с сохранением долговременного благоприятного состояния здоровья, наблюдается неумолимый рост спроса на услуги здравоохранения.

Медицинский персонал также меняется: у рожденных в конце XX века появляются новые ожидания, и большинство людей ищут хорошего баланса между работой и личной жизнью за счет легко перестраиваемой профессиональной деятельности. Долгосрочный план НСЗ определяет необходимость в большем количестве медицинского персонала для удовлетворения этого растущего спроса на услуги. Цифровые технологии медицинского здравоохранения, определяемые здесь как геномика, цифровая медицина⁸, искусственный интеллект (ИИ) и робототехника, должны рассматриваться не только в плане увеличения затрат, но и как новое средство решения серьезнейших проблем здравоохранения 21-го века [1].

Великобритания обладает потенциалом стать мировым лидером в этих технологиях здравоохранения, и в этом отчете прогнозируется, как технологические инновации повлияют на роль и функции медицинского персонала в течение следующих двух десятилетий. Наш обзор доказательств позволяет нам предполо-

⁷ Основные научные направления института – исследования в области биологии рака, клеточной и молекулярной биологии, иммунологии, инфекционных заболеваний, молекулярной и клеточной нейробиологии, молекулярной и экспериментальной дисциплины, молекулярной терапии, метаболизм старения.

⁸ Цифровая медицина включает консультации у врача по Интернету, получение больничного или рецепта в электронной форме, хранение всех медицинских документов пациента в его личном кабинете.

жить, что эти технологии не заменят медицинских работников, а улучшат их способности (“умножат их”), предоставив им больше времени для ухода за пациентами. Некоторые профессии будут затронуты в большей степени, чем другие, но влияние на результаты лечения пациентов во всех случаях должно быть положительным. Пациенты будут иметь возможность более полно участвовать в сохранении своего здоровья.

В этом революционном отчете запрашивалось мнение экспертов со всей Великобритании и других стран. Это первый случай, когда такой широкий спектр знаний был собран вместе, чтобы предвидеть и обсуждать влияние технологических инноваций на персонал НСЗ.

Благодаря тому, что пациенты находятся в центре внимания наших дискуссий, этот отчет является кульминацией обширного обзора литературы, интервью, встреч экспертов и круглых столов. Мы получили чрезвычайно полезную реакцию на призыв к представлению доказательств от отдельных лиц и организаций, с ответами сотен представителей пациентов, профессиональных групп, промышленности, образования, регулирующих органов и национальных органов.

В течение 20 лет для 90% всех работающих в НСЗ потребуются некоторые элементы цифровых навыков. Персонал должен уметь ориентироваться в среде здравоохранения, насыщенной данными. Все сотрудники будут нуждаться в цифровой и геномной грамотности. Данный отчет посвящен как существующим, так и будущим трудовым кадрам. Нам необходимо устранить различия в цифровой грамотности нынешней рабочей силы в зависимости от возраста или места работы.

Следующее десятилетие предоставит возможности для решения проблем управления данными и кибербезопасности, согласования этических основ и развития персонала/организаций в системе НСЗ для внедрения геномики и цифровых технологий на рабочем месте. Сложность требований к управлению данными не должна быть причиной бездействия. Что наиболее важно, должны быть механизмы для обеспечения того, чтобы передовые технологии не обезчеловечивали лечения. Хотя автоматизация повысит эффективность, она не должна заменять взаимодействие с человеком.

В этом отчете предлагаются три принципа для поддержки развертывания технологий цифрового здравоохранения в рамках НСЗ:

1. Пациенты должны быть включены в качестве партнеров и информированы о технологиях здравоохранения, с особым акцентом на уязвимые/маргинальные группы для обеспечения равного доступа.

2. Работники системы здравоохранения нуждаются в экспертизе и руководстве для оценки новых технологий, используя процессы, основанные на реальных данных.

3. Подаренное время: везде, где возможно, внедрение новых технологий должно позволить персоналу уделять больше времени уходу за пациентами, способствуя более глубокому взаимодействию с ними.

Геномика, цифровая медицина и искусственный интеллект окажут большое влияние на уход за пациентами в будущем. Ряд новых технологий, в том числе недорогая технология секвенирования (см. сноску 4), телемедицина⁹, приложения

⁹ Использование компьютерных и телекоммуникационных технологий для обмена медицинской информацией. Это один из наиболее быстро растущих сегментов здравоохранения в мире.

для смартфонов, биосенсоры для удаленной диагностики и мониторинга, распознавания речи и автоматической интерпретации изображений, будут особенно важны для работников здравоохранения.

Что это значит для пациентов, лиц, осуществляющих уход, и широкой общественности?

В будущем многие аспекты медицинской помощи будут смещаться ближе к дому пациента, в то время как более специализированная помощь будет централизована в национальных или региональных центрах. В течение некоторого времени НСЗ работает над установлением менее патерналистских отношений между пациентами и персоналом, и цифровые технологии здравоохранения способны ускорить этот процесс, дать людям возможность быть более информированными о своем лечении и позволить им работать вместе с медицинским персоналом для принятия решений о лечении.

Геномика способна трансформировать здравоохранение с помощью более точных диагнозов более широкого спектра заболеваний на генетической основе и позволить пациентам знать вероятность развития одного из этих заболеваний. Тем не менее, существует необходимость в разработке четких рамок для медицинского персонала для использования геномных данных таким образом, чтобы гарантировать конфиденциальность пациентов и внушать поддержку и доверие граждан и более широкого сообщества.

Цифровая медицина уже меняет способ взаимодействия людей с системой здравоохранения. Телемедицинские услуги включают в себя сортировку по телефону на группы, такую как 111 (неотложная медицинская помощь), и возможность записываться по видео (через Интернет). Приложения для смартфонов помогают пациентам самостоятельно управлять и заказывать повторные рецепты. Дистанционный мониторинг меняет способ оказания помощи. Почти 90% населения регулярно пользуются Интернетом, однако менее четверти из них зарегистрировались в онлайн-службах врача общей практики. Система здравоохранения и ухода должна будет работать с пациентами для совместного создания приложений цифровых технологий, которые будут отвечать на их потребности.

При использовании **технологий на основе ИИ** автоматическая интерпретация изображений в рентгенологии и патологии приведет к более быстрой диагностике, а распознавание речи может высвободить больше времени персонала для оказания медицинской помощи. ИИ преобразует сгенерированные пациентом данные в клинически полезную информацию и дает возможность пациентам управлять своим здоровьем или обращаться за соответствующей медицинской поддержкой. Преимущество для пациента должно быть движущей силой помимо искусственного интеллекта и робототехники, так как новые продукты будут разрабатываться совместно с пациентами от проектирования до реализации.

Достижения в области технологий здравоохранения и акцентирование большего внимания на профилактике, состоянии здоровья и благополучия принесут значительные улучшения в результатах лечения пациентов. Тем не менее, крайне важно, чтобы система здравоохранения подготовилась к принятию любых новых технологий в духе равенства и справедливости. Целый ряд социальных детерминант влияет на результаты в отношении здоровья, и цифровые технологии здравоохранения должны устранять, а не усиливать неравенство, при этом особое внимание должно уделяться уязвимым и социально отчужденным группам.

Развивающиеся медицинские кадры

Необходимо повысить осведомленность работников здравоохранения и социальной сферы о геномике и цифровой грамотности. Последнее требует развития навыков, отношений и поведения, которые требуются людям, чтобы стать компетентными в цифровой среде и уверенными в себе. Необходимо повысить уровень цифровой грамотности, осведомленность сотрудников о необходимых возможностях, доступ к обучению и поддержке и навыки, позволяющие пациентам и гражданам улучшать здоровье и благополучие с помощью технологий, что является фундаментальным сдвигом в балансе навыков в рабочей силе, который будет происходить в течение следующих двух десятилетий. Это представит новые возможности карьерного роста для некоторых категорий работников.

Геномика станет неотъемлемой частью всех медицинских специальностей. В то время как некоторые аспекты будут касаться работников с узкой специализацией, многие из них станут общепринятыми и будут включены в повседневную медицинскую помощь. Кадровые ресурсы здравоохранения будут играть ключевую роль в обеспечении эффективного, надлежащего и справедливого использования геномных технологий, чтобы люди могли понять, как генетика может влиять на их здоровье.

Для **цифровой медицины** потребуется лидерство с возможностью управлять повесткой дня, для чего необходимо включать членов совета директоров, а также вводить новые руководящие должности, отвечающие за консультирование советов по цифровым технологиям.

Государственная служба здравоохранения должна приобрести навыки в определении происхождения данных, их обработки и управления, улучшить понимание этических соображений и укрепить необходимые навыки для проведения критической оценки.

Искусственный интеллект будет использоваться для повышения квалификации сотрудников НСЗ. Сотрудники должны будут полностью понимать вопросы достоверности и точности данных. Ранние преимущества ИИ и робототехники будут включать в себя автоматизацию повседневных повторяющихся задач, которые требуют небольшого человеческого когнитивного потенциала, улучшенную хирургическую помощь с помощью роботов и оптимизацию логистики.

Организации НСЗ должны инвестировать в существующую рабочую силу для развития специальных навыков, включая оценку и внедрение геномики и цифровых технологий. Со всеми новыми технологиями важно заранее определить будущих лидеров и создать сети для совместного обучения. Аккредитованное непрерывное профессиональное развитие (CPD) и гибкие возможности непрерывного обучения и карьерного роста, в том числе совместительство в научных или промышленных кругах, будут важны для достижения изменений. Советы НСЗ также должны нести ответственность за эффективное управление знаниями для поддержки инноваций и изменений

Руководство служб здравоохранения для интеграции и внедрения новых технологий

Технологические инновации будут все больше смещать баланс помощи в НСЗ в сторону более централизованной высокоспециализированной помощи и децентрализованной менее специализированной помощи. Это приведет к долгосрочным изменениям в структуре потребностей и услуг. Чтобы новые технологии

цифрового здравоохранения полностью раскрыли свой потенциал и обеспечили значительно лучшие результаты для пациентов без необходимости увеличения ресурсов, вся система здравоохранения и ухода должна предвидеть и планировать свое будущее. Поскольку для достижения экономического эффекта может потребоваться до 10 лет, необходимо тщательно планировать инвестиции в системы информационных технологий (ИТ), аппаратные средства, программное обеспечение и возможности подключения, а также в обучение медицинского персонала и населения.

По мере перехода к секвенированию всего генома (см. сноску 4) геномика выйдет за рамки редких и раковых заболеваний, что даст выгоды в профилактике и лечении распространенных заболеваний с поздним началом. Теперь можно вносить исправления в ДНК человека, которые могут привести к излечению от ранее неизлечимых заболеваний и обеспечить целевое лечение. Такое вмешательство может заменить некоторые современные паллиативные методы лечения в течение следующих 10-20 лет, достигая излечений и снижая затраты на длительное лечение.

Существует необходимость завершить оцифровку и интеграцию записей о здоровье и уходе, если для НСЗ будут реализованы все преимущества **цифровой медицины** (ранняя диагностика, персонализированный уход и лечение). Понимание того, как технологии, основанные на данных, лучше всего использовать для поддержки и совершенствования методов работы, станет частью развития медицинских кадров. Это облегчит ввод в действие услуг цифровой медицины, например, телемедицины с целью облегчения доступа и снижения уровней неявки, или дистанционного мониторинга с целью сокращения незапланированных случаев госпитализации.

Достижения в математике, вычислительной мощности, облачных вычислениях и разработке алгоритмов ускорили нашу способность анализировать, интерпретировать и принимать решения с использованием искусственного интеллекта. Неравномерное качество данных НСЗ, пробелы в управлении информацией и недостаток опыта остаются основными препятствиями для принятия этих достижений. Для поддержки анализа анонимных данных о пациентах по отраслям требуются обязательные правила поведения и прозрачная структура управления информацией, а также рекомендации по оценке и приобретению продуктов ИИ. В рамках НСЗ необходимо использовать возможности для выявления и понимания систематических ошибок алгоритмов и обеспечить, чтобы данные не отражали систематических ошибок, присущих социальным структурам, и не усиливали структурную дискриминацию и неравенство.

Для обеспечения справедливости при внедрении любых новых технологий крайне важно составить карту доступа, использования и воздействия технологий лечения здравоохранения, ориентированных на экономику системы здравоохранения. Безопасность пациентов должна быть в центре интеграции новых технологий. Лидеры системы здравоохранения должны будут работать вместе с регулирующими органами для пересмотра нормативов и требований к новым цифровым технологиям, а также кибербезопасности и конфиденциальности данных, чтобы обеспечить прозрачные, отказоустойчивые, надежные и юридически осуществимые виды политики и практики управления, а также предоставить основанные на фактических данных гарантии безопасности медицинских технологий. Мы должны учиться у других отраслей промышленности и на международных примерах.

Обучение должно быть поручено разработать специализированным кадрам в области регулирования и оценки цифровых технологий.

Чтобы восполнить пробел в квалификации, НСЗ необходимо будет сотрудничать с научными кругами и промышленностью, а также привлекать одаренных специалистов со всего мира с помощью новых программ профессионального обучения и магистерских программ, например, путем расширения Цифровой академии NHS¹⁰ и внедрения отраслевых сетей обмена для облегчения совместной работы. Необходимо организовать непрерывный процесс подготовки инженеров в области робототехники, специалистов по обработке данных и других технических специалистов, которые затем могут быть привлечены в NHS для создания новых технологических решений, которые улучшат уход за больными и производительность.

Создание культуры инноваций и обучения будет иметь решающее значение, благодаря повышению репутации для обучения и поддержки, активной учебной деятельности, возможности учиться и обдумывать вне рабочего места, распространению уроков раннего освоения и обмену примерами из инициативы передовой практики, научно обоснованной.

Выводы

Это захватывающее время для NHS, чтобы извлечь выгоду и превратить в капитал технологические достижения. Тем не менее, мы должны извлечь уроки из предыдущих проектов, направленных на изменения. Успешная реализация потребует инвестиций как в людей, так и в технологии. Для привлечения и поддержки работников здравоохранения на быстро изменяющейся и высокотехнологичной рабочей площадке организациям НСЗ необходимо создать учебную среду, в которой сотрудникам будут предоставлены все стимулы для непрерывного обучения. Мы должны лучше понимать факторы, способствующие изменениям, и создавать культуру инноваций, расставлять приоритеты в людях, развивать адаптивную и уверенную в себе рабочую силу, с лидерством в цифровой сфере и эффективными процессами управления для содействия внедрению новых технологий, поддерживаемых долгосрочными инвестициями.

Рекомендации

Экспертный совет рекомендует:

Гражданин и пациент

- Подобно другим образовательным инициативам в области общественного здравоохранения, следует разработать программы, направленные на привлечение и просвещение общественности в вопросах геномики и технологий цифрового здравоохранения. (P1)

- НСЗ должна работать с организациями пациентов и лиц, осуществляющих уход, для поддержки надлежащего обучения пациентов. (P2)

- Должны быть созданы местные механизмы для обеспечения целевого обучения и поддержки на основе потребностей посредством существующего предоставления поддержки пациентам, где это возможно. (H1)

¹⁰ Виртуальная организация, созданная в 2018 г. для подготовки нового поколения квалифицированных специалистов в области цифровых технологий, способных стимулировать информационные и технологические трансформации в НСЗ.

Группа по геномике рекомендует:

Гражданин и пациент

- НСЗ в партнерстве с соответствующими регулирующими органами должна создать четкую и надежную структуру, с помощью которой медицинские работники будут использовать геномные данные, и которая обеспечит конфиденциальность пациентов и вызовет поддержку и доверие граждан и широкой общественности. (G1)

Медицинские работники

- Все медицинские работники должны пройти базовую подготовку по геномной грамотности, чтобы помочь им понять основы, преимущества и этические соображения, связанные с геномикой. (G2)

- Обучение на протяжении всей жизни должно быть доступно для медицинских работников с акцентом на постоянную поддержку в этой быстро развивающейся области, включая доступ к динамическим “своевременным” цифровым обновлениям и онлайн-ресурсам по геномной информации. (G3)

- Аккредитованное геномное обучение для медицинских работников должно быть организовано по ключевым клиническим специальностям для включения геномного тестирования и геномного консультирования в их практику. (G4)

- Необходимо наращивать потенциал Службы геномной медицины¹¹ NHS посредством поддержки специалистов-медиков, в том числе консультантов по геному, клинических ученых и специалистов по геномной медицине. (G5)

Система здравоохранения

- Для специалистов в области биоинформатики¹² должен быть разработан привлекательный карьерный путь, в том числе расширение подготовки специалистов высокого уровня для клинической биоинформатики. (G6)

- Должна быть разработана основа для геномного лидерства между клиническими специальностями и учреждениями первичной медицинской помощи, чтобы поощрять и распространять лучшие практики и упрощать системы направления пациентов. (G7)

- Академические учреждения должны обеспечить, чтобы геномика и аналитика данных занимали видное место в учебных планах бакалавриата для медицинских работников, а также что должно быть расширение возможностей бакалавриата в области геномики, биоинформатики и информационной обработки данных. (G8)

Группа по цифровой медицине рекомендует:

Гражданин и пациент

- Информационные ресурсы Интернета НСЗ должен быть жизненно важным надежным источником медицинской информации и должны быть обеспечены наполнением. (DM1)

¹¹ Геномная медицина предлагает пациентам новую концепцию индивидуальной профилактической медицины, это интеграция генетики с традиционной медициной, основанная на выявлении генов-кандидатов для лечения болезней и разработки диагностических тестов для выявления различного рода рисков.

¹² Биоинформатика – наука, которая занимается анализом молекулярно-биологических данных. Это могут быть последовательности геномов, структуры белков, данные о том, как гены работают.

- НСЗ должна расширить программы исследований и разработок, тесно сотрудничая с пациентами для совместного создания цифровых технологий и обеспечения того, чтобы новые технологии отвечали их потребностям. (DM2)

Медицинские работники

- Организации НСЗ должны инвестировать в существующую рабочую силу для развития специальных цифровых навыков, включая оценку и ввод в эксплуатацию цифровых технологий, через Цифровую академию, непрерывное профессиональное развитие (CPD), творческие отпуска и командировки. (DM3)

Система здравоохранения

- Государственная служба здравоохранения, работая с регулирующими органами, должна разработать и ввести в действие курсы для увеличения числа специалистов по оценке и регулированию цифровых технологий. (DM5)

Группы цифровой медицины и ИИ и робототехники рекомендуют:

- НСЗ должна создать или увеличить количество должностей клинических врачей, ученых, технологов и известных специалистов с выделенным, аккредитованным временем, с возможностью работать в партнерстве с академическими кругами и/или отраслью медицинских технологий для разработки, внедрения и использования цифрового ИИ и робототехники. (DM4 /AIR5)

Группа по ИИ и робототехнике рекомендует:

- НСЗ должна гарантировать, что пациенты с самого начала участвуют в разработке и внедрении программного обеспечения для искусственного интеллекта для здравоохранения, а их потребности и предпочтения отражаются в процессе совместного проектирования. (AIR1)

Медицинские работники

- Необходимо разработать образовательные ресурсы для обучения и подготовки всех медицинских работников по следующим темам: происхождение, курирование, интеграция и управление медицинскими данными; этика ИИ и автономных систем/инструментов; критическая оценка и интерпретация искусственного интеллекта и робототехники. (AIR2)

- НСЗ должна использовать свою глобальную репутацию и интегрированные наборы данных для привлечения квалифицированных экспертов из мирового сообщества специалистов по обработке данных. (AIR3)

- Учитывая дефицит в стране и конкуренцию за специалистов в области искусственного интеллекта, должна существовать национальная программа “Сети отраслевого обмена”, которая принесет пользу НСЗ. (AIR4)

Рабочая группа по организационному развитию рекомендует:

Гражданин и пациент

- Организации НСЗ должны обеспечить участие пациентов, граждан и персонала в совместной разработке проектов трансформации, в частности, в определении того, как цифровые технологии здравоохранения могут помочь улучшить качество обслуживания пациентов, так и производительность персонала. (OD1)

Медицинские работники

- Должны быть созданы руководящие должности, которые должны давать рекомендации относительно возможностей, предлагаемых технологиями цифрового здравоохранения, и выявлять пробелы в местных навыках. (OD2)

- Специалистам здравоохранения потребуется доступ к учебным ресурсам и образовательным программам по цифровым технологиям здравоохранения, чтобы оценить и повысить свою цифровую готовность. (OD3)

Система здравоохранения

- Каждая организация должна распределить ответственность на уровне Совета директоров за безопасное и эффективное внедрение технологий цифрового здравоохранения в масштабе, уделяя особое внимание клиническим результатам и содействию эффективному и последовательному вовлечению персонала. (OD4)

- Советы НСЗ должны взять на себя ответственность за эффективное управление знаниями, чтобы сотрудники могли учиться на опыте (как успехах, так и неудачах) и ускорить внедрение проверенных инноваций. (OD5)

- НСЗ следует укреплять системы для распространения уроков раннего принятия и обмена примерами эффективных, научно обоснованных программ технологических изменений. (OD6)

- Организации НСЗ должны использовать проверенные рамки для реализации технологических решений и обеспечивать подготовку персонала для их использования. (OD7)

- НСЗ должна поддерживать сотрудничество между Государственной службой здравоохранения и промышленностью, направленное на повышение квалификации и таланта медицинского персонала. (OD8)

- НСЗ должна работать с заинтересованными сторонами во всех секторах для пересмотра требований регулирования и соответствия для новых технологий цифрового здравоохранения, включая предоставление руководств и обучения по кибербезопасности, конфиденциальности данных и анонимизации данных, на основе опыта других международных систем здравоохранения. (OD9)

Образовательные рекомендации по поддержке цифровой системы здравоохранения

Культура обучения

Организации НСЗ должны будут создать обширную среду обучения и гибкие способы работы, которые поощряют культуру инноваций и обучения. Для этого:

- Организациям НСЗ необходимо: иметь надежную инфраструктуру обучения на рабочем месте; повышать репутацию для обучения и поддержки; развивать учебную деятельность, которая является активной, а не реактивной; выделять персоналу время для развития и размышлений об обучении вне клинических обязанностей. (E1)

- Каждая организация НСЗ должна применять многопрофильный подход к обучению, основанный на поддержке персонала для изучения геномики и цифровых технологий. (E2)

Поддержка педагогов

Обеспечение образования и потребностей рабочей силы НСЗ в течение следующих пяти лет будет сложной задачей.

Для достижения этого:

- НСЗ и местные организации должны поддержать создание группы преподавателей и инструкторов, которые могут руководить образовательной программой для обеспечения своевременного повышения квалификации сотрудников НСЗ. (E3)

- Этим организациям также необходимо внедрить системы для выявления и развития талантливых, вдохновляющих новых преподавателей в составе рабочего персонала. (E4)

Образование и развитие всего медицинского персонала

Персонал должен иметь возможность получить доступ к информации о геномике и цифровых технологиях, принятой НСЗ, и развивать необходимые навыки.

Для достижения этого в течение пяти лет:

- Health Education England (HEE) (см. сноску 6) должен разработать новую Программу цифрового образования NHS для контроля за реализацией национальной стратегии цифрового образования. Программа дополнит образовательную программу по геномике. (E5)

- Работодатели должны обеспечить, чтобы поддержка персонала для развития и повышения цифровой грамотности была включена в программы обучения, карьерные возможности и трудоустройство. (E6)

- Профессиональные, уставные и регулирующие органы (PSRB) и практические специалисты должны определить знания, навыки, профессиональные качества и модели поведения, необходимые для выпускников медицинских учреждений для работы в технологически активном сервисе, а затем работать с педагогами над перепроектированием учебных программ для этой цели. (E7)

- Организации, отвечающие за трудоустройство и обучение, должны обеспечить поддержку нынешнего и нового персонала для достижения соответствующего уровня цифровой грамотности на этапе их карьеры. (E8)

Медицинские кадры специалистов и группы специалистов будут работать на переднем крае своих дисциплин, часто являясь первыми, кто внедряет новые технологии. Поддержка этих людей и команд будет иметь важное значение для дальнейших инноваций. Для поддержки специалистов и групп специалистов в области геномики, цифровой медицины, искусственного интеллекта и робототехники:

- Как для существующих, так и для новых ролей, направленных на устранение пробелов в навыках в области клинической биоинформатики, цифровых технологий, искусственного интеллекта и робототехники, NHS следует разработать или расширить как образовательные программы (например, “Подготовка специалистов высшей квалификации”), так и создать привлекательные пути карьерного роста. (E9)

- НСЗ должна организовать гибкое и оперативное обучение для специалистов разных должностей. Это может включать в себя взаимодействие с организациями, занимающимися производственным обучением, и развитие мест размещения, обменов и прикомандирования. (E10).

- НСЗ должна сотрудничать с общественными организациями и другими органами для введения и усиления аккредитации новых групп специалистов. (E11)

Обучение будущих медицинских кадров

В течение пяти лет нам необходимо убедиться, что обучение и подготовка будущих сотрудников позволит им полностью реализовать свой потенциал в качестве персонала НСЗ, работающего с усовершенствованными технологиями. Для осязания будущих медицинских кадров:

- Поставщики образовательных услуг должны обеспечить, чтобы в программах обучения для студентов-медиков работали специалисты по геномике, анализу данных и ИИ. Будущие специалисты в области здравоохранения также должны понимать возможности цифровых технологий здравоохранения и этические соображения и соображения безопасности пациентов. (E12)

- Поставщики образовательных услуг должны обеспечить, чтобы учащиеся получали соответствующий уровень цифровой грамотности в начале своего обучения для предполагаемой карьеры. (E13)

- Поставщики образовательных услуг должны предлагать студентам-медикам возможность внедрять знания в таких областях, как инженерия или информатика,

и в равной степени привлекать выпускников в этих областях, чтобы начать карьеру в области здравоохранения, создавать и внедрять технологические решения, улучшающие уход и производительность труда в НСЗ. (E14).

“Уникальные достижения, от анализа и определения ДНК до создания таких распространенных электронных технологий, которые безотлагательно и непосредственно связывают большинство людей во всем мире, непреднамеренно произвели глубокий цифровой прорыв в медицине. До сих пор у нас не было цифровой инфраструктуры, чтобы даже подумать о таких переменных в медицине. И до сих пор цифровая революция едва заметно интересовала медицинский мир. Но появление мощных средств для цифровизации (цифровой трансформации) человека с полной поддержкой такой инфраструктурой создает беспрецедентную возможность неизбежно и навсегда изменить представление об оказании медицинской помощи”[1].

Доктор Эрик Тополь

1. Введение

В общем, люди в Великобритании стали здоровее, более обеспеченными и живут в настоящее время дольше, чем 30 лет назад [2]. Однако, как и в случае других систем здравоохранения, Национальная служба здравоохранения (НСЗ) должна решать проблему удовлетворения растущего спроса в условиях финансовых ограничений [3].

В этом отчете рассматривается, как технологии цифрового здравоохранения, включая геномику, цифровую медицину, искусственный интеллект (ИИ) и робототехнику, могут позволить НСЗ решить эту проблему. Эти технологии уже дают возможность пациентам принимать активное участие в заботе о своем собственном здоровье, с большим акцентом на состоянии здоровья и самочувствие и на предотвращение таких заболеваний, как рак и сердечно-сосудистые болезни. Они дают также возможность предсказывать риск заболевания у отдельного человека и индивидуально подстраиваться под длительные хронические состояния заболевания, такие как диабет и астма [4]. Пациенты используют новые технологии в большинстве аспектов своей жизни, и все чаще ожидают, что они будут оказывать поддержку системе здравоохранения [5]. Однако реализация этого потенциала будет зависеть от того, насколько технологии просты и интуитивно понятны в использовании, удовлетворяют очевидным потребностям и будут одобрены медицинскими работниками.

В этом отчете наглядно показано, как воплощаются в жизнь предвкушения возможностей, представлены тематические исследования из нынешней практики НСЗ и сценарии будущего. В нем рассмотрены последствия для потребностей в образовании и обучении нынешних и будущих медицинских кадров. В нем представлен ряд рекомендаций, предназначенных для того, чтобы НСЗ использовала технологические инновации во благо пациентов, граждан и персонала.

1.1. Проведение обзора

В 2017 г. господин Джереми Хант (Jeremy Hunt), бывший министр здравоохранения и социального обеспечения пригласил д-ра Эрика Тополя руководить подготовкой независимого обзора для рассмотрения и выдачи консультаций по следующим вопросам:

- Как технологические инновации (геномика, цифровая медицина, ИИ и робототехника) и другие изменения, вероятно, изменят роли и функции медицинского персонала во всех профессиях в следующие 20 лет для обеспечения более эффективного и индивидуального ухода за пациентами.

- Для выявления последствий этих изменений для умения и навыков медицинского персонала требуется идентификация тех профессий или узких специализаций, для которых изменения могут быть особенно значительными.

- Последствия для выбора, учебного плана, образования, обучения, развития и непрерывного образования нынешнего и будущего персонала НСЗ.

Д-р Тополь назначил экспертный совет и три экспертных консультативных рабочих группы – по геномике, цифровой медицине, ИИ и робототехнике. Сопредседателем каждой группы был авторитетный руководитель в своей области. В каждую группу был включен член консультативного форума по защите прав пациентов НЕЕ (см. сноску 6). Рабочие группы были сосредоточены на организационном развитии. НЕЕ предложил секретариат для оказания содействия в проведении обзора. Д-р Тополь заявил:

“Насколько мне известно, это первый случай в мире, когда такое количество экспертов по предметной области собралось в одном месте, чтобы сосредоточиться на последствиях технологических инноваций в здравоохранении для образования и развития медицинских кадров”. [6]

Обзор также выиграл, благодаря вкладу экспертов по многим дисциплинам, включая поведенческие науки, биоэтику, информатику, образование и медицинское обучение, инженерную практику, науку о здоровом образе жизни, экономику здравоохранения, медицинскую информатику, управление знаниями, медицину, уход за больным, фармацевтику и общественное здравоохранение, а также членов консультативного форума по защите прав пациентов НЕЕ.

Этот отчет дополняет несколько основных обзоров, инициированных для формирования мышления о кадровой стратегии [7], требующейся для составления долгосрочного плана НСЗ [8].

1.2. Принципы

В отчете предложено три принципа для руководства будущей кадровой стратегией в отношении внедрения технологий цифрового здравоохранения.

i) Граждане, пациенты и средний медицинский персонал: технологии обеспечивают возможности для структурной перестройки медицинского обслуживания, предоставления права людям, которые желают и находятся в состоянии, более активно участвовать в поддержании своего здоровья. Для достижения успеха пациенты, средний медицинский персонал и общественность должны быть включены как партнеры в поддержании своего здоровья и образование. Чрезвычайно важно, чтобы эти технологические изменения не усугубляли неравенство в медицинском обслуживании. Поэтому НСЗ должен сделать приоритетом образование граждан, пациентов и среднего медицинского персонала вместе с образованием медицинских кадров.

ii) Доказательства: принятие технологий цифрового здравоохранения должно быть основано на убедительных реальных данных о клинической эффективности и рентабельности, с последующей передачей практических знаний по всей системе НСЗ [9]. Медицинский персонал нуждается в опыте, стандартах и руководстве для оценки применения технологий [10]. Требуются соответствующие назначению правовые и этические рамки управления, которым могут доверять пациенты, общественность и персонал.

iii) Приобретенное время: при любой возможности принятие технологий должно использоваться, чтобы у медицинского персонала больше времени для ухода и непосредственного взаимодействия с пациентами. Очень важно улучшить отношения пациента с лечащим врачом, а также улучшить восприятия безопасности пациента. Это, вероятно, приведет к улучшению состояния здоровья и самочувствия медицинского персонала.

1.3. Сбор доказательств

В рамках отчета было запрошено экспертное мнение у широкого круга заинтересованных сторон. Экспертные группы собирали доказательства в ходе камерального анализа имеющейся литературы, индивидуальных интервью и встреч с экспертами, посещений и семи круглых столов. В этих событиях, два из которых были посвящены психическому здоровью, принимали участие 275 человек, включая представителей пациентов и членов консультативного форума по защите прав пациентов, представителей профессиональных групп, промышленности, образования, регулирующих органов и других незаинтересованных сторон.

НЭЕ опубликовал промежуточный отчет в июне 2018 г. [4], организовав открытый запрос в режиме онлайн со сбором фактов от частных лиц и организаций, заинтересованных в образовании и развитии медицинских фактов. Всего было представлено 117 материалов, которые были просмотрены Экспертными консультативными группами и контрольной комиссией. Отдельный пример по психическому здоровью сопровождался дополнительным отчетом, направленным на рассмотрение Экспертному совету [11].

1.4. Выбор приоритетов для кадров

После назначения на должность Министра здравоохранения и социального обеспечения г. Мэтт Хэнкок (Matt Hancock) подчеркнул три ранних приоритета для системы здравоохранения и социального обеспечения: кадры для НСЗ, технологии и профилактика заболеваний. Он сказал:

“Мы должны обеспечить, чтобы весь персонал НСЗ обладал нужными навыками для постоянного новаторства и непрерывной реализации выгод, которые дают технологии” [12].

Как и многие другие отрасли, НСЗ не единственный орган, подвергающийся таким серьезным изменениям в предоставлении услуг. Имеется прогноз, что для 90% рабочих мест потребуются некоторые элементы цифровых навыков в течение 20 лет [13]. Навыки очень востребованы и требуются, для того чтобы можно было ориентироваться в системе для приема на работу талантливых сотрудников с этими навыками.

Для того чтобы технологии приносили максимальную пользу НСЗ, весь персонал в системе здравоохранения должен иметь поддержку в своей работе в среде, насыщенной технологиями. “Медицинские кадры” в этом отчете должны на-

бираться из людей, владеющих научными, терапевтическими и техническими дисциплинами, а также менеджеров и уполномоченных по защите прав пациентов вместе с лечебным персоналом. Почти весь медицинский персонал, вероятно, будет находиться под воздействием и должен иметь возможность развивать широкий объем цифровой и геномной грамотности.

Развитие цифровой и геномной грамотности у существующих медицинских кадров очень важно, как и образование и обучение тех, кто начинает свою карьеру. Кадровая стратегия НСЗ предусматривает, что более 50% нынешнего медицинского персонала все еще будут работать в течение 15 лет, и по большей части в лучшем случае будут самостоятельно обучаться цифровым технологиям [7].

НСЗ должен набирать персонал из групп молодых людей, для которых общение с технологиями является второй натурой [14]. В 2014 г. Англия стала первой страной в мире, которая поручила проведение обучения детей кодированию на машинном языке в начальных и средних школах, и цифровые навыки все больше вводятся в систему образования школьников [15].

Андреас Шляйхер (Andreas Schleicher), директор по вопросам образования и навыков в Организации экономического сотрудничества (ОЭСР) сказал:

“Мы должны готовить студентов для рабочих мест, которые еще не были созданы, к технологиям, которые еще не были изобретены и для решения проблем, о появлении которых мы еще не знаем” [16].

В то время как некоторые технологические достижения уже оказывают воздействие на способы работы, полный потенциал многих нововведений все еще не известен, и должно пройти время для достижения результатов. Это “отставание повремени” дает возможность инвестировать в необходимое обучение и поддержку, что позволит нынешним медицинским кадрам освоить технологические инновации.

Данный отчет, поэтому, стремится направить образование и обучение как для нынешних, так и для будущих медицинских кадров. В то время как при составлении отчета была просьба сосредоточиться на влиянии новых технологий на роли лечебного персонала и последующих последствия для образования и обучения, многие из полученных данных будут иметь также важное значение для более широкого круга работников системы здравоохранения и социального обеспечения [4].

1.5. Обзор отчета

Этот отчет структурирован следующим образом: этические последствия, появляющиеся при использовании технологий цифрового здравоохранения, рассмотрены в Главе 2, с последующим обзором технологий, которые, как ожидается, будут воздействовать на персонал НСЗ, в Главе 3. Затем следует детализированный обзор трех важнейших технологий – геномики, цифровой медицины и ИИ с робототехникой в Главах 4, 5 и 6, соответственно, и того, как они будут воздействовать на пациентов, работников здравоохранения и систему здравоохранения. Потенциальные экономические выгоды для здравоохранения раскрыты в Главе 7. Потребности межотраслевого организационного развития НСЗ для реализации цифрового будущего, включая повышение квалификации руководящих кадров, отражены в Главе 8. В Главе 9 сообщаются последствия для нынешних и будущих медицинских кадров, а также их образование и обучение. В Главе приведены основные выводы Отчета.

2. Этические соображения

Имеются важные правовые и этические последствия, возникающие при использовании передовых цифровых и геномных технологий в здравоохранении, в особенности те, которые связаны с безопасностью пациента, управлением данными, равенством и справедливостью, и уважением человеческого достоинства.

2.1. Безопасность пациента

Необходимо позаботиться о том, чтобы технологии цифрового здравоохранения использовались таким образом, чтобы они не нарушали основной этический принцип медицинского обслуживания: “не навреди”. Недавние достижения в технологических инновациях были настолько значительными, как с точки зрения масштаба, так и темпа, который не всегда предоставлял время и возможность для полного понимания и оценки их безопасности и эффективности. Однако история использования средств с программным обеспечением в здравоохранении, в том числе то, что было одобрено регулирующими органами, с предоставлением трезвых и убедительных доказательств опасностей, связанных с использованием новых технологий, без должного внимания к их безопасному использованию [17]. Обучение вопросам безопасности пациентов должно быть направлено на устранение новых рисков, включая систематические ошибки системы автоматизации, когда лечащий персонал без сомнения принимает рекомендации машины вместо сохранения бдительности или проверки этих рекомендаций [18]. Без хорошо отлаженных, устойчивых, надежных и эффективных систем обеспечения безотказных и основанных на фактических данных гарантий безопасности технологий цифрового здравоохранения существуют серьезные риски того, что их использование может причинить вред пациенту.

2.2. Управление данными

Крайне важно, чтобы лежащие в основе данные, на которые опираются многие цифровые технологии здравоохранения, подвергались проверке прозрачными, устойчивыми, надежными и организационно-правовыми формами, правилам использования и практическим приемом управления данными [19]. Многие новые и появляющиеся технологии цифрового здравоохранения весьма существенно полагаются на способность собирать, хранить, получать доступ и обмениваться медицинскими и другими, относящимися к здравоохранению данными. *Качество* данных, используемых для информирования об этих технологиях, включая данные, собранные с помощью постоянного мониторинга и отслеживания, которые многие могут посчитать навязчивыми, должно быть гарантировано для обеспечения их безопасного и эффективного использования.

Что касается геномных данных, то проблемы управления данными являются особенно сложными из-за биологической связи с родственниками, так что согласие человека на обмен знаниями с помощью генетического тестирования и передачи своих данных для конкретных целей, таких как исследования, может противоречить предпочтениям их родственники, которые имеют общие геномные данные [20].

Без юридически действенной и эффективной системы управления данными, которую британская общественность считает этической, уважающей права и защищенной и заслуживающей доверия, перспектив технологий цифрового здравоохранения могут быть поставлены под сомнение. Всеобщая декларация прав

человека гласит, что у всех нас есть право пользоваться результатами научного прогресса. Поэтому крайне важно, чтобы обмен данными был ответственным и этичным, с тем чтобы мы все могли извлечь значительную выгоду из исследований, в которых используются эти данные [21].

2.3. Уважение человеческого достоинства

Способность технологий искусственного интеллекта имитировать поведение человека, включая эмоциональные реакции, вызывает опасения, что их можно использовать в контексте ухода таким образом, чтобы это можно было считать вводящим в заблуждение или обманчивым [22]. Пользователи должны знать, общаются ли они с человеком или машиной. Эти опасения отражают более широкое беспокойство по поводу риска того, что передовые технологии могут привести к дегуманизации медицинской помощи. Существует также риск того, что автоматизация ключевых аспектов медицинской помощи для обеспечения большей эффективности, согласованности и надежности может сделать это за счет значимого взаимодействия человека в контексте оказания медицинской помощи [23]. Участие пациентов и среднего медицинского персонала, в разработках таких технологий имеет решающее значение.

2.4. Неравенства в состоянии здоровья

Неравенства в состоянии здоровья - это различия в состоянии здоровья или в распределении решающих факторов состояния здоровья между различными группами населения [24]. Ряд социальных решающих факторов влияет на плохое состояние здоровья и смертность, включая качество образования, жилье, занятость, условия труда и благосостояние. Различия в этих факторах способствуют неравенству в состоянии здоровья [25]. Технологии здравоохранения могут добавить новые варианты таких определяющих факторов.

Участие человека в работе с цифровыми технологиями играет ключевую роль в определении результатов, таких как использование услуг здравоохранения, включая поддержание здоровья и самочувствия [26]. Неспособность решить эти проблемы создает давление, которого можно избежать, на системы здравоохранения в Европе [27].

Технологические инновации в области здравоохранения могут помочь устранить неравенства в состоянии здоровья, но, и наоборот, также могут их усугубить их - поддержание первого варианта и устранение второй проблемы для системы. НСЗ основаны на приверженности принципам равного и справедливого доступа к медицинскому обслуживанию для всех граждан Великобритании. Тем не менее, использование технологий цифрового здравоохранения может подорвать эти принципы, усугубляя неравенство, если не принимать во внимание то, как они влияют на равенство и справедливость, в том числе риск того, что уязвимые группы могут быть исключены или использованы в своих интересах [28]. Необходимо также соблюдать осторожность с данными, используемыми для обучения алгоритмам в клинических способах ИИ, которые информируют о принятии клинических решений. Существует вероятность того, что в противном случае высококачественные данные могут отражать предвзятость, присущую социальным структурам, и усиливать существующую структурную дискриминацию и неравенство.

2.5. Пациенты и средний медицинский персонал

Пациенты и средний медицинский персонал используют различные организации для поддержки и помощи, которую они получают в своей жизни, от групп поддержки с учетом конкретных условий до публичных библиотек. Обучение и поддержка пациентов является важной частью удовлетворения новых клинических потребностей, связанных с использованием новых технологий в здравоохранении. Где это уместно, использование собственных устройств пациентов будет способствовать обучению пациентов и может способствовать сохранению независимости пациентов в течение более длительного времени.

Средний медицинский персонал уже подвержены риску неравенства в состоянии здоровья. Многие лица, осуществляющие уход, не получают официальной поддержки в своей деятельности по уходу и имеют очень мало контактов с традиционными службами для лиц, осуществляющих уход [29]. Мониторинг технологии, подтверждающий надлежащее успокоение или дающий предупреждение, соответственно приносит пользу как лицу, осуществляющему уход, так и человеку, который его получает [30].

2.6. Работники здравоохранения

Работники здравоохранения должны будут оценить уровень цифровой грамотности пациентов и лиц, осуществляющих уход, в том числе навыки сортировки пациентов или среднего медицинского персонала, с их согласия, путем оценки их способности и готовности участвовать, любых препятствий на пути использования ими технологий, таких как навыки двигательной активности, доступ к вычислительной технике и связи.

2.7. Система здравоохранения

Успешное осуществление ухода за пациентами с использованием технологий требует, чтобы система оказывала целевую поддержку в секторах здравоохранения и социальной защиты и использовала ее там, где и когда пациент может нуждаться в ней. Мониторинг доступа, использования и результатов и сопоставление его с ключевыми характеристиками, которые являются маркерами неравенства, имеют важное значение.

2.8. Расширение участия в цифровом обществе

Программа “Расширение цифрового участия” является примером того, как НСЗ сотрудничает с благотворительной организацией для решения проблем сокращения неравенств в состоянии здоровья, взаимодействия с группами риска плохого состояния здоровья и расширения охвата цифровыми технологиями. Программа была нацелена на повышение цифровых навыков, знаний и уверенности тех людей, которые испытывают неравенство в отношении здоровья и ранее были исключены из полноценного участия в их лечении и уходе [21].

В Программе используются сети, обучение и инновационные подходы, чтобы помочь людям улучшить свои навыки цифрового здравоохранения. Она достигла масштабов и охвата: люди впервые учатся получать информацию о состоянии здоровья в Интернете, чувствуют себя более осведомленными о своем здоровье и уверены в использовании онлайн-инструментов для управления собственным здоровьем. Дополнительные сообщаемые преимущества для личного благополучия включали в себя меньшее чувство одиночества, чувство счастья и улучшение

уверенности в себе. Также были зафиксированы изменения в поведении людей, которые использовали Интернет в качестве своего первого источника информации вместо работников здравоохранения. Далее были выявлены положительные выгоды для работников здравоохранения, в том числе улучшение их навыков и адаптация к способам предоставления услуг.

2.9. Рекомендации

Экспертный совет рекомендует:

Гражданин и пациент

- Подобно другим образовательным инициативам в области общественного здравоохранения, следует разработать программы, направленные на привлечение и просвещение общественности о геномике и технологиях цифрового здравоохранения. (P1)
- НСЗ должна работать с организациями пациентов и среднего медицинского персонала, для поддержки надлежащего обучения пациентов. (P2)
- Должны быть созданы местные механизмы для обеспечения целевого обучения и поддержки на основе потребностей посредством существующего предоставления поддержки пациентам, где это возможно. (H1)

3. Ведущие цифровые технологии в здравоохранении, воздействующие на кадры

В 2016 г. в Wachter Review¹³ сделан вывод, что “было бы разумно ожидать, что все трасты НСЗ¹⁴ достигнут высокого уровня цифровой зрелости к 2023 г.” [23].

В текущем обзоре решительно поддерживается это предположение. Отвечая на наш запрос о предоставлении доказательств, руководители высшего звена в независимых органах, регулирующих органах и передовые работники посоветовали нам, что необходимо дальнейшее развитие ИТ-инфраструктуры здравоохранения, особенно в отношении взаимодействия в рамках специализированной, первичной медицинской помощи и социального обеспечения. Экспертный совет убежден, что использование местных карт здоровья и case record¹⁵ в будущем и устойчивой инфраструктуры являются необходимыми условиями для реализации потенциала технологий цифрового здравоохранения, рассмотренных в настоящем отчете [33].

Геномика, цифровая медицина, ИИ и робототехника изменят роли и функции лечебного персонала в течение следующих двух десятилетий. Чтобы проиллюстрировать это, экспертные консультативные группы рассмотрели, какие технологии могут оказать наибольшее влияние на медицинские кадры, с оговоркой, что развитие будущих технологий предсказуемо непредсказуемо. Их выводы приведены ниже.

Учитывая непредсказуемость, на **рис. 1** представлены в грубом приближении временные рамки, в течение которых НСЗ может принять каждую из этих технологий на должном уровне. Телемедицина является примером технологии, которая

¹³ Отчет Уокера (Роберт Уокер – хорошо известный специалист НСЗ в секторе цифровых технологий, которому в конце 2017 г. тогдашний министр здравоохранения Великобритании поручил подготовить отчет о цифровом будущем в НСЗ.

¹⁴ Филиалы Национальной службы здравоохранения.

¹⁵ Стандартный формат, используемый для передачи информации о состоянии здоровья пациента.

уже внедрена, но с частичным и неравномерным внедрением в НСЗ. Тем не менее, она, вероятно, будет регулярно использоваться в течение десятилетий. Напротив, редактирование генома¹⁶ может оказать значительное влияние на тех людей, которые получают от этого пользу (и на те службы, которые его предоставляют), но оно еще не используется на практике и, вероятно, останется областью специализированных услуг в обозримом будущем. Временная шкала для теплокарты (двухмерной цифровой карты) представляет собой оценку, основанную на сложности внедрения и масштабирования этих технологий, включая капитальные вложения и требуемую совместимость.

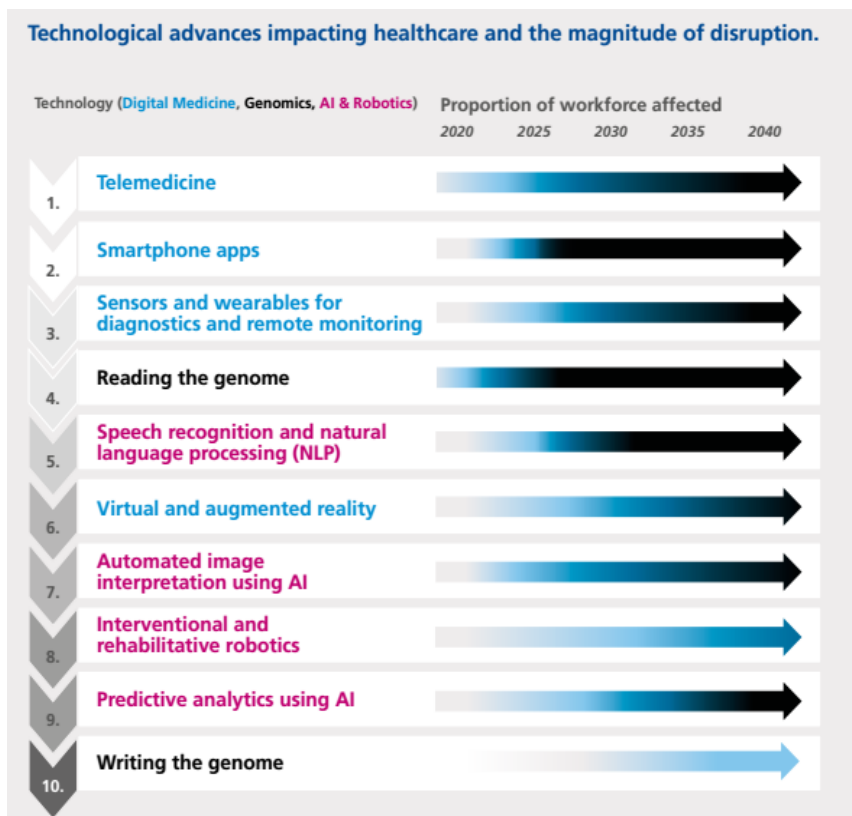
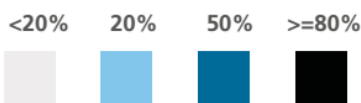


Рис. 1. Десять ведущих технологий цифрового здравоохранения и их прогнозируемое воздействие на медицинские кадры НСЗ с 2020 по 2040 гг.

¹⁶ Редактирование генома – один из видов генной инженерии, при котором может быть проведено включение, удаление или перемещение фрагментов ДНК в геноме организма, с использованием спроектированных “молекулярных ножниц”).

Пояснения к рисунку: Technological advances impacting healthcare and the magnitude of disruption – технологические достижения, воздействующие на здравоохранение и величину нарушения, Technology (Digital medicine, Genomics, AI & Robotics) – технологии (цифровая медицина, геномика, ИИ и робототехника), Proportion of workforce affected – доля медицинского персонала под воздействием, Telemedicine - телемедицина, Smartphone apps – приложения к смартфону, Sensors and wearables for diagnostics and remote monitoring – датчики и носимое оборудование для диагностики и дистанционного мониторинга, Reading the genome – чтение генома (считывание генетической информации), Speech recognition and natural language processing (NLP) – распознавание речи и обработка естественного языка, Virtual and augmented reality – виртуальная¹⁷ и дополненная реальность¹⁸, Automated image interpretation using AI – автоматизированная интерпретация изображений с использованием ИИ, Interventional and rehabilitative robotics – хирургическая¹⁹ и реабилитационная робототехника²⁰, Predictive analytics using AI – прогнозная аналитика с использованием ИИ, Writing genome – редактирование генома



Стрелки на теплокarte представляют величину воздействия на нынешних моделях ухода за пациентом, путем вычисления доли медицинских кадров, находящихся под воздействием

3.1. Описания основных технологий

3.1.1. Телемедицина

Телемедицина включает в себя предоставление клинической помощи на расстоянии с использованием телекоммуникационных и информационных технологий, включая текстовые, аудио- и видео-консультации, и она требуется для предоставления того же стандарта медицинской помощи, что и очные консультации [34]. Королевский колледж врачей²¹ недавно рекомендовал более широкое использование телефонных и видео консультаций для удовлетворения спроса на новые направления на прием врача, который удвоился за последнее десятилетие [35].

¹⁷ Виртуальная реальность – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: слух, зрение, осязание и др.

¹⁸ Дополненная реальность – результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

¹⁹ Обычно применяется термин роботизированная хирургия – хирургия с использованием робота во время операции, имеющая два направления: телехирургия, когда хирург руководит роботом во время операции, хирургия с минимальным вмешательством.

²⁰ Имеется в виду использование роботов для оказания послеоперационной или посттравматической помощи, когда прямое физическое взаимодействие с роботом будет либо ускорять процесс выздоровления, либо обеспечивать замену утраченной функциональности (например, протез ноги или руки).

²¹ Британское общество профессиональных врачей общего профиля и узких направлений, основанное в 1518 г.

В рамках первичной медицинской помощи накапливаются доказательства того, что телемедицина приносит пользу некоторым группам, но на данном этапе ее разработки и принятия она может причинить ущерб более широкой экономике здравоохранения [36]. Телефонная сортировка больных в настоящее время хорошо известна. Онлайн-сервисы, будь то непосредственно интегрированные в НСЗ, или предоставляемые через коммерческих провайдеров, становятся все более популярными. Потенциальные выгоды включают в себя простоту доступа для пациентов [37] и уменьшение уровня не посещающих пациентов [38], хотя эти преимущества должны быть сбалансированы с увеличением стоимости услуг и спроса. Видеоконсультации, как представляется, хорошо воспринимаются пациентами, при этом наибольшие преимущества наблюдаются у отдельных групп пациентов как часть долговременного ухода за ними [39]. Еще один пример использования телемедицины - в домах престарелых, где надежная видеосвязь между лечением дома и медицинским работником обеспечивает прямой доступ к медицинским консультациям для обслуживающего персонала и обитателей дома престарелых.

3.1.2. Приложения для смартфонов

Этот отчет создается в тот момент, когда приложение НСЗ становится доступным для всех граждан, имеющих доступ к смартфону [41]. Приложение позволяет пациентам: проверить свои симптомы с помощью службы НСЗ 111 в Интернете и/или с помощью средства проверки симптомов на веб-сайте НСЗ; записывать и управлять их назначениями на прием к врачу общей практики; заказать повторные рецепты; надежно просматривать свои медицинские записи врача общей практики; зарегистрироваться в качестве донора органов; и отдать предпочтение тому, использует ли НСЗ свои данные для исследований и планирования. Приложение НСЗ имеет безопасный процесс идентификации и входа в систему для обеспечения безопасности данных пациента, который был независимо проверен на соответствие стандартам, установленным Национальным центром кибербезопасности (NCSC).

НСЗ играет важную роль в предоставлении надежной онлайн-информации о состоянии здоровья и приложений [42]. Более 70 приложений в настоящее время размещены в библиотеке приложений НСЗ, которая является надежным источником приложений здравоохранения. Уровень сложности этих приложений варьируется от простых приложений для поддержания физического или психического благополучия до более сложных приложений для продвижения самоуправления, интегрированных с удаленным мониторингом работниками здравоохранения. Национальный институт здравоохранения и совершенствования медицинской помощи (NICE) и NHS England²² в настоящее время изучают уровень доказательств клинической эффективности, необходимых для одобрения этих приложений. Клиническая эффективность определяется как “применение наилучших знаний, полученных в результате исследований, клинического опыта и предпочтений пациентов, для достижения оптимальных процессов и результатов ухода за пациентами” [43]. Пропорциональный подход к определению степени безопасности приложений позволяет обеспечить пациенту удовлетворение, и более эффективное использование клинических услуг является целью. Это не всегда требует использования рандомизированных пробных оценок.

²² Автономная неправительственная организация при Министерстве здравоохранения и социального обеспечения, которая осуществляет контроль за бюджетом, планированием, повседневной работой НСЗ.

Приложения, связанные с датчиками и носимыми устройствами (см. ниже), начинают назначаться в качестве цифровой терапии²³ для самоконтроля и самопомощи. Параллельно с этим растущий характер намечается в плане рассматривания пациента как потребителя приложений для поддержания здоровья, например, для мониторинга ритмов сердца с помощью умных часов²⁴. Одной из проблем для принятия цифрового здравоохранения в НСЗ будет то, как наилучшим образом интегрировать эти две тенденции.

3.1.3. Датчики и носимые устройства для диагностики и дистанционного мониторинга

Сегодня, по оценкам, 70-80% всех клинических решений основаны на результатах теста, обычно выполняемого в централизованной патологической лаборатории НСЗ [44, 45]. Достижения в области датчиков и носимых устройств уже начинают приближать диагностику и мониторинг к пациенту, в том числе в больничных палатах, амбулаториях, А & Е (отделение реанимации и интенсивной терапии, у врачей общей практики, в аптеках и на дому. Примеры включают в себя:

- **Диагностика на месте и самотестирование.** Достижения в области использования датчиков, в которых применяются сверхчувствительные бионанотехнологии²⁵, преобразуют быструю диагностику заболеваний в местах оказания медицинской помощи и могут привести к более ранней диагностике, более быстрому доступу к лечению, улучшению противомикробной терапии [46], улучшению состояния здоровья и профилактике заболеваний. Новые диагностические технологии будут помогать медицинским работникам, работающим на переднем крае, а также, в случае необходимости, помогать самотестированию людей дома. Самотестирование на ВИЧ уже доступно без рецепта, предлагая большую конфиденциальность по сравнению с посещением клиники. По мере того, как тестирование становится все более децентрализованным, возникает необходимость в подключении данных к лабораторным информационным системам, электронных записях пациентов и связи с медицинским обслуживанием и службами здравоохранения [47]. Разрабатываются диагностические тесты нового поколения, связанные со смартфонами, с возможностью использования встроенных датчиков и возможность подключения, чтобы связать результаты со способами ухода в режиме онлайн [48].

- **Датчики для самоконтроля.** Самоконтроль и самопомощь были краеугольным камнем лечения диабета I типа в течение трех десятилетий, так как первые измерители уровня сахара в крови (глюкометры) стали широко доступны в 1980-х годах. Появление глюкометров с поддержкой Bluetooth²⁶, связанных со смартфонами, упростило самоуправление в повседневной жизни. В 2018 г. Управление по

²³ Цифровая терапия – мобильные приложения или онлайн-сервисы, работающие как инструктор и помогающие наладить образ жизни, привычки, питание.

²⁴ Умные часы – компьютерные наручные часы с расширенной функциональностью, которые поддерживают сторонние приложения и управляются мобильными операционными системами.

²⁵ Бионанотехнологии – выделение и иммобилизация (фиксация) биологических веществ с применением наноматериалов; диагностические методы с применением фиксированных наноструктур.

²⁶ Производственная спецификация беспроводных персональных сетей, которые обеспечивают обмен информацией между такими устройствами, как персональные компьютеры, мобильные телефоны, планшеты, принтеры, цифровые фотоаппараты на надежной бесплатной доступной для радиосвязи частоте.

санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США утвердило первый имплантируемый датчик для постоянного мониторинга уровня глюкозы [49].

• **Носимые устройства для дистанционного мониторинга жизненно важных функций:**

Растет признание использования носимых датчиков (включая встроенные камеры и акселерометры смартфонов²⁷) для отслеживания основных показателей жизнедеятельности, таких как частота сердечных сокращений и аномальные ритмы, частота дыхания, насыщение крови кислородом и артериальное давление. Пожилые пациенты обычно предпочитают использовать планшет, а не смартфон из-за большого экрана и клавиатуры.

• **Видеокамеры для наблюдения за пациентами.** В больницах и домах престарелых, в которых ухаживают за слабыми и пожилыми пациентами с когнитивными нарушениями, обычно в камерах пациентов установлены видеокамеры. Алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения для анализа потоков видеоданных могут трансформировать уход за этими пациентами, как путем раннего выявления нежелательных явлений, таких как падения [50], так и путем предоставления объективных отчетов об активности и данных о здоровье, чтобы помочь медицинским работникам заблаговременно планировать уход. Системы уже продемонстрировали, что медсестринский персонал имеет больше времени для практического ухода там, где он больше всего необходим.

• **Дистанционный мониторинг:** обмен сгенерированными пациентом данными с персоналом здравоохранения позволяет осуществлять дистанционный мониторинг, но его необходимо интегрировать в клинические процессы. По мере того как цифровые технологии становятся все более распространенными, существует риск того, что поток автоматически передаваемых данных ошеломит медицинских работников. Применение искусственного интеллекта для составления резюме пациентов может обеспечить клинически полезное решение этой проблемы.

3.1.4. Чтение генома

В течение последних двух десятилетий способность “читать” геном человека и фиксировать его вариации набирает обороты. Большинство клинических приложений на сегодняшний день основаны на частичном представлении генома (через массивы генетических данных генома или целевое секвенирование (см. сноску 4)), но Великобритания начинает переход к внедрению полной последовательности генома для клинического использования. Проект “100 000 геномов”, реализованный в рамках знакового партнерства между Genomics England²⁸ и NHS England (см. сноску 22), позволил получить уникальную информацию о молекулярной характеристике редких заболеваний и рака [52]. Отдел геномной медицины НСЗ предоставит национальный сервис по геномному тестированию для всех специальностей по всей Англии, с намерением провести до 5 млн. геномных анализов в течение следующих пяти лет [53]. Это расширит геномную диагностику за пределы редких заболеваний и раковых заболеваний, предоставляя преимущества в профилактике и лечении

²⁷ Акселерометр – датчик, который определяет угол наклона электронного устройства по отношению к земной поверхности. Он измеряет ускорение, одновременно сопоставляя три пространственные координаты.

²⁸ Компания, созданная Министерством здравоохранения и социального обеспечения Великобритании, которая изучает последовательность 100000 геномов у пациентов НСЗ и их родственников с редкими заболеваниями и больных раком.

распространенных поздних заболеваний, которые принесут пользу для здоровья для всех. Геномика будет охватывать все области здравоохранения и влиять на весь путь пациента, от диагностики до мониторинга и лечения.

Снижение стоимости секвенирования всего генома означает, что оно заменит другие методы диагностики генома в течение следующих 10-20 лет. Однако в краткосрочной и среднесрочной перспективе, хотя она остается относительно дорогой, многие клинические приложения могут использовать более ограниченные данные. Массивы генотипирования (процесс определения генотипа²⁹), которые допускают стратификацию отдельных уровней генетического риска для множества распространенных заболеваний (через “оценки полигенного³⁰ риска”), уже стоят значительно ниже 100 футов стерлингов, и в то же время генерируют другую целевую клинически значимую генетическую информацию (например, фармакогенетику³¹) [54]. Недавние исследования показали, что при ограниченном специализированном обучении клиницисты могут передавать информацию о генетическом риске своим пациентам и обсуждать способы лечения или изменения образа жизни с потенциальной пользой [55]. Те же самые методы секвенирования позволяют нам “читать” другие геномы, имеющие клиническое значение, такие как опухоли, микробиом³² и патогенные бактерии, таким образом расширяя область применения геномной медицины.

3.1.5. Распознавание речи и обработка естественного языка (NLP)

Умные динамики³³ или голосовые помощники интерпретируют человеческую речь и отвечают синтезированными голосами. Благодаря автоматическому распознаванию речи (SR), пользователи могут задавать вопросы своим умным голосовым помощникам, управлять устройствами домашней автоматизации, управлять развлекательными системами и выполнять административные задачи с помощью голосовых команд [56]. Популярны коммерческие голосовые помощники включают в себя Apple’s Siri³⁴, Amazon’s Alexa³⁵, Microsoft’s Cortana³⁶ и Google Assistant³⁷.

²⁹ Генотип – совокупность генов данного организма, характеризующих особь, а не вид.

³⁰ Полигенные заболевания – заболевания, обусловленные как наследственными факторами, так и в значительной степени, факторами внешней среды. Наиболее часто встречаются ревматоидный артрит, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь, цирроз печени, сахарный диабет, бронхиальная астма, псориаз.

³¹ Фармакогенетика – раздел медицинской генетики и клинической фармакологии, изучающий наследственные основы вариабельности эффектов лекарственных средств и позволяющий предсказывать эффективность и безопасность применения лекарственных средств пациентами.

³² Микробиом – совокупность разнообразия генов микробиоты (микрофлоры) различных экологических ниш. Методами молекулярной биологии изучают такие объекты, как “микробиом кишечника”, “микробиом ротовой полости и пародонта”, “микробиом репродуктивной системы” и пр.

³³ Смарт-динамик или умная колонка – устройство, относящееся к классу интеллектуальной бытовой техники, представляющее собой динамик со встроенным компьютером, микрофоном или видеокамерой, а встроенный компьютер подключен к сети Интернет. На компьютере работает программный клиент – облачный виртуальный голосовой помощник, с элементами ИИ, работающий по типу вопросно-ответной системы.

³⁴ Облачный персональный помощник и вопросно-ответная система компании Apple.

³⁵ Смарт-динамик компании Amazon.

³⁶ Виртуальная голосовая помощница с элементами ИИ компании Microsoft.

³⁷ Облачный сервис персонального ассистента, разработанный компанией Google.

Раннее внедрение документации на основе SR в здравоохранении было медленным, возможно, из-за сырой технологии и клинически неприемлемой частоты ошибок. [57, 58, 59]. Благодаря недавним достижениям в разработке алгоритмов SR и производительности системы 59], эта технология теперь представляет собой ценный инструмент для клинической документации - очевидна выгода для медицинских работников, сосредоточенных на взаимодействии и уходе за пациентами, а не на экране компьютера и клавиатуре. Это может оказать серьезное влияние на первичную медицинскую помощь, а также на амбулаторные отделения и отделения неотложной помощи в больницах.

Примером приложения SR, включенного NLP, является программа робот-сортировщик психического здоровья, который анализирует текстовые и голосовые сообщения на предмет эмоций и суицидальных мыслей. Его совместное проектирование и разработка с сотрудниками службы психиатрической помощи НСЗ гарантирует, что программа для робота будет копировать существующую клиническую практику и соответствует рекомендациям NICE (Национальный институт здравоохранения и совершенствования медицинской помощи). План состоит в том, чтобы это программное обеспечение с открытым исходным кодом было встроено в канал связи Улучшения доступа к психотерапии³⁸ (IAPT), став частью процесса сортировки IAPT в Лондоне [60].

3.1.6. Виртуальная и дополненная реальность

Технологии методом погружения объединяют сгенерированные компьютером визуальные, слуховые и другие сенсорные данные с физическим миром и представляют их пользователю таким образом, чтобы они могли взаимодействовать со смешанной средой, как правило, через нагнетный дисплей (HMD). Это может быть полное погружение (виртуальная реальность (VR)), наложенное или интегрированное с физическим миром (дополненная и смешанная реальность). Последние разработки в области вычислительной техники, оптики и датчиков сделали эти технологии широко доступными, приемлемыми по цене и эффективными. Они обе являются инструментами для оказания медицинской помощи и платформой, с помощью которой можно обучать оказанию медицинской помощи, где они могут оказать положительное влияние на прочность усвоения, а также на способность выполнять сложные процедуры [61].

Медицинское применение VR изучалось с 1990-х годов, когда исследователи использовали эффект погружения VR для уменьшения боли и состояния угнетения у пациентов, получающих уход за ранами [62]. С тех пор в исследованиях изучалась способность VR уменьшать боль при ожогах [63], боль во время процедур [64] и отвлечение от острой боли [65]. В психическом здоровье VR также используется с преимуществами при посттравматических стрессовых расстройствах [66], состоянии тревожности [67] и фобических расстройствах³⁹ [68].

³⁸ Психотерапия – система лечебного воздействия на психику и через психику на организм человека.

³⁹ Фобические тревожные расстройства – навязчивый иррациональный страх перед определенными предметами, видами деятельности или ситуациями и непреодолимое желание избегать встреч с ними.

3.1.7. Автоматическая интерпретация изображений с использованием ИИ

Глубокое обучение обеспечивает улучшенную диагностику благодаря автоматической интерпретации изображений, например, в дерматологии, рентгенологии, офтальмологии и патологии. Оцифрованные медицинские сканы становятся все более доступными для обучения в системах глубокого обучения [69]. Эти обученные системы затем уменьшают стоимость и время, затрачиваемое на анализ сканов.

Технологии глубокого обучения уже продемонстрировали высокую эффективность в анализе медицинских изображений, для компьютерной томографии (КТ), маммограмм⁴⁰, сканирования сетчатки и слайдов с патологией. Они также демонстрируют перспективу с точки зрения сокращения времени сбора данных для МРТ (магнитной резонансной томографии)-сканирования и уменьшения доз облучения при КТ и ПЭТ (позитронной эмиссионной томографии). Анализ изображений, записанных с помощью камеры смартфона, может позволить пациентам следить за прогрессом лечения поражений кожи, помогая ранней диагностике серьезных поражений и предоставляя им определенную степень уверенности при доброкачественных поражениях [71].

3.1.8. Хирургическая и реабилитационная робототехника

Роботы в здравоохранении были разработаны для решения конкретных процедурных технических задач, например, хирургической робототехники. Существуют некоторые свидетельства в поддержку роботизированной помощи при выполнении абдоминальной⁴¹ и ортопедической хирургии [72, 73]. В последнее время появились змеевидные роботы, предназначенные для достижения периферических областей в легких или для операций на желудочно-кишечном тракте, что расширяет возможности робототехники в хирургии [74, 75]. Роботы могут также автоматизировать повторяющиеся задачи большого объема, например, при выдаче лекарств в аптеке.

Реабилитационные и пригодные для ношения роботы, в том числе протезы, экзоскелеты⁴² и интерфейсы мозг-машина⁴³, предоставляют расширенные функциональные возможности некоторым пациентам с инвалидностью. Примеры передовых робототехнических технологий включают изготовление и установку усовершенствованного бионического рычага⁴⁴ на основе 3D-сканирования и печати [76]. Наконец, роботы могут также оказывать поддержку пациентам, например, роботы-пилоты и роботы-компаньоны.

Эти технологии имеют очевидные последствия для обучения и подготовки рабочей силы. Специальная подготовка на новых роботизированных платформах будет необходима для хирургов и персонала театра. Процессы планирования и подгонки будут необходимы для протезистов и ортопедов, в то время как физиотерапевты и специалисты по трудотерапии должны будут развить новые навыки поддержки пациента для достижения максимальной функциональной выгоды от их протезирования.

⁴⁰ Маммограмма – результат исследования молочной железы, преимущественно женской.

⁴¹ Абдоминальная хирургия – хирургическое лечение заболеваний и травм органов и стенок брюшной полости.

⁴² Экзоскелет – устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движения.

⁴³ Нейрокомпьютерный интерфейс (интерфейс мозг-компьютер) – система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером).

⁴⁴ Бионический рычаг – электромеханическое устройство, управляемое нервными импульсами.

3.1.9. Прогнозная аналитика с использованием ИИ

Прогнозная аналитика и моделирование не новы для здравоохранения. Клинические оценки риска, основанные на моделях статистической регрессии, использовались в течение десятилетий. Использование прогностического моделирования при оценке старческой слабости является важным примером необходимости прогнозирования риска. В 2017 г. НСЗ начала развертывать прогностическую аналитику на уровне населения, чтобы помочь в упреждающей идентификации и последующей оценке пожилых людей, живущих с состоянием дряхлости. В электронном индексе дряхлости используются данные о состоянии здоровья, регулярно собираемые в системах учета врачей общей практики, которые доступны для всех врачей общей практики и позволяют проводить локальную идентификацию пожилых людей, подвергающихся риску неблагоприятных последствий для здоровья и при поступлении в дом престарелых [77].

Прогнозирующее моделирование с использованием машинного обучения, применяемое к большим, тщательно аннотированным наборам данных, является более поздним достижением, например, персонализированные алгоритмы лечения, алгоритмы сортировки пациентов и прогнозирования риска [78, 79, 80, 81]. Методы глубокого обучения, применяемые к электронным данным истории болезни пациентов, продемонстрировали способность точно прогнозировать множественные медицинские события из нескольких центров [82]. ИИ также может выявить неожиданное физиологическое ухудшение и прогнозировать последующие результаты для стационарных пациентов [83, 84, 85] и помочь в прогнозировании индивидуальной реакции на лечение [86].

3.1.10. Редактирование генома

Появление мощных инструментов для редактирования генома и синтетической биологии⁴⁵ обещает помочь пациентам благодаря способности “писать”, а также читать геномную информацию. CRISPR/Cas9 - это революционная система редактирования генов, которая позволяет вносить конкретные исправления в ДНК человека. При ответственном использовании это дает возможность для лечения ранее не поддающихся лечению редких заболеваний, а также дает возможность разрабатывать совершенно новые целевые терапевтические стратегии.

Во всем мире проводятся клинические испытания, изучающие использование редактирования генов при редких заболеваниях, таких как гемофилия и муковисцидоз⁴⁶, и в 2017 г. НСЗ одобрил использование генной терапии при редкой форме тяжелого комбинированного иммунодефицита - ADA-SCID⁴⁷ [87, 88]. Несмотря

⁴⁵Синтетическая биология – новое научное направление в биологии, занимающееся проектированием и созданием биологических систем с заданными свойствами и функциями, в том числе и тех, которые не имеют аналогов в природе.

⁴⁶ Муковисцидоз – системное наследственное заболевание, обусловленное мутацией гена трансмембранного регулятора муковисцидоза и характеризующееся поражением желез внешней секреции, тяжелыми нарушениями функций органов дыхания.

⁴⁷ Тяжелый комбинированный иммунодефицит фермента аденозиндезаминазы, катализирующего дезоксиаденозин (нуклеозида, состоящего из пуринового основания – аденина и сахара – дезоксирибозы, входящего в состав ДНК) в дезоксиинозин (оксипуриновый нуклеозид). Генетическое заболевание, при котором в результате дефекта одного из генов нарушается работа компонентов адаптивной иммунной системы В- и Т-лимфоцитов.

ря на то, что технология имеет потенциал для развития, она, вероятно, будет по-прежнему внедряться в узкоспециализированных центрах, при этом британские специалисты будут идти в ногу со своими зарубежными коллегами для выработки наилучшей практики с технической, клинической и этической точек зрения.

Достижения в технологиях редактирования генов имеют потенциал для ускорения стратегий генной инженерии. Это может обеспечить более широкий спектр персонализированных методов лечения, таких как Т-клеточная терапия химерным антигенным рецептором (CAR)⁴⁸, в которой используются собственные иммунные клетки (Т-клетки) пациента для нацеливания на специфические рецепторы раковых клеток [89]. Эта терапия недавно была одобрена для использования в специфические В-клеточные лимфомы⁴⁹ и неходжкинские лимфомы⁵⁰ в Великобритании, развитие которых сосредоточено на потенциальном воздействии на опухоли цельных органов в будущем [90].

3.2. Примеры использования

Достижение максимального потенциала этих технологий может привести к значительному улучшению ухода за пациентами, повышению производительности медицинского персонала и снижению затрат.

1. Телемедицина - Виртуальные клиники переломов:

Необходимость

Существует большой и растущий спрос на традиционные и устаревшие услуги по лечению переломов. Новые пациенты не видят подходящего консультанта для лечения их травм. Кроме того, существуют значительные различия в планах управления и подозрения на чрезмерный объем информации при визуализации изображений с ненужными действиями, когда наблюдение проводит младший обслуживающий персонал.

⁴⁸ Метод CAR Т-клеточной терапии предполагает введение пациенту собственных Т-лимфоцитов (лимфоциты, развивающиеся у млекопитающих в тимусе (центральной органе лимфопоэза – процесса, приводящего к образованию лимфоцитов – клеток иммунной системы) иммунной защиты) из общих лимфоидных предшественников – претимоцитов, поступающих в него из красного костного мозга) с присоединенным химерным рецептором (рекомбинантным гибридным белком, сочетающим фрагмент антитела, обладающим способностью очень избирательно связываться с конкретными антигенами, с сигнализирующими доменами, способными активировать Т-клетки), запрограммированным на распознавание мишени раковых клеток, названный главным достижением 2018 г. в области клинической онкологии.

⁴⁹ В-клеточные лимфомы (группа гематологических заболеваний лимфатической ткани, характеризующихся увеличением лимфатических узлов или поражением различных внутренних органов, в которых происходит неконтрольное накопление “опухолевых” лимфоцитов) – агрессивный класс лимфом, состоящих из заболевших В-клеток, т.е. заболевших клеток-следователей, которые ищут и передают сообщения о клетках-чужаках другим членам иммунитета.

⁵⁰ Общее сборное наименование клинически, морфологически, иммунофенотипически и цитогенетически весьма разнообразной группы лимфом, включающей все типы лимфом, кроме лимфомы Ходжкина (злокачественная гранулёма – узелки, возникающие в результате пролиферации и трансформации способных к фагоцитозу (процесс, при котором клетки крови и тканей организма [фагоцитов] захватывают и переваривают твердые частицы) клеток).

Решение

Модернизация системы обслуживания сервиса в университетских клиниках в Брайтоне и Хейворде-Хит (графство Восточный Суссекс, в юго-восточной Англии), в том числе виртуальная клиника⁵¹ для лечения острых переломов и травм мягких тканей, ориентированная на пациента, стандартизированная, безопасная и эффективная. Это включает в себя телефонную консультацию (сочетающую ортопедическое обследование и участие специалиста-терапевта) и самопомощь с использованием онлайн-ресурсов, с последующими назначениями только там, где это указано клинически.

Результат

- Виртуальная модель клиники переломов способна контролировать и соблюдать требования руководств для клиник переломов. Было показано, что модель безопасна без каких-либо серьезных осложнений [91,92].

- В 2017 г/ более 50% из более чем 8 000 новых посетителей клиники переломов пациентов проходили через виртуальную клинику переломов и выписывались после получения виртуальной помощи. Это означает экономию для группы уполномоченных за прием заказов на посещение клиники⁵² (CCG) более 700000 фунтов стерлингов [93].

Изменение ролей/функций

- Виртуальные услуги обеспечивают более быстрый доступ к специализированному ортопедическому осмотру.

- Консультанты проводят обзор пациентов в течение 72 часов после направления и больше не видят каждого пациента лицом к лицу.

- Новые клиники по лечению переломов пациентов теперь являются специализированными, и пациент ищет подходящего консультанта для после травматического лечения.

- Были созданы новые должности для опытных клинических врачей и старшего терапевтического персонала.

Требования к образованию/обучению

Обучение на рабочем месте проводится для высококвалифицированных терапевтов в таких областях, как диагностическая визуализация, лечение острых травм и цифровые технологии.

⁵¹ Метод виртуальных клиник все чаще используется в системе НСЗ для сокращения количества амбулаторных посещений, снижения уровня непосещений, экономии денежных средств пациентов и обеспечения достаточного времени, выделяемого консультантом для пациентов, которых он видит лицом к лицу.

⁵² Такие органы были созданы после введения в действие Закона Великобритании о здравоохранении и социальном обеспечении в 2012 г., которые несут ответственность за оказание медицинских услуг населению на подведомственной территории. По состоянию на 1 апреля 2019 г. в Англии было 191 таких органов.

2. Приложения для смартфонов – компьютеризованная когнитивно-поведенческая психотерапия⁵³ (CBT)

Необходимость

Бессонница – серьезная проблема общественного здравоохранения, которая в значительной мере сочетается с физическими и психическими заболеваниями. Первоочередным лечением бессонницы (инсомнии) является СВТ, продолжающаяся более 4 недель. Однако способность обеспечивать услуги СВТ большому кругу населения невозможна с использованием традиционных методов.

Решение

Компьютеризованная СВТ для лечения инсомнии, как полностью автоматизированная, передовая алгоритмизированная программа или приложение, используемая без какой-либо поддержки врача-терапевта, предлагает решение проблемы расширения масштаба. СВТ в особенности пригодна для перехода на цифровые технологии, с учетом ее структурированного формата, акцентированного внимания на активном участии и самоконтроля и требованиями к проведению “домашней работы” между сеансами.

Результат

Компьютеризованная СВТ для лечения инсомнии, как было показано, является эффективным лечением с эффектами, сопоставимым с тем, которое осуществляется в рамках личной встречи.

Изменение ролей/функций

- Клинический персонал (главным образом для оказания первичной медицинской помощи) должен развивать свои должностные функции врачей, назначающих лечение в цифровой форме.

- Он должен также действовать как интерпретатор данных для облегчения понимания пользователем работе с приложением.

Требования к образованию/обучению

- Навыки критического суждения в оценке ресурсов (риски, выгоды и показания для лечения).

- Навыки в анализе данных.

- Улучшенное понимание регулирования цифровой терапии (см. сноску 23).

3. Веб-приложение⁵⁴ - путь заражения хламидиозом⁵⁵ в режиме онлайн (ОСР)

Хламидиоз – самая распространенная в Великобритании, передаваемая половым путем инфекция, которая легко лечится с помощью антибиотиков, однако, с потенциально серьезными последствиями, если лечение не проводится на раннем этапе. С учетом высокого бессимптомного уровня приоритетом является поиск

⁵³ Широко распространенная комплексная форма психотерапии, сочетающая в себе когнитивную терапию с поведенческой терапией. Когнитивный подход исходит из предположения, что психологические проблемы и нервно-психические расстройства вызваны нелогичными или нецелесообразными мыслями и убеждениями человека, а также дисфункциональными стереотипами его мышления, изменив которые, проблемы можно решить. Поведенческий подход, основанный на теории бихевиоризма, предполагает изменение поведения человека путем поощрения и подкрепления желаемых форм поведения и отсутствия подкрепления нежелательных форм.

⁵⁴ Программное средство, предназначенное для выполнения на сервере Интернета.

⁵⁵ Хламидиоз – инфекционное заболевание, вызванное бактериями хламидиями – внутриклеточными паразитами, которые, внедрившись в клетку, питаются ее содержимым и размножаются.

активной фазы; однако, происходит устойчиво сокращение услуг сексопатологов, несмотря на растущий спрос.

Решение

ОСР в eSexual Health Clinic⁵⁶ является автоматизированной моделью клинических консультаций в режиме реального времени с назначением лекарства в электронной форме, уведомлением партнера, укрепления здоровья населения и эпидемиологического надзора. Она дает возможность самоуправляемого (включая самостоятельное взятие мазка) лечения в режиме реального времени, интегрированного с обслуживанием врачом-сексопатологом [47].

Результат

- Было продемонстрировано, что eSexual Health Clinic является безопасной, реалистичной и доступной моделью, а ОСР соответствует национальным стандартам и нормативным требованиям.

- Предварительные данные клинических результатов сопоставимы с нынешними способами лечения пациентов от хламидиоза.

Изменение ролей/функций

- Необходимо иметь персонал с навыками проведения телефонных консультаций и оказания помощи людям в режиме реального времени и направлять их при необходимости на лечение, и проводить дистанционный мониторинг пациентов с помощью онлайн-интерфейса.

- Клинический персонал должен иметь в виду вероятные изменения в системе типологии пациентов, посещающих клинику, так как большая их доля, вероятно, будет более клинически сложной.

Требования к образованию/обучению

Понимание:

- того, как новая технология может вписаться в НСЗ, и каким образом можно модернизировать существующие способы лечения с учетом новой технологии;

- возможностей цифрового здравоохранения, включая все за и против, в особенности потенциал расширения неравенства в оказании услуг здравоохранения;

- концепций медицинской грамотности населения и грамотности в электронном здравоохранении;

- научных основ развития консультаций в режиме онлайн;

- оценки сложных процедур.

4. Автоматизированная интерпретация изображения – скрининг рака молочной железы

Необходимость

Скрининг рака молочной железы с использованием маммографии спас много жизней. В Великобритании стандартом является двойное считывание маммограмм двумя экспертами, что повышает точность. Однако существует кризис персонала, поскольку количество экспертов слишком мало для удовлетворения спроса.

Решение

Британская компания в секторе программного обеспечения оказала помощь радиологам в обнаружении рака молочной железы с использованием глубокого обучения. Технология помогает снизить рабочую загрузку перегруженных проекционных маммографов, так как служит как независимый аппарат для прочтения

⁵⁶ Система оказания помощи, профилактики и контроля инфекций, передаваемых половым путем: предварительные исследования на людях с тестированием хламидиоза.

маммограмм, оказывая поддержку программам скрининга. Это также потенциально повысить точность скрининга за счет уменьшения количества ложных позитивов и негативов, благодаря чему снижается нагрузка на ценные кадры и оборудование.

Результат

• Программное обеспечение получило маркировку СЕ (удовлетворение выполнения требований ЕС к маркировке оборудования) (класс IIa), и оно подвергается клиническим испытаниям на испытательных стендах НСЗ и по всей Европе.

Изменение ролей/функций

• Выступая в роли слепого устройства для считывания в режиме двойного считывания, технология увеличивает время обработки для двойного считывания и потенциально уменьшает количество ненужных биопсий и пропущенных злокачественных новообразований, что дает возможность радиологам сосредоточиться на более сложных методах визуализации.

Требования к образованию/обучению

• Радиологи и проходящие обучение должны быть в состоянии усовершенствовать свои диагностические навыки, обучаясь технологии.

• Требуется критическая оценка навыков их работы, позволяющая определить, для каких пациентов технология должна и не должна использоваться, и оценить точность программного обеспечения.

• Они также должны будут знать о том, как быстро сообщать о любых проблемах, связанных с технологией.

5. Распознавание речи и обработка естественного языка⁵⁷ (NLP) – виртуальный собеседник для проверки психического здоровья:

Необходимость

Пациенты с острыми клиническими синдромами по поводу своего психического здоровья часто пытаются получить доступ к услугам и получить быстрый доступ к разделению пациентов на потоки и лечению.

Решение

Технологии Chatbot (виртуального собеседника), которые используют NLP, позволят людям регистрировать и контролировать информацию о состоянии здоровья. Была создана система проверки психического здоровья с поддержкой NLP, которая анализирует текстовые и голосовые сообщения на предмет эмоций и суицидальных мыслей. Программное обеспечение с открытым исходным кодом встроено в методику работы врачей общей практики “Улучшение доступа к психотерапии” (IAPT) [95].

Результат

• Виртуальный собеседник⁵⁸ с ИИ помогает пациенту благодаря его постоянной доступности и устранению необходимости в поездках для проведения консультации в отношении разделения пациентов.

• Предполагается, что для клиницистов виртуальный собеседник экономит примерно один час на одного обслуживаемого пользователя.

⁵⁷ Обработка естественного языка – общее направление ИИ и математической лингвистики. Оно изучает проблемы компьютерного анализа и синтеза естественных языков. В случае ИИ анализ означает понимание языка, а синтез – генерацию грамотного языка.

⁵⁸ Виртуальный собеседник – программа, которая выясняет потребности пользователей, а затем помогает удовлетворить их. Автоматическое общение с пользователем ведется с помощью текста или голоса.

Изменение ролей/функций

- Менее трудоемкое начальное разделение пациентов, необходимое для оказания первичной медицинской помощи и групп психиатрической помощи.
- Случаи, идентифицированные быстро и безопасно с помощью соответствующих потоков или направлений к врачу.

Требования к образованию/обучению

- Данные, полученные от виртуального собеседника, можно использовать для обучения врачей и для улучшения как технологий, так и планирования услуг.
- Фундаментальные навыки оценки, необходимые для определения того, для каких пациентов технология должна и не должна использоваться, а также для оценки точности программного обеспечения.
- Клиницистам необходимо знать, как быстро сообщать о любых проблемах, связанных с технологией.

3.3. Будущие сценарии

6. Жидкая биопсия:⁵⁹

Технологии будущего

Жидкая биопсия может выявить циркулирующую опухолевую ДНК (ctDNA) в крови или других жидкостях организма для выявления и мониторинга рака [96].

Учитывая, что у сенсоров, как ожидается, повысится точность в следующем десятилетии, вероятно более широкое использование жидких биопсий для выявления и мониторинга рака [97, 98].

Жидкая биопсия будет иметь преобразующий потенциал для результата лечения у пациентов, так как раннее выявление может снизить смертность от рака и снизить потребность в интенсивной терапии, которая часто требуется для лечения рака на поздней стадии.

Потенциальное использование в НСЗ

С более широким использованием информации, фактических данных и научных исследований, популяционный скрининг ctDNA или других молекулярных маркеров рака может стать возможным. Повышение выживаемости при онкологических заболеваниях может привести к тому, что рак может быть обнаружен до его метастазирования на другие части организма человека.

Эта технология может быть особенно полезна при раке цельных органов, таком как рак яичников, который обычно трудно обнаружить с помощью традиционных методов скрининга, которые могут быть более инвазивными [99].

Изменение ролей/функций

- Расширение связей с общественными службами.
- Меньше рентгенологических исследований и меньшее использование интенсивной терапии, так как рак был обнаружен ранее.
- Централизованные геномные службы для анализа и интерпретации геномных данных опухоли для составления персонализированного генетического профилирования опухолей.

⁵⁹ Жидкая биопсия – не инвазивный метод для характеристики генома опухоли пациента на основании периферической крови путем анализа циркулирующей опухолевой ДНК (ctDNA). Жидкие биопсии имеют огромный потенциал для молекулярного профилирования, прогнозирования и мониторинга опухолей.

Требования к образованию/обучению

- Все виды рака вызваны генетическими изменениями, поэтому понимание принципов геномики важно для медицинских работников в сообществе.
- Понимание технологии как механизма обнаружения рака и эффективное объяснение тестирования для пациентов.
- Специалисты в области биоинформатики и специалисты по клиническим данным должны быть интегрированы в службы клинической онкологии.

7. Полигенные оценки риска (см. сноску 30):

Технологии будущего

Геномные факторы играют важную, но сложную роль в развитии многих долговременных хронических заболеваний.

Путем секвенирования маркеров по всему геному можно обнаружить специфические генетические варианты, связанные с заболеванием.

Полигенные оценки риска, используемые в сочетании с существующими демографическими показателями и оценками образа жизни, могут использоваться для прогнозирования будущего риска таких заболеваний, как ишемическая болезнь сердца (ИБС), среди населения в целом [100]. Особенность показателей геномного риска заключается в том, что их можно применять в значительной степени раньше, когда какие-либо профилактические меры могут быть наиболее эффективными.

Решение

Более раннее выявление представителей населения, подвергающихся повышенному риску сложных заболеваний, которые затем могут быть направлены на дополнительную поддержку в изменениях образа жизни или профилактическое лечение. Примером может служить более раннее и более рентабельное использование статинов⁶⁰ для снижения уровня развития ИБС у лиц с высоким геномным риском [101].

Изменение ролей/функций

- Анализы крови могут проводиться как часть регулярных проверок здоровья в сообществе для анализа генетического риска индивидуума для сложных заболеваний, таких как ИБС.
- Результаты тестов предоставляются в доступной форме врачам общей практики, медсестрам или специалистам больниц для обсуждения с пациентами в надлежащее время в рамках их обычной помощи способом, аналогичным обсуждению других факторов риска – пример – выход на первый план геномики.

Требования к образованию/обучению

- Понимание геномного тестирования и интерпретация полигенных оценок риска

8. Хирургическая робототехника:

Технологии будущего

Продолжающаяся миниатюризация и усовершенствование электроники, которая может быть встроена в ряд роботов, вероятно, произведет революцию в том, как и где выполняются инвазивные процедуры. В настоящее время большинство роботов в здравоохранении работают со встроенным ИИ относительно низкого

⁶⁰ Статины – лекарственные препараты, снижающие уровень холестерина в крови.

уровня. Однако по мере того, как роботы сужаются и становятся умнее, процедуры становятся менее инвазивными и менее болезненными, потребуется менее специализированное оборудование и уменьшится потребность в длительном и дорогостоящем обучении оператора.

Решение

В Великобритании колоректальный рак (рак ободочной и прямой кишки) является вторым по распространенности видом по заболеваемости и третьим по смертности. Колоноскопические процедуры⁶¹ имеют основополагающее значение для лечения колоректального рака.

Роботизированная колоноскопия, находящаяся в стадии разработки в Университете Лидса, первые испытания которой начались на людях, разработана, чтобы устранить болезненные ощущения и максимально упростить процедуру. Платформа робота основана на усовершенствованном механическом манипуляторе с магнитным приводом, камере и режущем инструменте, прикрепленном к тонкому тросу, соединенному с компьютерами. ИИ помогает оператору распознавать колоректальный рак и планировать терапевтический подход [102].

Изменение ролей/функций

- Улучшение характеристик ИИ позволит выполнять процедуру персоналу (например, врачам первичной медицинской помощи), для которых не требуется длительного обучения или аккредитации, необходимых для гибких процедур эндоскопии.

- Процедуры могут выполняться клиницистами по месту жительства, без необходимости анестезиологического покрытия или поддержки.

Требования к образованию/обучению

- Обучение работе с роботом и автоматической интерпретации и диагностике изображений на основе клинической оценки или ИИ.

- Обучение использованию робота должно быть коротким, сфокусированным курсом, предпочтительно проводимым в центре моделирования.

- Требуется сертификация/аккредитация с режимами ежегодной повторной сертификации.

9. Прогнозная аналитика:

Технологии будущего

Оценка и прогноз риска имеют решающее значение во многих областях медицинской практики. Прогнозная аналитика, основанная на машинном обучении, недавно показала, что она обеспечивает более точные прогнозы, чем оценки клинического риска. Важным недавним достижением является структура AutoPrognosis⁶² [103], предназначенная для разработки оценки риска в различных

⁶¹ Колоноскопия – медицинский эндоскопический диагностический метод, во время которого врач осматривает состояние внутренней поверхности прямой кишки с помощью эндоскопа.

⁶² Автоматизированное клиническое прогнозное моделирование с байесовскими статистическими методами (методы, в которых используется теорема Байеса для вычисления и обновления вероятностей после получения новых данных; теорема Байеса описывает условную вероятность события на основе как данных, так и априорной информации или доверия событию или условий, связанных с событием) и использованием структурированного обучения по методу функции Кернеля (непараметрический способ оценки плотности случайной величины).

клинических условиях. Она может автоматически обнаруживать соответствующие факторы риска и автоматически делать выбор проекта, какие алгоритмы использовать. Эта структура предоставит медицинским клиницистам и исследователям, практически не имеющим опыта в машинном обучении, возможность выработать оценки риска, необходимые для их конкретных ситуаций.

Решение

Прогностический анализ [104], основанный на AutoPrognosis, показал 35-процентное улучшение точности прогноза по сравнению с существующими статистическими методами или показателями клинического риска для определения того, следует ли направлять пациента с кистозным фиброзом (муковисцидозом) для трансплантации легкого.

Было показано, что та же самая система AutoPrognosis оценивает сердечно-сосудистый риск более точно, чем текущие оценки риска, особенно для пациентов с сопутствующими заболеваниями, такими как диабет.

Изменение ролей/функций

- Поскольку прогнозная аналитика все чаще используется и встраивается в электронную карту пациентов, ее использование станет более распространенным. Она может использоваться клиницистами и медсестрами для лучшей диагностики пациента, а также лицами, формирующими политику в области здравоохранения, для улучшения и индивидуализации программ скрининга, что приводит к лучшему распределению клинических ресурсов.

Требования к образованию/обучению

- Необходимо узнать, как интегрировать прогнозную аналитику при оказании медицинской помощи и диагностировании и интерпретировать прогнозные результаты.
- Консультирование/обучение лечащих врачей и научных работников пользоваться такими системами, как AutoPrognosis, для разработки новой прогнозной аналитики, которая может быть полезна для конкретного лечащего врача или организации здравоохранения.

3.4. Следующие 20 лет

В течение следующих двух десятилетий сотрудники НСЗ получат доступ к геномной, анатомической и физиологической информации, а также к социальным, поведенческим и экологическим данным. Слияние геномики, цифровой медицины, ИИ и робототехники позволит сотрудникам, работающим в этических и правовых рамках, обеспечить более целостный подход к персонализированному здравоохранению и профилактике заболеваний. При более широком использовании секвенирования генома мы, вероятно, сможем предсказать, какие антибиотики подходят для конкретных инфекционных заболеваний. Рекомендации будут приниматься в соответствии с генетической последовательностью пациента или патогена, а не на основе рекомендаций на уровне популяции. Комбинируя генотипическую информацию с точными фенотипическими данными (извлеченными из носимых датчиков, электронной карты пациента или того и другого), мы сможем назначить оптимальный антигипертензивный препарат для лечения пациента с высоким кровяным давлением.

Взаимодействие и взаимодополняемость трех основных технологий - геномики, сенсоров и ИИ - позволят разработать виртуальных медицинских инструкторов (см. рис. 2) [105]. Интеграция этих мультимодальных данных может способствовать профилактике заболеваний пациентов с высоким риском или конкретной

болезнью, или, по крайней мере, помочь человеку самостоятельно принимать меры при хроническом заболевании. Аналогичным образом, интеграция и анализ данных из нескольких источников, включая данные о жизненно важных показателях, будут способствовать дистанционному мониторингу в режиме реального времени или пациентам перед госпитализацией. Полный потенциал мониторинга здоровья будет реализован, когда индивидуализированные модели будут лежать в основе алгоритмов мониторинга [106]. Вместо того, чтобы полагаться на концепцию нормального состояния, полученную из популяционных исследований, методы ИИ, такие как глубокое обучение, будут использоваться для определения нормального состояния для индивидуума и, следовательно, выявления любого отклонения от него, используя геномные, анатомические, фенотипические данные и данные об окружающей среде, а также их изменения во времени.

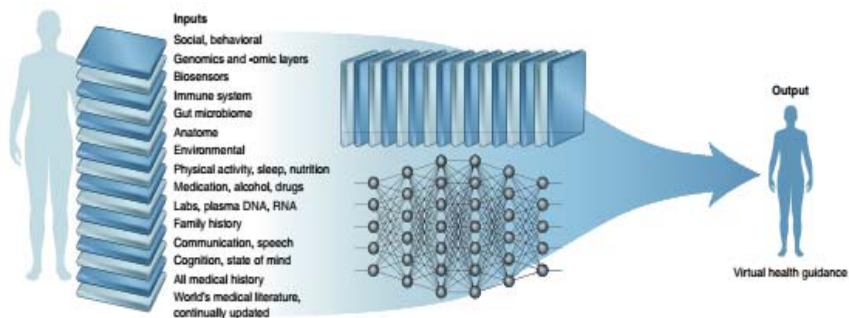


Рис. 2. Модель виртуального медицинского инструктора с мультимодальными входными данными и алгоритмами для предоставления индивидуального руководства.

Пояснения к рисунку: Input – входные данные, Social, behavioral – социальные, поведенческие, Genomics and omics-layers – геномные, омические⁶³ ряды, Biosensors - биодатчики, Immune system – иммунная система, Gut microbiome – кишечный микробиом⁶⁴, Anatomic - анатомические, Environmental - экологические, Physical activity, sleep, nutrition – физическая активность, сон, питание, Medication, alcohol, drugs – лекарственная терапия, спиртные напитки, наркотики, Labs, Plasma DNA, RNA – лабораторные исследования, ДНК и РНК в плазме крови, Family history – семейный анамнез, Communication, speech – информационный обмен, речь, Cognition, state of mind – процесс познания, менталитет, All medical history – вся история болезни, World's medical literature, continually updated – мировая медицинская литература, непрерывно обновляемая, Output – выходные данные, Virtual health guidance – виртуальное руководство для оценки состояния здоровья

⁶³ Омикс – направление биологической науки (геномика, протеомика, метаболомика и др.), рассматривающее всю совокупность соответствующих объектов организма (нуклеиновых кислот, белков, метаболитов и др.) в структурно-функциональной взаимосвязи.

⁶⁴ Сообщество бактерий, вирусов, грибов и простейших, обитающих, в основном, в толстом кишечнике.

Каждая из технологий, рассмотренных в этой главе, будет служить цели, но разработка синергетических технологий, которые создают, собирают, интерпретируют и интегрируют данные, обеспечит получение полной картины состояния здоровья человека или населения. Это конечная цель на следующие два десятилетия, и НСЗ “как единственная крупнейшая интегрированная система здравоохранения в мире обладает уникальными возможностями для достижения этой цели” [107].

“В обозримом будущем информация о последовательности ДНК индивида станет частью его медицинской карты и будет использоваться для информирования об их медицинском обслуживании различными способами на протяжении всей жизни”.

Сэр Нилеш Самани⁶⁵ (Nilesh Samani)

4. Геномика

Геномика обладает потенциалом трансформирования здравоохранения в НСЗ, а также резко улучшит результативность лечения в Великобритании. Проект “100000 геномов” в рамках партнерства между Genomics England (см. сноску 28) и NHS England (см. сноску 22) стал первым шагом в направлении к обычной практике применения последовательности всего генома в НСЗ [52, 108].

Вновь созданная Служба геномной медицины НСЗ предоставляет услуги в масштабе страны по геномному тестированию для всех специальностей и с равноправным доступом пациентов всей Англии.

Затраты на “чтение” генома – путем секвенирования всего генома и/или других более целенаправленных стратегий, как прогнозируется, снизятся, что даст возможность ускоренного внедрения этих подходов во всей НСЗ. В течение следующих пяти лет НСЗ поставила цель провести до 5 млн. геномных анализов, расширив генетическую диагностику для различных специальностей и улучшив показатели состояния здоровья далеко за пределы начальной цели в виде редких заболеваний и рака [53]. Превентивные стратегии для многих обычных, с поздним началом заболеваний будут совершенствоваться с помощью улучшенного количественного анализа генетической предрасположенности на основе оценок полигенного риска (см. сноску 30). Генетическая диагностика даст возможность более эффективного назначения лекарств, достижения максимальной эффективности, минимизации дозы и побочных эффектов. Все в большей степени первичный биоинформационный анализ и клиническая интерпретация геномных данных будут обеспечиваться с помощью применения автоматизированных подходов с высокой производительностью.

Другие типы геномных тестов расширят нашу способность фиксировать динамические события, относящиеся к состоянию здоровья, включая применения для диагностики плода, раннего выявления, наблюдения и молекулярной характеристики рака, влияния на микробиом кишечника и – с помощью анализа РНК, протеиновых⁶⁶ и метаболитических биомаркеров⁶⁷ - развитие эволюции воспалитель-

⁶⁵ Британский врач индийского происхождения, профессор кардиологии в университете Лейчестера, консультирующий кардиолог в госпитале Гленфилда (шт. Пенсильвания).

⁶⁶ Протеиновые биомаркеры (набор белков) применяются для диагностики заболевания мягких тканей и в качестве терапевтических мишеней для вмешательства в гигиену полости рта.

⁶⁷ Метаболические биомаркеры применяются при диагностике метаболитических нарушений.

ных и метаболических заболеваний. Аналогичным образом, способность считывать геномы патогенов, таких как бактерии и вирусы, будет продолжать трансформировать микробиологию, поддерживая более быструю и точную диагностику, оптимизацию терапии, наблюдение за вспышками инфекционных заболеваний и более эффективные стратегии борьбы с устойчивостью к противомикробным препаратам. [109].

Появление мощных инструментов для редактирования генома и синтетической биологии принесет пользу пациентам благодаря способности “писать”, а также читать геномную информацию. Теперь можно внести определенные исправления в ДНК человека, которые могли бы излечить ранее не поддающиеся лечению редкие заболевания и обеспечить целевую терапию.

До сих пор основное внимание уделялось использованию данных о последовательностях для поддержки диагностики редких заболеваний и для характеристики раковых заболеваний, но будущее принесет более широкое применение геномики для улучшения результатов для пациентов по всей НСЗ. Персонал НСЗ будет играть важную роль в обеспечении эффективного, надлежащего и справедливого использования геномных технологий.

4.1. Гражданин и пациент

Мы ожидаем, что в обозримом будущем и при наличии согласия каждый человек будет снабжен информацией, полученной из последовательности его генома, в своей медицинской карте. Это окажет поддержку для различных применений геномики в здравоохранении на протяжении всей жизни человека, включая оценку предрасположенности к заболеваниям, более точные диагнозы и персонализированную оптимизацию терапевтических и профилактических вмешательств. Граждане должны иметь возможность понимать, как геномика может влиять на их здоровье, принимать обоснованные решения об уходе за ними и распознавать личные и семейные последствия результатов, которые может принести геномика. Такие инициативы, как “Genomics Conversation” (образовательная программа по геномике) Genomics England (см. сноску 28) в Англии, расширяют наше понимание социальных установок, стремлений и проблем.

Геномные данные могут поднимать сложные вопросы, связанные с риском, этикой, конфиденциальностью, страхованием, занятостью и фертильностью. Для установления общественного доверия и поддержки потребуется надежный и устойчивый этический надзор за обработкой геномных данных. Мы рекомендуем, чтобы НСЗ в партнерстве с соответствующими регулирующими органами установила четкую и надежную структуру, с помощью которой медицинские работники будут использовать геномные данные, что обеспечит конфиденциальность пациентов и способствует поддержке и доверию граждан и широкой общественности (G1). Пациенты и общественность должны быть уверены, что прогнозное геномное тестирование влияет на медицинскую страховку и занятость. Мы поддерживаем Кодекс о генетическом тестировании и страховании, соглашение между правительством и Ассоциацией британских страховщиков (ABI) о том, как страховщики будут использовать геномную информацию [110]. Этическая основа для геномики должна выиграть от сотрудничества с группами пациентов и практической поддержки, чтобы обеспечить полное обсуждение преимуществ и рисков геномного тестирования и геномной терапии, а также дать четкое руководство для медицинских работников.

4.2. Работники здравоохранения

Внедрение геномики в НСЗ будет иметь серьезные последствия для клинической рабочей силы. Темпы изменений могут отличаться в зависимости от специальности, но, в конечном счете, геномика повлияет на практику большинства, если не всех, специалистов здравоохранения. Хотя некоторые аспекты оказания медицинской помощи, такие как лечение редких генетических заболеваний, останутся в основном в компетенции коллег-специалистов, многие аспекты геномики, в том числе прогнозирование риска для распространенных заболеваний и фармакогенетики (см. сноску 31), станут “основным направлением”, и их применение будет включено в повседневное здравоохранение. По мере развития практических приемов в области геномики потребности в обучении отдельных сотрудников будут в меньшей степени зависеть от разграничения традиционных ролей и в большей степени от конкретных обязанностей, связанных с реализацией “в реальном мире” на основе геномной информации.

Поскольку геномное тестирование станет неотъемлемой частью всех медицинских специальностей, мы рекомендуем всем медицинским работникам пройти базовую подготовку по геномной грамотности, чтобы помочь им понять основы, преимущества и этические соображения, связанные с геномикой (G2). Это гарантирует, что все медицинские работники (включая тех, кто не имеет клинической подготовки, например, уполномоченные по уходу) будут знать об общих принципах геномики, включая вклад генетических вариаций в редкие и распространенные заболевания, использование геномного тестирования для улучшения клинических результатов, геномное консультирование, этические соображения, безопасность данных и управление. Медицинские работники должны с уверенностью обсуждать геномное тестирование с пациентами (включая варианты участия в исследованиях), запрашивать соответствующие геномные тесты, интерпретировать отчеты, сообщать о воздействии и риске и внедрять научно обоснованные изменения в клиническом ведении. Обучение интерпретации и передаче результатов геномной науки должно проводиться в виде доступных онлайн-модулей, с указанием для дальнейшего обучения, например, через программу “Образование в области здравоохранения” в Англии (подпрограмма “Геномика”). Обучение должно быть признано соответствующими профессиональными органами, ответственными за непрерывное профессиональное развитие, в соответствии с рекомендацией Заведующего медико-санитарного отдела.

Кроме того, мы рекомендуем, чтобы непрерывное обучение было доступно для медицинских работников с акцентом на постоянную поддержку в этой быстро развивающейся области, включая доступ к динамическим “своевременным” цифровым обновлениям и онлайн-ресурсам по геномной информации (G3). Доступ к онлайн-обучению и поддержке “точно в срок” обеспечит возможность профессионалам в области здравоохранения применять последние достижения и рекомендации в своих решениях о тестировании, а также поддерживать интерпретацию и передачу результатов пациентам и их родственникам.

По многим медицинским специальностям потребуется более интенсивное обучение, чтобы гарантировать, что медицинские работники - как те, кто проходит обучение, так и те, кто уже исполняют должностные обязанности - будут иметь возможность доступа к интерпретации сложных геномных анализов. Очевидные примеры включают онкологию, клиническую микробиологию и педиатрию, хотя мы ожидаем гораздо более широких требований по мере развития науки и меди-

цинской практики. Мы рекомендуем организовать аккредитацию по геномной подготовке для медицинских работников по ключевым клиническим специальностям, чтобы включить в их практику геномное тестирование и геномное консультирование (G4). Мы предполагаем, что эти расширенные модули будут реализованы посредством сочетания онлайн-курсов и обучения с помощью контактов, включающего увязанные с контекстом сценарии, ориентированные на обучаемых. Это обучение должно быть признано и аккредитовано Королевским колледжем врачей⁶⁸, Национальной школой здравоохранения и другими соответствующими учреждениями. Медицинским работникам нужно будет дать время для обучения, развития новых навыков (особенно в области обмена результатами геномных исследований) и включения основанных на фактических данных рекомендаций в их клиническую практику. Инструкторы также должны продемонстрировать свои способности к высококачественному обучению посредством формального обучения и институциональной поддержки.

Успешное внедрение геномной медицины в рамках НСЗ потребует также инвестиций в различные роли специалистов здравоохранения. Мы рекомендуем наращивать потенциал Службы геномной медицины НСЗ посредством поддержки специалистов-медиков, в том числе консультантов по геномике, клинических ученых и специалистов по геномной медицине (G5). Например, специалисты по клиническим исследованиям будут нуждаться в поддержке своего развития и предоставлении стандартизированных молекулярных тестов, информатики и клинической интерпретации, основанных на популяциях, и взаимодействии с другими медицинскими работниками, чтобы гарантировать, что будут внедрены соответствующие пути оказания медицинской помощи на основе фактических данных. Генетическое консультирование и клинические генетические услуги потребуют достаточных возможностей для выполнения своих существующих функций специалиста и для распространения своего опыта в рамках НСЗ. Консультанты и врачи-специалисты будут играть более широкую роль в обучении, предоставлении справочных услуг (например, посредством встреч виртуальных многопрофильных команд), поддержке актуализации и вкладе в геномное лидерство. Они будут играть ведущую роль в разработке комплексного этического лечения под руководством пациента, которое включает в себя понимание того, как геномные данные могут привести к долгосрочному врачебному долгу, который выходит за рамки носителей заболеваний и охватывает в более широком плане семьи, и необходимость передавать информацию о сложном риске и другую вероятностную информацию.

4.3. Система здравоохранения

Значительный прогресс в преобразовании услуг для обеспечения потребностей геномной медицины уже произошел во всей системе здравоохранения. Ознаменование начала работы Службы геномной медицины НСЗ позволит всем медицинским работникам по всей Англии предоставлять пациентам услуги геномики.

Чтобы обеспечить надлежащую интерпретацию и передачу результатов, соответствующие руководящие указания для каждого геномного результата должны быть доступны непосредственно из стандартизированных отчетов, составляемых (все чаще с помощью автоматизированных процессов) Службой геномной меди-

⁶⁸ Королевский колледж врачей – британское общество профессиональных врачей медицины общего профиля и узких направлений, основанный в 1518 г.

цины НСЗ, наряду с указанием на дополнительное “своевременное” обучение. Облегченный доступ к специализированным службам геномной поддержки, обеспечиваемым цифровыми технологиями, должен дать возможность медицинским работникам использовать геномику в своей практике. Это будет сопровождаться ускорением перехода к междисциплинарной работе, а также оценкой и лечением пациентами.

Предоставление преимуществ геномики в решающей степени зависит от экспертного вычислительного анализа биологических данных в рамках службы здравоохранения. НСЗ необходимо привлекать, нанимать и удерживать талантливых выпускников в области естественных наук, математики и информатики для выполнения руководящих ролей в вычислительной геномике, науке о данных и информатике общественного здравоохранения (в совокупности “биоинформатика”). Мы рекомендуем разработать и внедрить привлекательный карьерный путь для специалистов в области биоинформатики, в том числе расширить программу подготовки специалистов-медиков для клинических биоинформатики (G6). Люди, обладающие этими навыками, будут все больше включаться в медицинские специальности в НСЗ, назначая специалистов по биоинформатике на должность консультантов, которые могут руководить исследованиями, обучением и практикой в многопрофильных клинических группах. Также будет жизненно важно поддержать методологические и механистические исследования в академическом секторе, который использует согласованные и неопознанные данные НСЗ для достижения целей перевода.

Клиническое лидерство формирует превосходство в междисциплинарных командах и улучшает результаты лечения пациентов. Мы рекомендуем разработать основу для геномного лидерства среди клинических специальностей и учреждений первичной медицинской помощи, чтобы поощрять и распространять передовой опыт и упрощать системы направления пациентов к врачам (G7). Эти лидеры в области геномики, базирующиеся на медицинских или научных специальностях и в средах первичной медицинской помощи, обеспечат связь между централизованными геномными службами, широкими медицинскими работниками и сообществом пациентов, а также сформируют сети поддержки для обмена информацией, а также для продвижения и распространения коллективного опыта. Эти сети должны будут действовать как на национальном уровне (например, для координации управления конкретными редкими заболеваниями), так и на местном уровне (например, для обеспечения поддержки и экспертных знаний по группе методов первичной медицинской помощи). Геномные лидеры будут играть важную роль в формировании информационного содержания геномных отчетов, предоставляя платформу для быстрого направления в нестандартных случаях (через онлайн-консультации), дистанционно посещая собрания междисциплинарной группы по геному, предоставляя консультации по вопросам коммуникации и этическим вопросам, и/или консультирование по генетическим вариантам, имеющим отношение к их специализированной клинической области. Мы предполагаем, что геномные лидеры будут появляться из различных профессиональных ролей, включая врачей по клиническим специальностям, геномных консультантов, специалистов по клиническим исследованиям и практиков в первичной медицинской помощи.

Чтобы гарантировать, что будущая рабочая сила сможет внести вклад во внедрение геномики, мы рекомендуем академическим учреждениям обеспечить, чтобы геномика и информатика данных занимали видное место в учебных планах

бакалавриата для медицинских работников, и что должно быть расширение возможностей бакалавриата в области геномики, биоинформатики и науки о данных (G8). Это обучение студентов должно быть сосредоточено на основных принципах и навыках, таких как способность оценивать геномные данные, а также понимать и передавать сложные вопросы вероятности и риска, которые будут частью большинства, если не всех, клинических специальностей. Особое внимание следует уделить сквозным темам геномики (например, фармакогеномика⁶⁹), имеющим непосредственное клиническое значение для всех выпускников, имеющих право назначать рецептурные препараты. Инвестиции в высшее образование по программе бакалавриата должны выходить за рамки клинической подготовки, чтобы в будущем обеспечить неклинических специалистов соответствующими навыками и обеспечить обеим группам общий словарный запас и интеллектуальную структуру, которая будет стимулировать продуктивное взаимодействие. Это гарантирует, что у нас будет гибкая рабочая сила, оснащенная навыками для оценки и содействия будущим инновациям в НСЗ.

НСЗ должна обеспечить, чтобы эффективность оказания медицинской помощи в результате внедрения геномной медицины привела к очевидным и осязаемым преимуществам в качестве и результатах медицинской помощи, оказываемой пациентам и всему сообществу. Это будет подразумевать более справедливые отношения между пациентом и его врачом, признавая, что более широкий доступ к информации и расширение личных возможностей приведут к тому, что граждане будут лучше информированы о своем здоровье и будут готовы к совместному принятию решений.

4.4. Рекомендации

Экспертная группа по геномике рекомендует:

Гражданин и пациент

- НСЗ в партнерстве с соответствующими регулирующими органами должна создать четкую и надежную структуру, с помощью которой медицинские работники будут использовать геномные данные, что обеспечит конфиденциальность пациентов и будет способствовать поддержке и доверие граждан и широкой общественности. (G1).

Работники здравоохранения

- Все работники здравоохранения должны пройти базовую подготовку по геномной грамотности, чтобы они смогли понять основы, преимущества и этические соображения, связанные с геномикой. (G2).

- Обучение на протяжении всей жизни должно быть доступно для медицинских работников с акцентом на постоянную поддержку в этой быстро развивающейся области, включая доступ к динамическим “своевременным” цифровым обновлениям и онлайн-ресурсам по геномной информации. (G3).

- Аккредитованное геномное обучение для медицинских работников должно быть организовано по ключевым клиническим специальностям для включения геномного тестирования и геномного консультирования в их практику. (G4)

- Необходимо наращивать потенциал Службы геномной медицины НСЗ посредством поддержки специалистов-медиков, в том числе консультантов по ге-

⁶⁹ Фармакогеномика – отрасль фармацевтики и фармакологии, которая исследует влияние генетической вариации каждого человека в его ответе на лекарственное средство.

номике, специалистов, проводящих клинические исследования, и специалистов по геномной медицине. (G5)

Система здравоохранения

- Для специалистов в области биоинформатики должен быть организован привлекательный карьерный путь, в том числе путем расширения подготовки специалистов высшего класса для клинической биоинформатики. (G6)

- Должны быть созданы основы для геномного лидерства среди клинических специальностей и учреждениями первичной медицинской помощи, чтобы поощрять и распространять лучшие практики и упрощать системы направления пациентов к врачам (G7)

- Академические учреждения должны обеспечить, чтобы геномика и аналитика данных занимали видное место в учебных планах бакалавриата для медицинских работников, а также должны быть расширены возможности бакалавриата в области геномики, биоинформатики и анализа и обработки данных. (G8)

“Распространение геномики в медицинское обслуживание будет постепенным, но в течение следующих двух десятилетий их совокупный эффект трансформирует медицинскую практику, что будет иметь серьезные последствия для медицинских кадров НСЗ”:

Профессор Марк Маккарти⁷⁰ (Mark McCarthy)

Персона: Эдди – специалист в области биоинформатики

Эдди в возрасте 21 год в 2013 г.

Эдди является студентом последнего года обучения по зоологии. Его диссертация посвящена изучению филогенетики⁷¹ паразитов Старого Света⁷², и он недавно научился анализировать генетические последовательности насекомых. Его соседи по дому изучают медицину и физиотерапию. Он чувствует, что работа в групповой среде в НСЗ подойдет ему. Он интересуется геномикой и решает продолжить обучение в качестве специалиста в области биоинформатики. Эдди рад, что его приняли в аспирантуру по программе клинической биоинформатики НСЗ.

Эдди в возрасте 27 лет в 2019 г.

В настоящее время Эдди является специалистом по клиническим исследованиям, работающим в области биоинформатики в Центре геномной лаборатории при крупном филиале Университетской больницы НСЗ. Его программа обучения помогла развить широкий спектр навыков, которые позволили ему гибко реагировать на быстро меняющиеся потребности службы. Его коммуникативные и исследовательские навыки являются основными преимуществами его работы.

Эдди вдохновлен потенциалом новых технологий, которые позволяют обнаруживать маркеры молекулярных заболеваний у пациентов и являются достаточно доступными для регулярного использования в клинической практике. Он использует свои навыки в вычислительной геномике и статистической биологии,

⁷⁰ Профессор Оксфордского университета, который занимается исследованием генетических основ диабета и ожирения.

⁷¹ Филогенетика – область биологической систематики, которая занимается выявлением и прослеживанием эволюционных взаимоотношений среди разных видов жизни на Земле, как современных, так и вымерших.

⁷² Старый Свет – область, культурная ойкумена Земли, известная европейцам до открытия Земли в 1492 г.: в него входило два материка: Евразия и Африка.

чтобы работать с коллегами в разработке улучшенных инструментов биоинформатики для идентификации сложных генетических вариантов.

Он также уделяет часть своего времени генетическому анализу данных, полученных в рамках проекта “100 000 геномов”. Он пользуется возможностью работать с передовыми знаниями в области геномики и находить новые генетические диагнозы у пациентов с редкими гематологическими заболеваниями.

Эдди в возрасте 37 лет в 2027 г.

Эдди к этому времени станет консультантом по вопросам биоинформатики, специализирующимся на гематологических раковых заболеваниях. Он будет неотъемлемым членом группы, оказывающей специализированную гематологическую клиническую услугу. В его клинические обязанности входит анализ геномных данных из живых опухолевых клеток на наличие новых вариантов, которые могут потребовать смены лекарств или более целенаправленного лечения.

Он будет ведущим членом исследовательской группы, разрабатывающей новые персонализированные методы лечения редких гематологических форм рака. Его работа по разработке новых технологий будет включать сотрудничество с клиницистами, другими учеными в области здравоохранения и программистами для разработки инструментов, позволяющих повысить точность диагностики и повысить эффективность за счет лучшей интеграции разнородных типов данных.

Эдди также будет проводить время, обучая группы пациентов и врачей первичной медико-санитарной помощи в сообществе, и разрабатывая новые образовательные ресурсы для пациентов, врачей и ученых в области здравоохранения. Он будет планировать заявку на должность регионального декана НСЗ по генному образованию.

“Цифровые технологии преобразовали большинство секторов, которые влияют на нашу повседневную жизнь, от коммуникаций до транспорта, банковских услуг и развлечений, но еще не здравоохранения. Сейчас это меняется, так как электронные записи пациентов и онлайн-сервисы, а также носимые устройства, смартфоны и приложения начинают оказывать положительное влияние на НСЗ и его сотрудников”.

Профессор Лайонел Тарасенко⁷³ (Lionel Tarassenko)

5. Цифровая медицина

Новые цифровые технологии способны изменить то, как НСЗ будет оказывать помощь в предстоящие десятилетия, например, путем более быстрой и более надежной диагностики инфекционных заболеваний, расширения возможностей пациентов для мониторинга и управления их долгосрочным состоянием здоровья, укрепления здоровья и благополучия, с помощью персонализированных приложений и предоставления услуг за пределами традиционных медицинских учреждений с помощью дистанционного мониторинга.

В этом отчете цифровая медицина определяется как цифровые продукты и услуги, которые предназначены для использования в диагностике, профилактике,

⁷³ Профессор Оксфордского университета, ведущий эксперт в применении теории обработки сигналов и машинного обучения в здравоохранении.

мониторинге и лечении заболеваний, патологических состояний или синдромов. Это включает в себя широкий спектр технологий: телемедицина, приложения для смартфонов, носимые устройства, программное обеспечение, используемое в клинических условиях (например, выписывание рецептов в электронной форме), тесты в местах оказания медицинской помощи и технологии расширенной реальности (включая виртуальную реальность и дополненную реальность). Некоторые из этих технологий уже оказывают положительное влияние на клиническую практику и оказание медицинской помощи, хотя их внедрение в НСЗ является неравномерным.

В настоящее время на веб-сайте NHS Choices каждый день проводится примерно 1,6 млн. поисков медицинской информации. По оценкам, 60% людей, которые используют Интернет для проверки состояния здоровья, не переходят на профильные услуги, что снижает давление на НСЗ. Телемедицина начинает использоваться во всей системе НСЗ, предлагая более удобную альтернативу клиническим консультациям для пациентов, которые испытывают трудности, предпочитают не посещать регулярно клинику.

В недавно созданной библиотеке приложений NHS содержится более 70 приложений, и она предлагает надежный источник медицинских приложений для пациентов и медицинского персонала. Новое приложение NHS планировалось запустить в начале 2019 г. К 2021 г. оно позволит людям безопасно и надежно загружать данные из своих носимых и бытовых приложений и будут соглашаться с тем, что эти данные будут связаны с их картами больного.

Достижения в области сенсорных технологий и носимых устройств позволяют осуществлять дистанционный мониторинг за пределами традиционных больничных учреждений. Быстрые диагностические тесты революционизируют доступ к тестированию на ВИЧ при несчастных случаях и чрезвычайных ситуациях, первичной помощи и на дому. Виртуальная реальность, технология, впервые разработанная для игр, в настоящее время используется для различных применений в здравоохранении, включая психическое здоровье и трансляцию хирургических операций в прямом эфире для обучения следующего поколения хирургов.

Чтобы реализовать все преимущества цифровой медицины, НСЗ потребуется подготовить руководящий персонал, способный играть ведущую роль в цифровой повестке дня. Потребуется время и возможности для повышения навыков работы с цифровыми данными у нынешней рабочей силы, а также способность приобретать столь необходимые современные цифровые знания. Точно так же граждане, пациенты и семьи будут играть ключевую роль. Активность пациентов, такая как #wearenotwaiting⁷⁴ для пациентов с диабетом, иллюстрирует растущую тенденцию в расширении возможностей пациентов, требующих большего контроля над своим лечением. Борьба с цифровым неравенством при поддержке рабочей силы для развития новых навыков и практики будет иметь важное значение для обеспечения доступа и принятия во всех социально-экономических группах. Потребуется расширенные программы обучения для пациентов и населения, а также

⁷⁴ Хэштег (ключевое слово или несколько слов сообщения, используемое в микроблогах и социальных сетях; в данном случае “мы не ждем”), означающий сплочение людей в сообществе диабетиков, которые берут дело в свои руки; они разрабатывают платформы и приложения и готовят решения на облачной основе, для того чтобы помочь людям, страдающим от диабета, лучше пользоваться устройствами и данными о состоянии здоровья для улучшения результатов лечения.

практическая помощь, чтобы цифровые технологии не увеличивали неравенство в здоровье.

Регулирующие органы должны будут гарантировать качество, безопасность и точность тестирования, а лица, ответственные за обслуживание, должны будут применять требуемые стандарты обслуживания. Крайне важно обеспечить интерфейс взаимодействия с источниками информации при оказании медицинской помощи и иметь электронные медицинские карты в рамках подходящей системы управления.

5.1. Гражданин и пациент

Цифровая медицина предоставляет все больше возможностей пациентам возможность управлять состоянием своего здоровья и благополучием, трансформируя традиционные отношения между пациентом и врачом. Растущая доступность информации в Интернете означает, что некоторые пациенты тщательно изучают свое состояние. Однако качество информации о состоянии здоровья в Интернете варьируется в широких пределах, и поэтому НСЗ играет жизненно важную роль в предоставлении надежной информации (DM1). Пациенты должны быть уверены, что новые цифровые технологии безопасны и эффективны.

В рамках программ НСЗ, связанных с исследованиями, разработками и реализацией, пациенты и конечные пользователи должны быть вовлечены в совместное проектирование новых технологий, включая определение необходимого уровня образования и поддержки (DM2).

Цифровые технологии могут помочь пациентам управлять своими собственными болезнями. Диабет представляет собой хороший пример того, как цифровые глюкометры и съемные датчики с поддержкой смартфонов позволяют интегрировать самоконтроль в повседневную жизнь. Персонал НСЗ должен принимать во внимание культуру работы со все более информированными и оказывающими самопомощь пациентами. Работая с пациентами, чтобы понять их личные потребности, медицинские работники могут предоставить рекомендации о том, как лучше управлять своими болезнями, и в то же время признают, что цифровые технологии не обязательно подходят для всех. Принятие цифровых продуктов здравоохранения никогда не должно регулироваться отсутствием доступа к этим технологиям (“цифровой разрыв”). НСЗ и связанные с ней организации все в большей степени признают это, что приводит к разработке рамок и инструментов [112], включая повестку дня по расширению цифрового участия НСЗ [113].

Профилактика также должна быть в центре внимания. Целевые кампании в области общественного здравоохранения должны быть направлены на информирование об изменяемых факторах риска при поддержке долгосрочных клинических исследований, чтобы продемонстрировать, как использование цифровых технологий может помочь предотвратить такие состояния, как ожирение и гипертония.

5.2. Работники здравоохранения

Практически все профессии медицинских кадров в течение следующих 20 лет будут затронуты внедрением цифровых технологий в рамках НСЗ и должны будут пройти соответствующую подготовку. В основе цифровой трансформации лежит возможность улучшить качество и эффективность взаимодействия между пациентами, медицинскими работниками и системой здравоохранения. Для дос-

тижения этой цели требуются значительные инвестиции в подготовку медицинских работников, а также создание новых должностных функций в анализе и обработке данных, безопасности данных, этике, человеческом факторе и умении внедрения. Инвестиции в нынешний персонал должны позволить ему развивать специальные навыки работы с цифровыми технологиями, включая внедрение цифровых технологий посредством непрерывной профессиональной подготовки (CPD), творческого отпуска и стажировки (DM3).

Анализ больших наборов данных, извлеченных из электронных карт пациентов, интегрированных в первичную и вторичную медицинскую помощь, приведет к улучшению качества медицинской помощи, например, благодаря более глубокому пониманию взаимосвязи между лечением и результатами лечения пациентов. Потенциал больших данных стимулирует развитие междисциплинарного сотрудничества, когда врачи работают вместе с учеными и инженерами в области информатики. Например, Больница Грэйт Ормонд стрит⁷⁵ (Great Ormond Street Hospital), занимающаяся цифровыми исследованиями, информатикой и виртуальными средами (GOSH DRIVE), предоставляет физическое пространство, позволяющее такое сотрудничество для инноваций, развития и быстрого развертывания цифровой медицины в рамках HC3 [114].

Нынешние медицинские кадры, оказывающие помощь, должны знать, для кого, где, когда и как цифровые технологии могут улучшить пути оказания медицинской помощи и результаты в отношении здоровья. Они также должны быть в полной мере осведомлены о проблемах информации и клинического управления и знать о любых этических последствиях. Стратегия должна включать приоритеты времени и пространства для обучения, а также соответствующие формы CPD, используя сочетание очного обучения, электронного обучения и виртуальной/дополненной реальности.

Чтобы устранить пробелы в квалификации медицинского персонала, HC3 необходимо будет подготовить новые образовательные программы по цифровым технологиям здравоохранения, такие как для студентов магистратуры и профподготовка. Аттестация может позволить сотрудникам расширять и поддерживать свои навыки и опыт. Специалисты также должны будут освоить новые навыки, например, внедрение цифровых технологий. NHS Digital (Информационный центр здравоохранения и социального обеспечения) выдвинул на первый план создание Федерации специалистов в области информатики (Fed-IP) и факультета клинической информатики (FCI) в качестве механизма для найма и удержания столь необходимых специалистов в области анализа и обработки данных HC3.

Одним из ключевых требований, которые мы определили в ходе этого Отчета, была необходимость расширения возможностей HC3 для разработки и оценки эффективности цифровых технологий. Это включает в себя развитие критических навыков оценки за счет знания стандартов и нормативно-правовой среды. Лечащим врачам понадобятся знания и навыки для назначения проверенных приложений и цифровых продуктов, консультирования пациентов по их использованию и интерпретации получаемых ими клинических данных. Необходимо также создать механизмы, позволяющие сообщать о проблемах безопасности, как только они возникают.

⁷⁵ Детская больница, расположенная в Блумсбери, исторически сложившемся центре интеллектуальной жизни Лондона, крупнейшая в Европе детская больница, оказывающая широкий спектр услуг в педиатрической медицинской помощи, открывшаяся в 1852 г.

5.3. Система здравоохранения

Некоторые подразделения медицинских кадров НСЗ были первыми, кто внедрил цифровые технологии, например, первичная помощь и интенсивная терапия. Важно, чтобы другие службы, такие как психиатрическая помощь и неотложная медицинская помощь, были на следующей волне внедрения этих технологий. Цифровые технологии должны быть полностью интегрированы в пути оказания медицинской помощи и профилактики НСЗ, в противном случае их внедрение может привести к фрагментации, дублированию и неэффективности оказания медицинской помощи.

НСЗ необходимо будет продолжать развивать культуру инноваций и обучения. Цифровое лидерство получило признание, которого оно заслуживает с назначением первого Главного специалиста по клиническим данным НСЗ в 2016 г. Цифровая академия, начавшая работу в 2018 г., разработала первую национальную учебную программу по управлению изменениями, персоналом и клинической информатике с вручением диплома последипломного образования в управлении цифровым здравоохранением главным сотрудникам по клинической информации, руководителям информационных служб и начинающим ведущим специалистам в цифровых технологиях из клинической и неклинической среды. Эту ведущую программу, которая в настоящее время финансируется в течение трех лет, необходимо расширить, чтобы устранить пробелы в навыках, которые существуют в более широких медицинских кадрах.

Учебные программы НСЗ для предпринимателей “Ускорение инноваций” и “Испытательные стенды” являются отличными примерами того, как время и ресурсы, включая коммерческие навыки и знания, могут быть предоставлены сотрудникам НСЗ, которые стремятся стать новаторами в цифровых технологиях. Эти программы необходимо расширить, и они должны стать общепринятой частью повседневной практики, чтобы продвигать улучшенные подходы к уходу за пациентами и повышать удовлетворенность медицинских кадров.

Чтобы планировать будущие медицинские кадры в течение следующих двух десятилетий, НСЗ сначала нужно увеличить количество должностей лечащих врачей, научных работников, технических специалистов и специалистов со специальными знаниями с выделенным, определенным временем, чтобы поддерживать свои навыки на современном уровне и с возможностью работать в сотрудничестве с научными кругами и/или специалистами в области медицинских технологий в разработке, внедрении и использовании цифровых технологий, технологий ИИ и робототехники (AIR5/DM4). Во-вторых, НСЗ необходимо будет сотрудничать с профессиональными, законодательными и регулирующими органами, учреждениями высшего образования, педагогами и практиками, чтобы определить знания, навыки, профессиональные качества и модели поведения, необходимые выпускникам медицинских учреждений, чтобы они могли в полной мере реализовать потенциал все более цифрового медицинского обслуживания. Это потребует пересмотра гибкой и дальновидной учебной программы для студентов-медиков, чтобы подготовить выпускников к работе в будущей НСЗ. Предоставление дополнительных мест в аспирантуре по программам медицины для выпускников бакалавриата с соответствующими навыками, например, в области компьютерных наук или инженерии, и в равной степени предоставление возможности стать бакалавром для студентов-медиков, изучающих инженерию и информатику, поможет развитию междисциплинарных навыков.

NICE (Национальный институт здравоохранения и совершенства медицинской помощи) разработал первоначальную версию системы правил представления доказательств для технологий цифрового здравоохранения, работая в тесном сотрудничестве с NHS England (см. сноску 22), NHS Digital (Центр информации по здравоохранению и социальному обеспечению), Public Health England (исполнительный орган Министерства здравоохранения и социального обеспечения), MedCity⁷⁶ и другими заинтересованными сторонами. Эта система доказательств была разработана, чтобы информировать разработчиков и оценщиков технологий о том, какие виды доказательств следует предвидеть, принимая во внимание функции и предполагаемое использование продукта и его общее экономическое влияние. Эта система должна быть включена в учебные планы для программ клинической подготовки.

Работа Агентства по контролю оборота лекарственных средств и медицинских товаров (MHRA) в части регулирования цифровых технологий становится все более сложной. Его сотрудники должны обладать соответствующим знаниям, навыкам и возможностям поиска информации из различных источников, чтобы оно могло продолжать обеспечивать соответствующее нормативное регулирование. Работая с регулирующими органами, такими как MHRA, HC3, следовательно, должна готовить и вести курсы для увеличения числа специалистов по регулированию и оценке цифровых технологий (DM5).

Наконец, программы исследований, разработок и внедрения будут необходимы для разработки и развертывания прорывных цифровых технологий в масштабе всей HC3. Ключевым приоритетом должно стать увеличение потока исследовательских талантов в HC3 из соответствующих дисциплин. Организации HC3 должны более тесно сотрудничать с существующими академическими центрами передового опыта, в том числе с докторантурами Совета по инженерным и физическим научным исследований (EPSRC), а также с центрами междисциплинарных исследований (IRC) EPSRC, центрами кибербезопасности EPSRC и Институтом Алана Тьюринга⁷⁷.

“С более чем 1,2 млн. сотрудников в Англии, HC3 является одним из крупнейших работодателей в мире. Крайне важно, чтобы мы предоставили сотрудникам и пациентам HC3 возможность использовать новейшие цифровые технологии, включая нанодатчики и носимые устройства, для ранней диагностики и мониторинга заболеваний”.

Профессор Рэйчел МакКендри⁷⁸ (Rachel McKendry)

⁷⁶ Организация, созданная в 2014 г., со штаб-квартирой в Лондоне, которая является связующим звеном между учебными заведениями в биологических науках, задачей которой является стимулирование экономического роста на юго-востоке Англии.

⁷⁷ Научно-исследовательский институт Алана Тьюринга обработки и анализа данных, названный в честь знаменитого английского математика и криптографа, основанный в 2015 г.

⁷⁸ Профессор химии в Университетском колледже Лондона, зачинательница цифровой медицины в Англии.

5.4. Рекомендации

Экспертная группа по цифровой медицине рекомендует:

Гражданин и пациент

- Интернет-контент⁷⁹ НСЗ должен быть жизненно важным и надежным источником медицинской информации и иметь надлежащие ресурсы. (DM1)
- НСЗ должна расширить программы исследований и разработок, тесно сотрудничая с пациентами для совместного создания цифровых технологий и обеспечения того, чтобы новые технологии отвечали их потребностям. (CD2)

Медицинские работники

- Организации НСЗ должны инвестировать в существующие медицинские кадры для развития специальных цифровых навыков, включая оценку и внедрение цифровых технологий, через Цифровую академию, непрерывное профессиональное развитие (CPD), творческие отпуска и командировки. (DM3)

Система здравоохранения

Новые роли

- НСЗ должна создать или увеличить количество должностей лечащих врачей, научных сотрудников, технологов и специалистов в области знаний с выделенным, аккредитованным временем, с возможностью работать в партнерстве с академическими кругами и/или с сектором медицинских технологий для разработки, внедрения и использования цифрового ИИ и робототехники. (AIR5/DM4)

Регулирование и промышленность

- НСЗ, работая с регулирующими органами, должна разработать и организовать курсы обучения для увеличения числа специалистов по оценке и регулированию цифровых технологий. (DM5)

Персона: Том медбрат

Том в 2009 г. в возрасте 13 лет

Мама Тома - медсестра, и он хотел бы пойти по ее стопам. Он интересуется математикой и наукой, но беспокоится о том, что его оценочные баллы будут означать, что он не сможет продолжать и продвигаться по службе здравоохранения. Однако он поразил своих учителей и сверстников своей командной работой, лидерством и знаниями в школьных технологических проектах. Хобби Тома включают научно-фантастические фильмы и видеоигры.

Том в 2019 г. в возрасте 23 года

Том окончил школу в 18 лет. У него было несколько других рабочих мест, после чего он увлекся медициной и попытался сделать карьеру в уходе за больными. Шесть месяцев назад он присоединился к НСЗ в качестве стажера медсестры, получив квалификацию уровня 6.

Тому нравится работа респираторной медсестры⁸⁰ и интересуется тем, как цифровые технологии здравоохранения могут улучшить рабочий процесс и поддержать пациентов. Он был рад, что его приняли на обучение в одном из подразделений НСЗ по обучению цифровым технологиям и в качестве наставника пригласили ведущую медсестру, хорошо знакомую с цифровыми технологиями.

⁷⁹ Все, что присутствует на сайте: текстовое содержание, изображения, аудио, видео и прочие файлы любых расширений.

⁸⁰ Медсестра, оказывающая респираторную поддержку в виде искусственной и вспомогательной вентиляции легких в анестезиологии и интенсивной терапии.

Том воодушевлен обсуждениями будущей карьеры медбрата, поддерживаемой новыми образовательными курсами и учебными ресурсами, которые помогают развивать навыки работы с медицинскими данными и технологиями в разных областях здравоохранения. Он записался на новые курсы по геномике и анализу и обработке данных.

Том в 2029 г. в возрасте 33 года

Том будет работать в первичной медико-санитарной помощи. Он будет назначен консультантом по общественному респираторному уходу и является партнером в общественном медицинском центре, и использовал возможности, которые он никогда не считал реальными после окончания школы.

Том будет проводить специальные тренинги с недавно диагностированными пациентами с астмой или ХОБЛ (хроническим обструктивным заболеванием легких) о том, как умные ингаляторы, приложения и мобильные устройства могут помочь им контролировать и оптимизировать свое здоровье. Он вместе с ними будет разрабатывать индивидуальные планы лечения, которые включают геномные данные, индивидуальную физиологию и желаемые клинические результаты пациента.

Многопрофильная команда Тома будет получать предупреждения пациентов об ухудшении клинического состояния и соблюдении режима приема лекарств через безопасную платформу удаленных консультаций с расширенными возможностями ИИ. Команда оперативно распределяет пациентов, заставляет их вести здоровый образ жизни и, при необходимости, рекомендует новые планы лечения.

Каждый месяц Том участвует в двухчасовом “хакатоне”⁸¹, когда различные сотрудники собираются вместе, чтобы совместно разрабатывать и совместно реализовывать технологические решения локальных проблем, влияющих на уход за пациентами и потребность в обслуживании.

“Точно так же, как микроскоп оказался бесценным инструментом в медицине и биологии, когда он был разработан, и люди узнали, как его использовать, так и ИИ окажется неоценимым инструментом по мере его разработки, и люди научатся его использовать. Это многофункциональный инструмент, который может трансформировать здравоохранение. Но для того, чтобы это произошло, заинтересованные стороны в области здравоохранения (от пациентов до лечащих врачей и лиц, определяющих политику) должны в достаточной степени узнать об ИИ и его возможностях, чтобы иметь возможность использовать и планировать эту новую технологию в своих собственных интересах”.

Профессор Михаела ван дер Шаар⁸² (Mihaela van der Schaar)

⁸¹ Хакатон – форум для разработчиков, во время которого специалисты из разных областей разработки программного обеспечения сообща решают какую-либо программу на время (от одного дня до недели).

⁸² Профессор машинного обучения, искусственного интеллекта и медицины в Оксфордском университете и член научного общества в научно-исследовательском институте Алана Тьюринга.

6. Искусственный интеллект и робототехника

В недавней публикации о состоянии дел в стране Академической сети медико-санитарных дисциплин⁸³ (AHNSN) выделены два из пяти важнейших факторов, способствующих ИИ в НСЗ, - *привлечение и образование* работников здравоохранения [115].

Ключевым фактором, определяющим, будет ли НСЗ успешно использовать ИИ и робототехнику для преобразования здравоохранения, является способность медицинских кадров использовать и реализовать потенциал ИИ и робототехники.

НСЗ должна стремиться к подготовке медицинских кадров, способных и желающих превратить ее в мирового лидера в области ИИ и робототехники в здравоохранении. Для этого необходимо создать новые возможности для привлечения и удержания людей с необходимыми техническими навыками. Также потребуются значительные изменения в ролях и обязанностях нынешнего и будущего персонала НСЗ.

6.1. Потенциал ИИ и робототехники в здравоохранении

Для здравоохранения требуются большие объемы данных, включающие не только огромные объемы разрозненных и сложных источников данных, но и сложные классификации и значения. Достижения в области математики, вычислительной мощности, облачных вычислений и создании алгоритмов ускорили разработку методов, которые можно использовать для анализа, интерпретации и прогнозирования с использованием этих источников данных. ИИ включает в себя множество технологий, включая, но не ограничиваясь, анализ и обнаружение закономерностей в данных.

ИИ обладает потенциалом трансформировать оказание медицинской помощи в НСЗ, от оптимизации процессов документооборота до повышения точности диагностики и персонализации лечения, а также помогая персоналу работать более эффективно и действенно [116]. С современным ИИ сочетание человеческого и искусственного интеллекта может быть развернуто через границы дисциплин для создания большого коллективного разума.

Робототехника охватывает проектирование, конструирование, эксплуатацию и применение интеллектуальных машин, и она применяется в медицине более 30 лет. Роботизированная хирургия в настоящее время становится все более распространенной в ортопедических, лапароскопических⁸⁴ и нейрохирургических процедурах. Миниатюризация электроники для создания более мелких и интеллектуальных компонентов (источники питания с высокой плотностью зарядки, высокопроизводительные микрокомпьютеры, датчики и исполнительные механизмы) расширяет область применения робототехники для здравоохранения.

В настоящее время большинство роботов в здравоохранении работают со встроенным ИИ относительно низкого уровня. Со временем это изменится, и роботы станут “аппаратными средствами”, в которые будут встроены, например, алгоритмы машинного обучения для выполнения ручных или когнитивных задач.

⁸³ Основанная на членстве некоммерческая организация в системе НСЗ, созданная в мае 2013 г.

⁸⁴ Лапароскопия – современный метод хирургии, в котором операции на внутренних органах проводятся через небольшие (обычно 0,5 – 1,5 см) отверстия. Она обычно применяется на органах внутри брюшной или тазовой полостей.

Поскольку машины все чаще принимают решения, возникают этические, правовые и социальные вопросы, требующие решения.

Преимуществом систематического внедрения ИИ и робототехники в НСЗ будет автоматизация решения задач, рассматриваемых как повседневные или повторяющиеся, которые не требуют большой познавательной способности человека. Кроме того, ИИ или робототехника могут автоматизировать задачи, которые выходят за рамки аналитических или физических возможностей человека. Оба эти применения ИИ дадут возможность медицинскому персоналу сосредоточиться на задачах, которые считаются “исключительно человеческими”, в особенности взаимодействие и забота о человеке человеком.

6.2. Внедрение инфраструктуры для ИИ и робототехники

Существуют значительные препятствия для развертывания ИИ и робототехники в рамках НСЗ, и это не в последнюю очередь качество данных НСЗ, управление информацией и недостаток опыта в области ИИ и робототехники.

Для продвижения управляемых данными и автономных технологий необходимо следующее:

- оцифровка и интеграция записей о состоянии здоровья и уходе;
- подготовка обязательных “кодекса поведения” (основной набор этических принципов и обязательств) для тех, кто разрабатывает и внедряет управляемые данными технологии здравоохранения и ухода в НСЗ;
- руководство по “доказательству эффективности”, которое будет помогать регулирующим органам, уполномоченным, поставщикам, менеджерам и лечащим врачам в НСЗ оценивать, регулировать, закупать и использовать технологии, основанные на данных.

Существует также необходимость в специальном обучении медицинского персонала в трех ключевых областях:

- знания и навыки в области происхождения данных, курирования и управления;
- знание и понимание этических соображений при использовании управляемых данными и роботизированных технологий для здравоохранения;
- критическая оценка цифровых технологий здравоохранения - понимание того, как эти технологии работают, включая статистические данные, лежащие в основе машинного обучения и его результатов, а также потенциальные отклонения.

Эти знания и навыки необходимы для всего медицинского персонала НСЗ. Непрерывное профессиональное развитие на протяжении всей карьеры каждого человека имеет важное значение для укрепления и обновления обучения, дополняемого более глубокими погружениями в подготовку специалистов, где это необходимо.

6.3. Гражданин и пациент

В ближайшие пять-десять лет вероятно, что общественность будет ожидать, что НСЗ будет все больше использовать технологии ИИ и робототехники в здравоохранении. Пациенты должны с самого начала участвовать в разработке и внедрении программного обеспечения ИИ для здравоохранения, обеспечивая, чтобы их потребности и предпочтения были отражены в процессе кодирования (AIR1). Полностью интегрированная, оцифрованная и дистанционно доступная карта

состояния больного также должна появиться в течение следующего десятилетия. Это обеспечит платформу для интеграции технологий на основе ИИ, предоставляя удобную для пользователя информацию в реальном времени о личных данных о здоровье и предоставляя пациентам возможность управлять собственным здоровьем или обращаться за соответствующей медицинской поддержкой.

Некоторые пациенты уже используют технологии искусственного интеллекта через свой смартфон для мониторинга и управления состоянием своего здоровья. Технологии виртуального собеседника на базе ИИ, использующие NLP, предоставляют адаптированные для пациента и лечащего врача интерфейсы для мониторинга состояния здоровья человека [60]. Технологии ИИ также позволяют пациентам самостоятельно контролировать состояние здоровья, имеющие прямые или переводимые визуальные признаки [71]. Лечащие врачи и пациенты выиграют от более умного распределения, что уменьшит объем клинической нагрузки и высвободит время для пациентов с самой большими и неотложными потребностями.

Реабилитационные⁸⁵ и носимые роботы, в том числе протезы, экзоскелеты (см. сноску 42) и интерфейсы мозг-машина (см. сноску 43), развернутые в больницах и населенном пункте, обеспечат расширенные функциональные возможности для пациентов с ограниченными физическими возможностями. По мере увеличения числа технологий ИИ и робототехники существует риск, что выбор и темпы изменений ошеломят пациентов и врачей. Для этого потребуется, чтобы НСЗ предоставляла доступ к системам, которые могли бы быть рекомендательными системами на основе ИИ, чтобы помочь персоналу и пациентам определить, какие технологии использовать для наилучшего удовлетворения их конкретных потребностей.

Преимущество для пациента должно оставаться главным критерием для проектирования ИИ и робототехники, а также для того, чтобы медицинский персонал был уверена в своих решениях о том, когда и как взаимодействие между людьми должно иметь приоритет над взаимодействием между ИИ и человеком.

6.4. Работники здравоохранения

ИИ и робототехнические средства будут оказывать поддержку лечащим врачам в предоставлении более безопасного, высококачественного ухода. Системы раннего предупреждения с поддержкой в виде машинного обучения, которые оповещают лечащих врачей о повышенном риске пациента в больнице лучше, чем существующие оценки риска [85]. Технологии глубокого обучения, предназначенные для автоматизированной интерпретации изображений, уже доказали на экспертном уровне конкурентоспособность при анализе медицинских снимков. Радиология, патология и офтальмология часто упоминаются как дисциплины, на которые эти инструменты ИИ, скорее всего, будут оказывать влияние, ввиду доступности оцифрованных данных и стандартов взаимодействия в этих дисциплинах. Распространение цифровых технологий, поддерживаемое соответствующей инфраструктурой, приведет к изменению клинической диагностики на основе ИИ, и это пойдет на пользу всем специальностям в здравоохранении.

⁸⁵ Реабилитационные роботы предназначены для решения следующих задач: восстановление функций утраченных конечностей (протезирование); жизнеобеспечение пациентов, не способных перемещаться самостоятельно.

Технологии ИИ и автоматизация также могут помочь НСЗ справиться с растущими требованиями к персоналу. Одним из инновационных применений ИИ будет автоматизация административных процессов. В настоящее время от 15 до 70 % рабочего времени лечащего врача тратится на выполнение административных задач [118]. Хорошо продуманный ИИ может снизить административную нагрузку, предоставляя лечащим врачам больше времени для взаимодействия с пациентом и клиницистом, подчеркивая положительное влияние технологий ИИ.

Для того, чтобы лечащие врачи могли в полной мере воспользоваться технологиями ИИ и робототехники, необходимо выполнить четыре условия: время и готовность принять новую технологию; понимание технологии; хорошо разработанная технология, отвечающая потребностям пользователя; и поддержка на рабочем месте, чтобы максимально использовать потенциал технологии. Лечащие врачи и научные сотрудники в области здравоохранения, которые увлечены прогрессом в освоении цифровых технологий здравоохранения и заинтересованы в развитии интереса специалистов, должны быть оценены и поддержаны для этого. Этим лечащим врачам и научным сотрудникам здравоохранения следует предоставить гибкие возможности непрерывного обучения и карьерного роста.

Существует необходимость в разработке образовательных ресурсов для обучения и подготовки медицинских работников по следующим темам: происхождение данных о состоянии здоровья населения, их обработка, интеграция и управление; этическая сторона ИИ и автономных систем/инструментов; и критическая оценка, и статистическая интерпретация ИИ и робототехники (AIR2). Совместные учебные программы, включающие компоненты информатики, робототехники и инженерии, должны быть доступны для студентов-медиков как на уровне бакалавриата, так и на уровне магистратуры. Эти курсы могут быть разработаны в сотрудничестве с университетскими факультетами информатики и инженерии и размещены в Интернете. Следует также разработать новые схемы профессионального обучения и магистратуры, относящиеся к анализу и обработке данных, ИИ и робототехнике в здравоохранении [119].

Другим медицинским работникам, таким как протезисты, ортопеды, физиотерапевты и специалисты по трудотерапии, потребуется специальная подготовка по индивидуальному планированию лечения и реабилитации. НСЗ потребуется привлекать, нанимать, интегрировать и развивать людей с основной базой знаний в STEM (точных науках – науки, технологии, инжиниринг и математика) и навыками в области робототехники, например, в области инжиниринга.

6.5. Система здравоохранения

Набор и подготовка большего количества специалистов в области информатики, анализа и обработки данных, обладающих инженерным и другим соответствующим опытом, имеет решающее значение для сокращения "разрыва" в навыках ИИ и робототехники в НСЗ. В условиях нынешнего бума в области ИИ и анализа, и обработки данных выпускники с опытом работы в этих областях пользуются большим спросом среди работодателей; поэтому НСЗ должна быть конкурентоспособной в наборе талантливых специалистов. Она должна изучить инновационные варианты для привлечения технических талантов мирового уровня для разработки ИИ и решений машинного обучения для решения некоторых из наиболее острых клинических и операционных задач. Должна быть возможность использовать глобальную репутацию НСЗ и интегрированные наборы данных для привлечения квалифицированных экспертов из мирового сообщества специалистов по анализу и обработке данных (AIR3). Благодаря открытию анонимных,

хорошо отлаженных и этически управляемых платформ данных, НСЗ может предложить проведение конкурсов по машинному обучению в качестве предшествующего этапа клинического тестирования и внедрения.

Чтобы нанимать и удерживать сотрудников со знаниями в области ИИ, НСЗ может также сделать себя предпочтительным работодателем, предлагая гибкие рабочие места и четкие пути карьерного роста. Специалисты по ИИ, работающие в НСЗ, должны рассматриваться как ценные члены эрудированных клинических или клинически значимых команд, в которых совместное обучение может помочь им найти решения клинических и эргономических⁸⁶ проблем. Могут быть созданы долгосрочные должностные обязанности, представители которых будут разделять время работы между НСЗ и отраслью/или научным сообществом, помогая привлекать технические таланты для решения проблем здравоохранения, при этом люди приносят инновационные технические знания и навыки в НСЗ на протяжении всей своей карьеры. Привлечение нужных талантов через национальную программу “Сети отраслевого обмена” пойдет на пользу НСЗ (AIR4).

НСЗ должна увеличить общее количество лечащих врачей, а также должностей научных специалистов, технологов и работников со специальными знаниями с выделенным, определенным временем для обновления своих навыков и возможностью работать в партнерстве с академическими кругами и/или специалистами в области медицинских технологий, по разработке, внедрению и использованию цифровых технологий, технологий ИИ и робототехники (AIR5/DM4).

Планирование и комплектование персоналом местных служб будут различаться, и следует сохранить автономию, чтобы максимально эффективно использовать численность и талант персонала в конкретном регионе. ИИ также может использоваться для мониторинга и прогнозирования тенденций в области общественного здравоохранения, анализа данных в режиме реального времени и выявления инициатив, оказывающих положительное и отрицательное воздействие на здоровье населения. Для разработки эффективных стратегий профилактики и прогнозирования потребуются врачи общественного здравоохранения и эпидемиологи с более высоким уровнем подготовки в области анализа и обработки данных.

Для поддержки местных инициатив навыки в поиске информации из разных источников и развитие кадровых ресурсов должны быть стратегически связаны с пониманием того, как данные и технологии здравоохранения наилучшим образом используются для поддержки и улучшения методов работы.

“Искусственный интеллект - это инструмент, и, как и в случае любого другого инструмента здравоохранения, специалисты НСЗ должны быть обучены тому, как использовать его надлежащим образом и с уверенностью. Основы ИИ и машинного обучения базируются на курировании цифровой информации, статистике и вероятности, и именно эти области должны освоить нынешние сотрудники НСЗ, чтобы воспользоваться инструментами завтрашнего дня“.

Доктор Хью Харви⁸⁷ (Hugh Harvey)

⁸⁶ Эргономика – научная дисциплина, занимающаяся изучением взаимодействия между людьми и другими элементами систем, и профессия, которая использует теорию, законы, данные и методы конструирования в целях обеспечения здоровья человека и оптимизации общего функционирования системы.

⁸⁷ Радиолог в Институте исследований рака, ведущем в Европе, работающий в области клинического ИИ.

6.6. Рекомендации

Экспертная группа по ИИ и робототехнике рекомендует:

Гражданин и пациент

- НСЗ должна гарантировать, что пациенты с самого начала будут участвовать в разработке и внедрении программного обеспечения для ИИ в здравоохранении, а их потребности и предпочтения отражаются в процессе совместного проектирования. (AIR1)

Медицинские работники

- Необходимо разработать образовательные материалы для обучения и подготовки всех медицинских работников по следующим темам: происхождение, курирование, интеграция и управление медицинскими данными; этика ИИ и автономных систем/инструментов; критическая оценка и интерпретация ИИ и робототехники. (AIR2)

Система здравоохранения

- НСЗ должна использовать свою глобальную репутацию и интегрированные наборы данных для привлечения квалифицированных экспертов из мирового сообщества специалистов по анализу и обработке данных. (AIR3)

- Учитывая дефицит в стране и конкуренцию за специалистов в области ИИ, должна существовать национальная программа “Сети отраслевого обмена”, которая принесет пользу НСЗ. (AIR4)

Персона: врач скорой помощи Селма

Селма в 2009 г. в возрасте 38 лет

Селма - выпускник факультета психологии, 10 лет проработала в различных медицинских благотворительных организациях, прежде чем решила продолжить новую карьеру. Она по-прежнему очень заинтересована в работе в области здравоохранения.

После завершения двухлетнего профессионального курса 3-го уровня она получила диплом парамедицинских наук⁸⁸ и недавно получила квалификацию парамедика.

Обучение Селмы отличалось тем, что было очень мало информации о том, как парамедики могут извлечь выгоду из развития технологий на протяжении всей своей карьеры.

Селма в 2019 г. в возрасте 48 лет

Селма, старший парамедик, является руководителем группы в большом городе. Она часто разочарована отсутствием информации о пациентах, доступной на месте чрезвычайной ситуации. Кроме того, она хотела бы иметь возможность предоставлять отделения реанимации и интенсивной терапии (A&E) более точную информацию в реальном времени о пациентах, которых она лечит, до их прибытия в отделение A & E, чтобы упростить процесс передачи больного и лечения.

Селма полна решимости расширить свои знания и навыки для применения технологий здравоохранения на работе. Она исследовала, как инструменты цифрового здравоохранения могут улучшить здравоохранение, но ей еще пред-

⁸⁸ Парамедицина – термин, заимствованный из андийского языка; раздел медицины, изучающий методы экстренной врачебной или доврачебной медицинской помощи на до госпитального этапе. Парамедик – специалист с медицинским образованием, работающий в службе скорой медицинской помощи

стоит увидеть значительные изменения или инвестиции в технологии, которые улучшают ее трудовую жизнь. Селма участвовал во всестороннем консультационном процессе НСЗ, целью которого было собрать мнения медицинского персонала об их компетенции и проблемах при внедрении технологий.

Селма в 2029 г. в возрасте 58 лет

Селма видела, как ее работа преобразуется под воздействием цифровых технологий. Ее перевозят в автономной машине скорой помощи, которая обеспечивает наиболее эффективный путь к месту чрезвычайной ситуации, что сокращает время реагирования. Получив информацию о пациенте, Селма получает немедленный доступ к встроеной электронной карте пациента, которая проецируется на цифровой дисплей, предоставляя информацию об истории болезни, аллергиях и профиле фармакогеномики (см. сноску 69).

Умные часы (см. сноску 50) и смартфон Селмы, оснащенные мобильными показателями жизнедеятельности и считывателем ЭКГ, а также ультразвуковым сканером с расширенным ИИ, облегчают мониторинг и диагностику в реальном времени. Все собранные данные немедленно передаются в больничную группу, которая с помощью алгоритмов машинного обучения, обеспечивающих поддержку принятия решений, может проконсультировать, спланировать и подготовить любое дополнительное лечение до прибытия пациента.

Селма регулярно получает обновленную информацию об образовании и тренингах по инновациям в клинической практике, размещаемую в центрах клинических навыков, которые моделируют, как технологии и данные о здоровье могут наилучшим образом использоваться для улучшения ухода за пациентами.

7.0. Экономика здравоохранения, производительность и выигранное время

Технологические решения, успешно применяемые во многих секторах промышленности и торговли, сталкиваются с трудностями, с которыми сталкиваются сотрудники НСЗ. Тем не менее, роль технологии как движущей силы производительности является предметом многочисленных споров.

“Технологические инновации были критически важны для ускорения роста производительности в прошлом, но сегодня существуют разногласия по поводу влияния современных технологических инноваций на экономику” [120].

Развитие робототехники и систем ИИ, как подчеркивалось в предыдущей главе, позволяет автоматизировать действия, которые раньше могли выполнять только люди, и помогает работникам выполнять задачи, которые не могут быть полностью автоматизированы. Эти системы используются в экономике Великобритании для автоматизации как физической, так и научной работы. Они могут сократить расходы и повысить производительность, принося экономические выгоды.

Взяв за основу некоторые из технологий цифрового здравоохранения, описанных в главе 3, в настоящем Отчете была сделана попытка извлечь из них некоторые высокоуровневые сообщения и выделить уроки, которые можно извлечь. Все выбранные образцы технологий могут быть реализованы на должном уровне.

“Темпы внедрения будут зависеть от таких факторов, как характер самой технологии, расходы на персонал, включая обучение, необходимые начальные инвестиции, общественное восприятие и регулирование” [121].

7.1. Воздействие на пациентов

Будет широкий спектр воздействий в зависимости от внедренных технологий. Многие новые приложения позволяют осуществлять самоконтроль и самоуправляемость, чтобы снизить изменяемые риски текущей или возможной будущей болезни (см. Главу 5). Скоро оценки полигенного риска (см. сноску 30) будут использоваться для прогнозирования будущего риска распространенных патологических состояний (см. Главу 4), таких как ишемическая болезнь сердца, диабет 2 типа, рак молочной железы, рак простаты и воспалительные заболевания кишечника. Эти знания будут побуждать некоторых людей с высоким риском вести образ жизни, снижающий риск, регулярно проходить скрининг и принимать профилактические препараты, такие как статины (см. сноску 60), где это уместно. С другими цифровыми технологиями здравоохранения воздействие на пациентов будет сопровождаться улучшенным лечением. Например, машинное обучение, применяемое к анализу медицинских снимков (см. Главу 6), потенциально может улучшить ход после инсульта за счет более точного анализа компьютерной томографии (КТ) и магнитной резонансной томографии (МРТ). В результате пациенты, вероятно, будут проводить больше времени с лучшим состоянием здоровья.

Способность цифровых технологий упростить доступ к услугам и уменьшить количество ненужных посещений пациентов в больницах или операций врачами общей практики невозможно переоценить. Предполагается, что отказ от только одного амбулаторного приема в больнице позволит сэкономить пациенту в среднем 36 фунтов стерлингов во времени и путевые расходы, в то время как аналогичные показатели для первичной медицинской помощи составляют в среднем 17 фунтов стерлингов на пациента [122], меньше всего в состоянии их себе позволить. Бремя этих расходов непропорционально несут те, кто в наименьшей степени способны их себе позволить.

7.2. Воздействие на медицинский персонал и систему здравоохранения

Технологии можно разделить на те, которые увеличивают существующую медицинскую помощь, и те, которые могут трансформировать медицинскую помощь. В первом случае технология позволяет медицинским работникам оказывать более качественное медицинское обслуживание, например, путем улучшенного распределения по категориям или персонализации медицинского обслуживания. С последним, уход преобразуется в результате удовлетворения или устранения потребности, которой ранее не могли управлять.

Рост числа дополнительных специальностей и новых групп медицинских кадров, например, высококвалифицированных специалистов по инвазивным процедурам в специализированных центрах по удалению тромбов после инсульта, также уменьшает потребность в более традиционных навыках. Эта тенденция, вероятно, сохранится, и внедрение цифровых технологий, направленных на более раннее выявление и ведение состояний, также сместит уход с вторичной помощи на первичную.

Более широкое воздействие на систему здравоохранения и социальной помощи можно обобщить следующим образом: сдвиги в балансе помощи; централизация узкоспециализированных задач (как было показано при инсульте и неотложной помощи) и децентрализация менее специализированных задач; и долгосрочные изменения в структуре потребностей и, следовательно, услуг.

7.3. Потенциальное влияние цифровых технологий здравоохранения на производительность труда

Цифры в приведенных ниже примерах являются оценками высокого уровня, основанными на гипотетических сценариях, чтобы проиллюстрировать потенциальный масштаб воздействия технологий цифрового здравоохранения на подмножество услуг НСЗ, при условии, что соответствующая технология вполне развивается и применяется во всей НСЗ в Англии. Принимая во внимание неопределенный характер и сроки технологических разработок, а также проблему прогнозирования их воздействия на 10–20 лет на основе сегодняшних ограниченных имеющихся данных, подчеркивается, что приведенные ниже цифры представляют собой не более чем аппроксимации первого порядка - они были получены как сочетание результатов тематического исследования с мнением экспертов, опубликованными доказательствами и общедоступными данными. Тем не менее, они дают нам представление о том, как может выглядеть будущее в предстоящем десятилетии, и демонстрируют потенциал, которым обладают цифровые технологии здравоохранения, чтобы отдавать время профессионалам здравоохранения.

7.3.1. Телемедицина (Пример 1 на Рис. 1 - Глава 3):

Университетские клиники Брайтона и Хейвордс-Хит (в восточном Суссексе) доверяет виртуальным клиникам переломов

Было доказано, что виртуальные клиники переломов, как описано в главе 3, эффективны, улучшают некоторые ключевые параметры клинической эффективности и потенциально обеспечивают существенную экономию средств для местных групп уполномоченных за прием заказов на посещение клиники (ССГ) (см. сноску 52) [123]. Если бы эти группы были организованы на национальном уровне, они могли бы потенциально обеспечить очень большую экономию для НСЗ.

Ежегодно проводится около 7,6 млн. амбулаторных посещений в травматологических и ортопедических отделениях приемов [124].

По крайней мере, 50% посещений для лечения переломов могут проводиться в виртуальных клиниках [93,125].

Виртуальные клиники (см. сноску 51) для лечения переломов уменьшают общее количество необходимых посещений на 15%.

Если увеличить эту практику, это будет означать экономию времени, приблизительно 570000 амбулаторных приемов за 15 минут

Ежегодно эквивалентно приблизительно 142000 часов амбулаторного лечения 80 медицинских работников освобождается для оказания медицинской помощи.

7.3.2. Приложения для смартфонов (пример 2 на рисунке 1 - глава 3): приложение myCOPD

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) является распространенным хроническим респираторным заболеванием и одной из пяти основных причин смерти в Великобритании. myCOPD - это приложение, которое объединяет обучение, систему отчетности по симптомам и легочную реабилитацию для улучшения самопомощи больным ХОБЛ. Пациенты, которые используют приложение, управляют своим состоянием более эффективно и имеют меньше незапланированных госпитализаций [127].

835000 жителям в одной только Англии в настоящее время поставлен диагноз ХОБЛ [128].

В течение года по причине ХОБЛ проводится 115000 неотложных госпитализаций и тратится 880000 больничных койко-часов [128].

Пользователи приложения *myCOPD* увидели, что уровень неотложных госпитализаций сократился примерно на 19% [127].

Не все пациенты с ХОБЛ смогут или захотят использовать приложение, например, те, у кого ХОБЛ в тяжелой форме или те, кто пользуются дополнительно кислородной терапией⁸⁹.

Если бы 50% пациентов с ХОБЛ использовали *myCOPD* или эквивалентное приложение, снижение частоты госпитализаций при острых обострениях было бы равно минимальной приблизительной годовой экономии в размере 84000 больничных койко-часов и у 150 медицинских сестер освободилось время для клинического ухода.

7.3.3. Приложения для смартфонов (пример 2 на рис. 1 - глава 3): приложение GDM-Health

Мониторинг традиционного гестационного сахарного диабета во время беременности (GDM) включает использование бумажного дневника и посещение больничной клиники один раз в 2 недели. Приложение *GDM-Health* облегчает самоконтроль и отслеживание прогрессирования диабета специалистами-акушерками в дистанционном режиме. Приложение обеспечивает безопасную связь между беременными женщинами и их медицинским персоналом и потенциально снижает потребность в посещениях клиник с такой же частотой. Показано, что женщины, использующие это приложение, улучшают контроль уровня глюкозы в крови и реже посещают клиники [129, 130].

В Великобритании порядка 80000 беременных женщин страдают от GDM. У пользовательниц приложения *GDM-Health* в течение беременности требуется на 2 посещения меньше визитов в клинику [131].

В масштабе года — это эквивалентно 160000 амбулаторных приемов и 40000 часов пребывания в клинике и у 20 специалистов-диабетологов освобождается время для клинического ухода.

7.3.4. Дистанционный мониторинг (Пример 3 на рис. 1 - Глава 3): Airedale and Partners⁹⁰ оказывает медицинскую помощь в лучших домах для престарелых

Airedale Digital Hub (Центр цифровой медицины в г. Эйрдэйл, графство Западный Йоркшир) проводит телеконсультации обитателей домов престарелых с участием опытных врачей 24 часа в сутки, семь дней в неделю. Центр оценивает и сортирует все запросы на получение клинических консультаций и консультаций, включая визиты к врачу общей практики, и направляет пациента для оказания наиболее подходящей помощи. Данные за 2017 г. показывают, что 90%

⁸⁹ У некоторых людей с ХОБЛ имеется низкий уровень кислорода в крови в состоянии покоя или двигательной активности. Такие пациенты могут носить с собой источник кислорода (кислород в небольших баллонах, переносные системы жидкого кислорода или концентраторы кислорода с батарейным питанием).

⁹⁰ Общественный фонд НСЗ – новая модель медицинского ухода в домах для престарелых и в жилых домах с использованием средств телемедицины в Западном Йоркшире и Восточном Ланкашире.

консультаций привели к тому, что пациенты оставались в домах престарелых, приблизительно на 38% сократилось количество обращений к врачам общей практики, а количество поездок машин скорой помощи снизилось до 40% [132].

В Великобритании ежегодно 295000 обитателей домов для престарелых пользуются услугами отделений травматологии и неотложной помощи, 268000 пациентов перевозятся в машинах скорой помощи и проводится 250000 госпитализаций [133, 134], со средней продолжительностью пребывания в больнице 17 дней [135].

Дистанционный мониторинг, осуществляемый при поддержке Центра цифровой медицины, позволяет снизить на 40% перевозок в машинах скорой помощи, обращений в отделения травматологии и неотложной помощи, и госпитализаций. В масштабе года - это эквивалентно 107000 перевозок в машинах скорой помощи, 1740000 больничных койко-дней, 118000 обращений в отделениях травматологии и неотложной помощи, 102000 случаев госпитализации и у 3164 медсестер освобождается время для ухода за пациентами.

В масштабе года на 218000 часов сократилось время на консультации в связи с обращениями в отделения травматологии и неотложной помощи, у 124 врачей высвободилось время для клинического ухода, на 53000 часов уменьшились поездки машин скорой помощи, у 30 парамедиков высвободилось время для клинического ухода.

Это следует сопоставить с количеством центров цифровой медицины, которые должны быть созданы на национальном уровне, и количеством персонала, необходимого для работы этих центров 24 часа в сутки, семь дней в неделю.

7.3.5. Распознавание речи (пример 5 на рис. 1 - глава 3): Больница скорой медицинской помощи South Tees общественного фонда НСЗ⁹¹

Больница скорой медицинской помощи South Tees общественного фонда НСЗ внедрила клиническое распознавание речи как способ справиться с растущим объемом клинической документации в результате увеличения числа пациентов. Технология улучшила простоту и скорость заполнения клинической документации, а также качество документации. По сравнению с почерком, печатанием текста или традиционной диктовкой, была найдена технология, позволяющая сэкономить 3 минуты на пациента и высвободить жизненно необходимое время для наблюдения и лечения пациентов врачами отделений травматологии и неотложной помощи [136].

Ежегодно происходит 24 млн. обращений в отделения травматологии и неотложной помощи [137], 63 млн. амбулаторных приемов [138] и 340 млн. консультаций врачей общей практики. За счет внедрения технологии, по осторожной оценке, в среднем экономится 1 мин на консультацию пациента.

В масштабе года – это эквивалентно 4000000 часов на консультации по вопросам травматологии и неотложной помощи, 1 млн. часов клинического времени амбулаторного пациента, 5,7 млн. часов консультаций врачей общей практики, высвобождается время у 230 врачей в отделениях травматологии и неотложной помощи для клинического ухода, у 600 больничных врачей и у 3200 врачей общей практики.

⁹¹ Больница, обслуживающая жителей городов Мидлсбро и Норталлертон на северо-востоке Англии, на южном берегу реки Тис в графстве Северный Йоркшир.

7.3.6. Автоматическая интерпретация изображения (пример 7 на рис. 1 - глава 3): Диагностическая поддержка в радиологии

Автоматическая интерпретация изображений с использованием глубокого обучения для автоматического обнаружения рака молочной железы была описана в качестве примера использования в главе 3. Цель состоит в том, чтобы повысить точность скрининга при одновременной пользе для медицинского персонала, устраняя необходимость во втором читателе сканов маммографии [140].

Если мы предположим, что то, что было достигнуто с помощью маммографии, может также в значительной степени применяться к другим медицинским снимкам, проверенным рентгенологами, такие методы ИИ, как глубокое обучение, могут сократить время, затрачиваемое радиологами на просмотр изображений на 20% [141].

По осторожной оценке, радиологи тратят, по крайней мере, 60% своего времени на анализ снимков [141]. За счет отсутствия необходимости во втором просмотре на 30% сокращается время, затрачиваемое на анализ маммограмм. Ежегодно 4204 радиолога анализируют 41 млн. медицинских снимков в системе НСЗ [142, 143].

В масштабе года потенциальное воздействие технологий ИИ на радиологическую диагностику эквивалентно примерно 8,2 млн. снимков, 890000 часов, потраченных радиологами и у 500 радиологов высвободится время для клинического ухода.

8.0. Организационное развитие

НСЗ сложна, с множеством должностей, функций и потребностей. Основные изменения в такой системе могут быть сложными с логической точки зрения, даже для решения простых проблем.

Проблемы, связанные с внедрением цифровых технологий здравоохранения, аналогичны тем, которые возникают в любой крупной инициативе по изменению. Обеспечение технологического будущего требует инвестиций в людей, развития цифровых навыков и лидерских способностей, а также изменений в организационной культуре. В НСЗ уже ведется работа по программе создания медицинских кадров, готовых к использованию цифровых технологий, которая позволит сотрудникам определить свою готовность к работе с цифровыми технологиями и удовлетворить свои потребности в обучении (OD3) [144].

Лучшее осознание факторов, способствующих изменениям, может помочь нам понять медленный и фрагментарный уровень внедрения технологий цифрового здравоохранения в некоторых отделах НСЗ. Большинству людей требуется время, чтобы признать исходные параметры и принять любое новшество [145]. Также потребуется время, для того чтобы разобраться с цифровыми технологиями, чтобы обеспечить повышение эффективности - явление, известное как "парадокс производительности"⁹² [32].

⁹² Лауреат Нобелевской премии американский экономист Роберт Солоу отметил, что мы видим компьютеры повсюду, но не можем оценить их производительность. Традиционные измерители не отражают какого-либо воздействия со стороны новых компьютерных и информационных технологий. Это явление называется "парадокс производительности". Рост производительности замедляется каждое десятилетие, начиная с 1960-х годов.

Внедрение новых технологий для поддержки ухода за пациентами и потребностей в персонале следует рассматривать как управление изменениями, а сама технология является просто инструментом для обеспечения изменений. Большинство способов ухода за пациентами многогранны, и в них вовлечен персонал с глубокими личными, социальными и институциональными убеждениями и практикой. Чтобы быть успешной, основанная на технологиях политика изменений должна признавать и стремиться понять эти убеждения и практические приемы. Это требует от организаций сосредоточения внимания на следующих стимулирующих факторах: культуре инноваций; установке приоритетов для кадров; гибком и правомочном персонале; руководстве; эффективном управлении; и инвестициях.

8.1. Открытая и всеобъемлющая инновационная культура

Организационная культура является основным фактором, влияющим на скорость и частоту инноваций [146]. Организации НСЗ должны демонстрировать адаптивные и динамичные ответы на инновации с открытой, всеобъемлющей культурой и с акцентом на безопасность пациентов и качество обслуживания [147]. Последнее, однако, не является отговоркой для приостановления развития или инвестиций в инфраструктуру и услуги, необходимые для обеспечения цифрового будущего.

Подход “тестируй и совершенствуй” к реализации посредством прототипирования и итеративного обучения позволяет своевременно проверять инновации и новые пути, используя обратную связь в реальном времени. Клинические бригады, которым необходимо принять технологические изменения, скорее всего, будут неиерархическими, самоорганизующимися, междисциплинарными бригадами, в которых коллеги имеют равный статус и ответственность.

Эффективное управление знаниями необходимо для распространения и принятия инноваций, а уроки раннего принятия широко распространены (OD6): культура инноваций зависит от культуры обучения. НСЗ должна создать репутацию учебной организации, которая ценит и обеспечивает передачу знаний об успехах и неудачах (OD5). Это может произойти только с созданием новых высших должностей в управлении знаниями.

Виртуальные сети и сообщества практиков помогут укрепить обучение, объединяя людей, заинтересованных и вовлеченных в технологические инновации. Заинтересованным медицинским работникам следует оказывать поддержку в проведении этих мероприятий, а также поощрять их к сотрудничеству в целях развития будущих инноваций.

8.2. Установка приоритетов для кадров

Принципы совместного проектирования привели к успешному широкомасштабному внедрению информационных технологий (ИТ), например, Государственная цифровая служба (GDS) [148]. При перестройке или внедрении услуг организации НСЗ должны сосредоточиться на “том, что имеет значение” для людей. Технологические решения принимаются, распространяются и поддерживаются более успешно, если пациенты и медицинский персонал, использующий их, создали их вместе [149]. Поэтому следует поощрять пациентов, граждан и персонал к совместной работе и обучению для совместной подготовки решений и, при необходимости, совместной работы для достижения этого (OD1).

Время, необходимое персоналу для обучения и совместной работы, вероятно, потребует увеличения инвестиций, что компенсируется более долгосрочными выгодами. Ранее, эффективное и устойчивое вовлечение персонала на всех уровнях, особенно руководящего персонала, является необходимым условием успешной трансформационной перестройки с использованием технологий.

8.3. Адаптивный медицинский персонал

Сочетание быстрых технологических достижений и меняющихся потребностей здравоохранения в Великобритании приведет к определенным нарушениям, для исправления которых требуется адаптивный медицинский персонал. Должностные обязанности станут более изменчивыми, а границы должностей могут размыться. Вступление родившихся в конце прошлого века в медицинские кадры уже привело к изменению ожиданий в отношении баланса между работой и личной жизнью, гибкой карьеры, вознаграждений и стимулов, отношений с работодателями и использования технологий.

С ростом цифровизации и цифровой грамотности социальные и эмоциональные навыки персонала будут становиться все более важными [150]. Применение инновационных технологий, автоматизирующих повторяющиеся и административные задачи, должно также дать работникам больше времени для использования когнитивных навыков.

Большинству сотрудников НСЗ понадобятся базовые знания по управлению изменениями для собственного развития и внесения вклада в более широкую систему. Организации НСЗ должны будут набирать людей, которые ценят технологические инновации и обладают навыками внедрения изменений при управлении неопределенностью. Этим сотрудникам потребуется поддержка, чтобы учиться на неудачах, которые сопровождают любые изменения, связанные с любой технологией.

НСЗ необходимо привлекать новые таланты и создать новые карьерные пути. Возможности работать вместе с академическими учреждениями и промышленностью станут более распространенными. Необходимо изучить возможности взаимовыгодных совместных назначений (OD8).

8.4. Лидерство

В эпоху цифровых технологий, НСЗ как никогда нуждается в поощрении развития дальновидных лидеров, которые могут осуществлять изменения во всей системе с помощью совместных подходов. Академия лидерства НСЗ (см. сноску 10) должна сыграть здесь важную роль. Сами инициативы перемен могут привести к появлению “новых” лидеров, которые обладают пронизательностью, энергией и стимулом для перемен. Для развития лидерских талантов требуется наличия схем обучения (включая индивидуальное обучение и наставничество). Цифровые лидеры должны уметь понимать роль данных, информации, инноваций и технологий в своей местной организации, сейчас и в будущем.

Для того, чтобы НСЗ могла безопасно и эффективно внедрять, и распространять цифровые технологии здравоохранения на должном уровне и по всем географическим регионам, необходимо, чтобы руководство на уровне Совета директоров уделяло основное внимание клиническим результатам и содействовало эффективному и последовательному участию персонала (OD4) [3].

Системные лидеры должны будут придерживаться стратегического подхода к исследованиям и инновациям в области науки и техники, при этом новые руководящие должности создаются для поиска информации из разных источников, консультирования по возможностям, предоставляемым цифровыми технологиями здравоохранения, и выявления локальных пробелов в навыках (OD2). Цифровая Академия NHS уже поддерживает самых высокопоставленных руководителей. Из нашего Отчета ясно, что гораздо большей части медицинских кадров потребуются эти улучшенные лидерские навыки.

Организации НСЗ должны использовать проверенные структуры для реализации технологических решений и обеспечить обучение персонала их использованию (OD7). Существует несколько доступных систем, в том числе специально разработанные NHS England (см. сноску 22) [152] и NHS Improving Quality (качество службы скорой неотложной помощи) [153], но лишь немногие из них фокусируются на изменениях технологических систем в НСЗ. Структура NASSS (непринятие, отказ и вызовы для масштабирования, расширения и устойчивости) была разработана для того, чтобы помочь понять, почему существует непринятие многих технологических инноваций, и предоставить информацию для планирования и реализации проектов изменений, ориентированных на технологии. (см. тематическое исследование NASSS ниже) [154].

8.5. Создание эффективных механизмов управления цифровым здравоохранением

Регулирование направлено на защиту пациентов и общества, и снижение риска причинения вреда. Лечащие врачи и пациенты должны быть уверены, что технологии, одобренные для использования в НСЗ, соответствуют строгим стандартам, установленным регулирующими органами.

Проблема в регулировании технологий цифрового здравоохранения является существенной, и ответная реакция регулирующих органов продолжает развиваться. Сотрудничество между лицами, возглавляющими изменения, и регулирующими органами имеет важное значение для достижения консенсуса в отношении того, как регулируется конкретная технология. Сотрудничество должно быть расширено, чтобы охватить отрасль, когда необходимы потенциальные решения новых проблем регулирования. Регулирование должно быть стимулом, а не препятствием для инноваций.

НСЗ должна работать с заинтересованными сторонами во всех секторах для пересмотра требований регулирования и соответствия для новых технологий цифрового здравоохранения, включая предоставление руководств и тренингов по кибербезопасности, конфиденциальности данных и анонимизации данных, изучая опыт других международных систем здравоохранения (OD9).

8.6. Инвестиции

Преимущества инвестиций в цифровые технологии изначально проявляются в улучшении безопасности и качества; для достижения экономии может потребоваться до 10 лет [32]. Инвестиции в ИТ-системы (аппаратные средства, программное обеспечение и средства связи) будут по-прежнему иметь важное значение. НСЗ нужно будет инвестировать в обучение людей с необходимыми профессиональными навыками, чтобы поддержать эти изменения. Клинический персонал, пациенты и общественность должны быть уверены в том, что НСЗ распола-

гает эффективными системами и процессами не только для защиты данных пациентов, но и для того, чтобы этически использовать их при разработке новых методов и алгоритмов для улучшения результатов лечения пациентов.

Организациям НСЗ необходимо предоставить руководителям достаточно времени для планирования, выстраивания отношений и оценки изменений, а также предоставить персоналу возможность отвлекаться от клинической работы, участвовать в совместных разработках, совместных партнерских сетях и развивать лидерские навыки.

8.7. Рекомендации

Экспертная группа по организационному развитию рекомендует:

Гражданин и пациент

- Организации НСЗ должны обеспечить участие пациентов, граждан и персонала в совместной разработке проектов трансформации, в частности, в определении того, как цифровые технологии здравоохранения могут помочь улучшить как качество обслуживания пациентов, так и производительность персонала. (OD1)

Медицинские работники

- Должны быть созданы руководящие должности, которые должны давать рекомендации относительно возможностей, предлагаемых технологиями цифрового здравоохранения, и выявлять пробелы в местных навыках. (OD2)

- Медицинским работникам потребуется доступ к учебным ресурсам и образовательным программам по цифровым технологиям здравоохранения, чтобы оценить и повысить свою цифровую готовность. (OD3)

Система здравоохранения

- Каждая организация должна распределить ответственность на уровне Совета директоров за безопасное и эффективное внедрение технологий цифрового здравоохранения на должном уровне, уделяя особое внимание клиническим результатам и содействию эффективному и последовательному вовлечению персонала. (OD4)

- Советы НСЗ должны взять на себя ответственность за эффективное управление знаниями, чтобы сотрудники могли учиться на опыте (как успехах, так и неудачах) и ускорять внедрение проверенных инноваций. (OD5)

- НСЗ следует укреплять системы для распространения уроков раннего принятия и обмена примерами эффективных, научно обоснованных программ технологических изменений. (OD6)

- Организации НСЗ должны использовать проверенные рамки для реализации технологических решений и обеспечивать подготовку персонала для их использования. (OD7)

- НСЗ должна поддерживать сотрудничество между НСЗ и промышленностью, направленное на повышение квалификации и таланта медицинского персонала. (OD8)

- НСЗ должна работать с заинтересованными сторонами во всех секторах для пересмотра требований регулирования и соответствия для новых технологий цифрового здравоохранения, включая предоставление руководств и тренингов по кибербезопасности, конфиденциальности данных и анонимизации данных, на основе опыта других международных систем здравоохранения. (OD9)

Тематическое исследование:
**Создание виртуальной клиники для оказания амбулаторных услуг
с использованием системы NASSS [154]**

Barts Health NHS Trust⁹³ и Оксфордский университет совместно работают над созданием дистанционного консалтинга на основе видео в рамках обычной деятельности. Диабетическая служба в Barts использует скайп для проведения амбулаторных консультаций с 2011 г. для пациентов со сложными социальными обстоятельствами и историей пропущенных посещений врача. Первоначальные исследования показали высокие показатели приемлемости среди пациентов со сниженными показателями “не посещали” и улучшенным самоуправлением [155, 156]. Однако распространение модели обслуживания на другие амбулаторные клиники по всему общественному фонду оказалось сложной задачей. Было проведено научное исследование [157], чтобы понять и попытаться преодолеть эти проблемы, сосредоточив внимание на опыте пациентов и персонала, необходимых организационных изменениях и влиянии более широкого национального контекста.

Исследовательская группа применила структуру NASSS для понимания и информирования процесса внедрения и расширения консультаций на основе видео. Эта структура включает в себя семь взаимодействующих областей: (1) болезнь или патологическое состояние, (2) технология, (3) ценностное предложение, (4) отдельные первооткрыватели (персонал и пациенты), (5) организация, (6) внешнее контекст и (7) возникновение во времени. Сложность в одной или нескольких областях усложняет внедрение технологий. Консультации на основе видео работали лучше всего в предсказуемых условиях с низким уровнем риска, с надежной, пригодной для использования технологией, использование которой было легко согласовано с другими организационными процессами. Взаимозависимости между различными процедурами и системами требуют межведомственного сотрудничества и организационных изменений. Быстро меняющийся политический и экономический контекст с постоянно появляющимися технологиями требовал выявления и адаптации к этим внешним изменениям для обеспечения устойчивости. Была создана “Консультационная группа по видео” для поиска информации из различных источников и содействия обмену знаниями в рамках общественного фонда. Модель обслуживания в настоящее время расширена до более чем 15 клинических групп по всему Фонду.

Персона: врач Сара

Сара в 2009 г. в возрасте 26 лет

Сара является стажером-педиатром и любит свою работу. Она начала использовать смартфон в своей личной жизни, но не имеет доступа к мобильным технологиям на работе и разочарована тем, что ей приходится полагаться на устаревшую технологию, особенно на факсимильные аппараты, и на трудоемкие бумажные записи. Общение со своими сверстниками и коллегами из разных профессий разобщено, что привело к случаям необеспечения безопасности пациентов.

⁹³ Общественный фонд НСЗ управляет деятельностью госпиталя Св. Варфоломея (Barts), больницы в Лондонском Сити в районе Смитфилд, основанной в 1123 г., старейшей больницы в Лондоне и Великобритании

Сара в 2019 г. в возрасте 36 лет

Сара является педиатрическим консультантом, специализирующимся на метаболической терапии⁹⁴. Она закончила магистратуру по медицинскому образованию и по модулям образовательной программы по геномике. Сара отмечает, что, несмотря на такие схемы, как Программа Клинического Предпринимателя НСЗ, внедрение инноваций в НСЗ является изменчивым и медленным процессом.

Несмотря на то, что в больнице были введены электронные рецепты и новая электронная запись о пациентах, Сара все еще разочарована необходимостью использования факсимильных аппаратов и звуковых сигналов. Она хочет использовать более рациональное и интеллектуальное общение с коллегами и пациентами, что максимально увеличивает количество времени, которое она может проводить с пациентами. Тем не менее, в ее общественном фонде по-прежнему обеспокоено управлением данными и Общим регламентом защиты данных для социальных сетей, таких как *WhatsApp*⁹⁵. Сара призывает свой совет Фонда проявить дальновидность и пересмотреть некоторые инициативы Глобальных цифровых образцов НСЗ в области интеграции медицинской информации.

Сара в 2029 г. в возрасте 46 лет

Сара - консультант с портфельной карьерой, которая сочетает клиническую работу в педиатрии с национальной координирующей и надзорной ролью в *Genomics England*.

У большинства ее пациентов весь геном секвенируется при рождении, что позволяет Саре гораздо лучше понимать патологию ее пациентов. Клиническая бригада Сары в настоящее время включает в себя специалистов по биоинформатике и компьютерных специалистов, которые делятся своими знаниями и опытом, работая в отрасли. Вся бригада получает доступ к интегрированным, совместимым системам электронной регистрации пациентов, поддерживаемым технологиями ИИ. Алгоритмы машинного обучения обрабатывают выходные данные от носимых датчиков, которые дистанционно контролируют метаболические маркеры, чтобы предсказать траектории здоровья пациента и моделировать планы личной гигиены. В результате раннее вмешательство, сопровождаемое персонализированным лечением, заметно улучшило результаты в таких условиях, как диабет. Кроме того, облачные образовательные инструменты предоставляют доступные учебные ресурсы "точно в срок", которые позволяют лечащим врачам, пациентам и их семьям лучше понимать свои патологические состояния и управлять ими.

“Образование нынешних и будущих медицинских кадров НСЗ является ключом, обеспечивающим возможность революционных изменений в практике здравоохранения, и внедрение технологических достижений принесет пользу пациентам, лечащему персоналу и гражданам”.

Профессор Труди Робертс⁹⁶ (Trudie Roberts)

⁹⁴ Метаболическая терапия применяется для лечения метаболических заболеваний, при которых нарушены нормальные метаболические процессы вследствие отсутствия определенного фермента или его дефицита.

⁹⁵ Бесплатное приложение для обмена сообщениями на смартфонах, использующее подключение смартфона к Интернету.

⁹⁶ Профессор по курсу медицинского образования в университете Лидса.

9. Создание обучающей среды для образования и обучения

Внедрение цифровых технологий здравоохранения требует эффективной культуры обучения на каждом уровне, которая позволяет медицинскому персоналу переосмысливать свои знания в мире, который все больше зависит от технологий.

Сопротивление переменам и скептицизм в отношении технологий являются общепризнанными барьерами на пути прогресса [158, 159] - и то, и другое может быть преодолено мотивированным и демонстрирующим энтузиазм персоналом. Для устойчивого и эффективного принятия люди должны видеть цифровые технологические решения в области здравоохранения в контексте своей собственной клинической практики и улучшения качества медицинской помощи.

9.1. Культура обучения

Ключевыми компонентами культуры обучения являются: поощрение обучения в течение всей жизни, открытость к сотрудничеству и эффективное совместное проектирование, а также лучшее понимание человеческого интеллекта.

9.1.1. Поощрение обучения на протяжении всей жизни

НСЗ необходимо содействовать изменению мировоззрения всего медицинского персонала. Кто-то с расширением менталитета считает, что интеллект развивается посредством обучения. Уверенность в себе является ключом к превращению обучения в действие и далее к долгосрочным изменениям в поведении. Это связано с принятием точных, основанных на фактических данных суждений о текущих уровнях знаний и понимания и их сопоставление с требуемыми уровнями. Это начинается с признания того, что требуется изменение. Для обеспечения возможности обучения в течение всей жизни персоналу требуется следующее: выделенное время, выходящее за рамки обычных обязанностей, для развития и осмысления своего обучения; учебная деятельность, которая является активной, а не реактивной; действенная инфраструктура обучения на рабочем месте; и репутация рабочего места для обучения и поддержки (E1).

Мотивированный персонал верит в свою способность осуществлять трансформацию, считает, что это важно, и верит в то, что у него есть контроль над результатами [160]. НСЗ не хватает восприимчивости к появляющимся клиническим инновациям и идеям [161]. Участие в инициативах, обеспечивающих правильную мотивационную среду для обучения, таких как программа обучения клинического персонала с предпринимательской инициативой, должны быть более широко поддержаны. Эти инициативы должны сочетаться с организационным поощрением и поддержкой инноваций, способствующих обучению персонала.

9.1.2. Открытость к сотрудничеству

Много человеческих умов, работающих совместно, могут достигать значительно лучшие результаты [162]. Этот коллективный разум более глубок, когда процесс мышления переходит границы различных дисциплин, например, [163], между клиническим персоналом и учеными-компьютерщиками. Это требует эффективного формулирования и преобразования знаний, точной оценки групповых знаний, эффективного выслушивания, разрешения конфликтов и совместного конструирования новых знаний. Нынешняя система образования в Великобритании на уровне среднего и высшего образования не учит этому эффективно.

Многопрофильное групповое обучение позволит сотрудникам разных дисциплин внедрить новые технологии и привести к устойчивым изменениям (E2). Образцы уже существуют. Инициатива “Идеальный путь для пациента” направлена на улучшение жизни людей с длительными хроническими состояниями заболеваний с помощью технологий путем создания культуры обучения, которая фокусируется на сотрудничестве со специалистами здравоохранения и обменом опытом с другими пациентами.

9.1.3. Эффективное совместное проектирование

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что НСЗ может быть устойчивой к совместному проектированию, поскольку это сложно и отнимает много времени [165]. Давление спроса усугубляет это. Тем не менее, включение участия пациентов в проекты трансформации повысит их шансы на успех и может усилить ориентированность на пациента. mHabitat⁹⁷ является хорошим примером преимуществ команды, сотрудничающей с НСЗ, которая специализируется на совместном проектировании и взаимодействует со всеми заинтересованными сторонами на протяжении всего процесса проектирования.

9.1.4. Понимание человеческого интеллекта

Нам необходимо подготовить нынешнюю и будущую медицинскую рабочую силу для будущей системы здравоохранения с поддержкой искусственного интеллекта, привнеся человечество к интерфейсу “машина-пациент”. Это включает в себя сосредоточение на важнейших человеческих навыках, которых не могут достичь ИИ и компьютеры, таких как сотрудничество, лидерство, умение размышлять, сочувствие и эмпатия [167]. Чтобы обеспечить лучшее здравоохранение и уменьшить заблуждения относительно роли цифровых технологий, нам необходимо понимать, что это значит быть умным. Модель интеллектуального переплетения, включая академический, социальный и мета-интеллект, предоставляет очень полезный способ концептуализации интеллекта для продвижения образования в XXI веке [164]. Педагоги в системе здравоохранения должны осознавать и принимать эти развивающиеся концепции интеллекта.

9.2. Методы обучения

Для поддержки обучения медицинских кадров следует продолжать использовать самые разнообразные методики обучения с помощью высококачественных, совместно созданных ресурсов и мероприятий, в том числе онлайн-ового, “контента быстрого потребления”, “своевременного” обучения. Технология Enhanced Learning⁹⁸ (TEL) может вызвать в воображении негативные идеи предписанного законодательством и обязательного обучения с заявлениями о преимуществах образования по сравнению с традиционным обучением, которые часто оказываются необоснованными. Тем не менее, это может быть полезно для обеспечения образования в масштабе в рамках НСЗ. Смешанное обучение, сочетающее TEL с

⁹⁷ Модель цифровых стратегий и инноваций, разработанная компанией общественных интересов со штаб-квартирой в г. Бристоль, которая оказывает услуги для НСЗ в разработке цифровой стратегии.

⁹⁸ Технология расширенного обучения, предложенная ICI Global, лондонским филиалом американского института инвестиционных компаний (ICI), основанного в 1940 г., со штаб-квартирой в Вашингтоне.

личным опытом, может обеспечить существенную комбинацию социальных, эмоциональных и физических элементов обучения. Со временем виртуальная реальность, основанная на сотрудничестве, например, посредством голопортации⁹⁹, потенциально может воспроизводить элемент “лицом к лицу”.

TEL обладает способностью переходить от общей “стандартной” модели к персонализированному и адаптивному опыту посредством анализа данных учащихся, их действий и их контекста с использованием ИИ. Растущая способность собирать данные о широком спектре учебной деятельности, независимо от инструментов или методов, используемых для их предоставления, позволяет принимать решения отдельным обучаемым, преподавателям и организациям и для них. Кроме того, цифровые технологии позволяют отслеживать и поддерживать обучение в течение всей жизни посредством записей независимо от образовательного учреждения, организации здравоохранения или портала. Health Education England (HEE) (см. сноску 6) разрабатывает цифровую учебную платформу, которая заполняет пробелы в обеспечении обучения в НСЗ. На рис. 3 представлен подход к разработке ИИ для образования и обучения. Чтобы выполнить три основных действия (центральные прямоугольники), нам необходимо создать эффективный цикл обучения и вовлечения преподавателей и разработчиков в совместную работу.

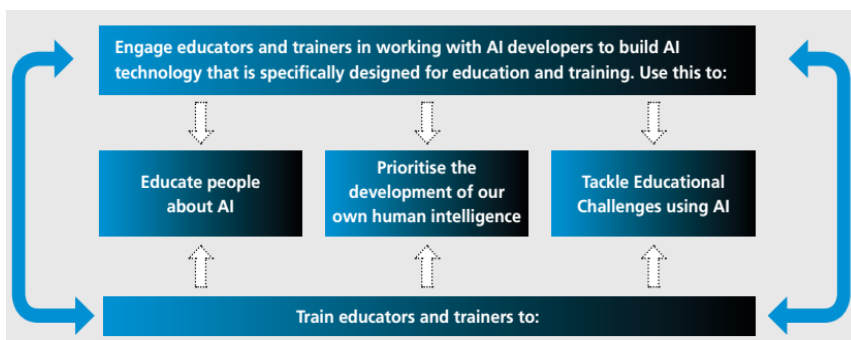


Рис. 3. Интеллектуальный подход к ИИ для образования и обучения

Пояснения к рисунку: Engage educators and Trainers in working with AI developers to build AI technology that is specifically designed for education and training. Use this to: привлекайте преподавателей и инструкторов к работе с разработчиками ИИ для создания технологии ИИ, специально разработанной для обучения и подготовки. Используйте это, чтобы: Educate people about AI – просвещайте людей по тематике ИИ, Prioritise the development of our own human intelligence – сделайте приоритетом развитие нашего человеческого интеллекта, Tackle educational challenges using AI – решайте образовательные задачи, используя ИИ, Train educators and trainers to: - обучайте преподавателей и инструкторов.

⁹⁹ Разработка компании Microsoft, представляющая собой систему телеконференций, основанная на использовании шлема HoloLens. Носящий этот шлем видит другого участника беседы так, как будто он находится с ним в одной комнате, хотя в реальности собеседник может быть удален на сотни, тысячи км.

9.3. Поддержка педагогов

Образовательные лидеры и преподаватели, включая экспертов по улучшению качества, имеют решающее значение для развития новой культуры обучения. Чтобы эти лидеры были по-настоящему трансформирующими и выполняли свои обязанности, НСЗ необходимо поддержать их, чтобы они приняли культурные изменения. Это может включать в себя конкретное обучение на основе опыта внешних компаний, которые формируют культуру, к которой стремится НСЗ. Учитывая темпы изменений, педагоги должны проявлять осмысленность в своем подходе, не только участвовать в непрерывном обучении, но и развивать и адаптировать свою образовательную практику с помощью инновационных способов решения новых и будущих задач.

Будучи лидерами в области цифровых технологий здравоохранения, преподаватели смогут определять и воспитывать будущих лидеров и потенциальных предпринимателей для НСЗ. Следует побуждать лидеров делиться своими знаниями и опытом. Фактические данные подчеркивают преимущества сетей внутри и между организациями, которые обеспечивают совместное и управляемое обучение [169]. Хорошим примером является первичная помощь “лидеров среди цифровых медсестер” [170]

Чтобы обеспечить своевременное повышение квалификации сотрудников НСЗ, потребуются большие инвестиции в преподавателей (Е3). Любой член медицинского персонала может иметь возможность стать потенциальным педагогом, независимо от их должности, уровня подготовки или квалификации. Например, студент-медсестра, обладающая знаниями в определенных аспектах цифровых технологий здравоохранения, может оказаться отличным педагогом. Точно так же новые знания в НСЗ должны использоваться при обучении медицинских кадров. Например, ученые, работающие в области анализа и обработки данных, будут нуждаться в обучении работников здравоохранения использованию данных как части их более широкой роли. Этот подход также послужит развитию сотрудничества между дисциплинами. Организациям НСЗ необходимо будет найти механизмы для выявления и развития новых преподавателей в составе медицинского персонала (Е4).

9.4. Поддержка всего медицинского персонала

Цифровая грамотность является жизненно важным компонентом для обучения медицинского персонала. Она определена НЕЕ (см. сноску 6) как “те цифровые возможности, которые пригодны для жизни, обучения, работы, участия и процветания в цифровом обществе”. На рис/ 4 показаны домены в рамках структуры цифровых возможностей НЕЕ:

Возможности, перечисленные в каждом из областей на рис. 4, отражают навыки, отношения и поведение, необходимые для того, чтобы люди были компетентными в цифровой сфере и уверенными в себе. Они также поддерживают развитие мировоззрения и навыков, необходимых для обеспечения возможности совместного проектирования и реализации. Хотя освобождение времени от предоставления услуг имеет решающее значение для успеха в достижении повсеместной цифровой грамотности, необходимо решить несколько дополнительных задач:

- снижение значительных расхождений в современных уровнях цифровой грамотности; [172, 173]

- повышение осведомленности персонала о необходимых цифровых возможностях;
- обеспечение равного доступа к поддержке, обучению и специализированному обучению с особыми усилиями по привлечению и поддержке людей, не задействованных или неуверенных в цифровых технологиях;
- развитие соответствующих трудовых навыков и отношения к тому, чтобы дать возможность пациентам и гражданам улучшить состояние своего здоровья и благополучие с помощью цифровых технологий здравоохранения.



Рис. 4. Структура возможностей цифровых технологий НEE [171]

Пояснения к рисунку: Information, data and content – информация, данные и содержание, Teaching, learning and self-development – преподавание, обучение и самоподготовка, Communication, collaboration and participation – обмен информацией, сотрудничество и участие, Digital identity, wellbeing, safety and security– цифровая идентичность, благосостояние, защита и безопасность, Technical proficiency – техническое умение, Creation, innovation and research – творчество, инновации и исследования, Person-centred Digital Literacy – лично-ориентированная цифровая грамотность

Размышления о Программе образования в области геномики подчеркивают, что образование должно развиваться вместе с новыми технологиями с частыми оценками и гибкими, адаптируемыми и расширяющимися возможностями учебными планами [174]. НСЗ должен создать новую Программу цифрового образования НСЗ для контроля за реализацией национальной стратегии цифрового образования как для специалистов общего профиля, так и для узких специалистов (Е5). Система цифровой грамотности должна быть встроена в программы обучения, карьерные возможности и трудоустройство (Е6).

Поставщики образования должны продемонстрировать развитие общих цифровых возможностей в сфере образования и обучения. Профессиональные и нормативные регулирующие органы (PSRBs), практические специалисты и преподаватели должны будут собраться вместе, чтобы определить знания, навыки, профессиональные качества и модели поведения, необходимые для новых выпускников для работы во все более технологически оснащенной НСЗ (Е7). Например, новые стандарты Совета по сестринскому делу и акушерству выдвигают на первый план инновационный подход к обучению персонала с “большей гибкостью, позволяющей использовать новые методы работы и использовать технологию, чтобы они могли помогать медсестрам и акушеркам завтрашнего дня” [175]. Все PSRB проделали определенный путь к безопасному и эффективному использованию новых технологий. Им нужно будет обеспечить, чтобы их руководство было последовательным и регулярно обновлялось, признавая темпы изменения геномики и цифровых технологий в области оказания медицинской помощи.

Демонстрация соответствующих уровней геномики и цифровых возможностей в отношении должностных обязанностей, потребностей пациентов и потребностей системы требуется в важных точках контакта на протяжении всей карьеры. По мере развития новых способов работы некоторые сотрудники могут переходить в области практики, для которых они изначально не обучались. Включение цифровых возможностей в должностные инструкции, аттестации и CPD (повышение квалификации) позволит проводить достаточно динамичное и гибкое обучение и поддержку, чтобы идти в ногу с изменениями в технологиях, обеспечивая подготовку персонала с соответствующей квалификацией. Организации НСЗ должны обеспечить поддержку нынешнего и нового персонала для достижения соответствующего уровня цифровой грамотности на этапе их карьеры (Е8).

9.5. Поддержка высококвалифицированного персонала

По мере того, как возрастают требования к существующим и новым должностным обязанностям специалистов, включая специалистов в области клинической биоинформатике, технологов в области цифровых технологий, специалистов по ИИ и робототехнике, НСЗ потребуется разработать карьерные пути для привлечения и удержания талантов (Е9).

Основным требованием к персоналу, работающему в специализированных областях здравоохранения, является предоставление времени и поддержки для обеспечения актуальности своих знаний и навыков посредством соответствующих курсов повышения квалификации. Чтобы удовлетворить потребности специализированных групп, CPD необходимо понимать в более широком контексте и проявлять гибкость и отзывчивость. Возможности развития должны быть предложены в качестве аккредитованного уровня обучения, где это уместно. Подходы могут включать в себя альтернативный внепрограммный опыт работы с промышленностью [176], распределение нагрузки между секторами, обмен сотрудниками

и динамические формальные учебные программы [151]. Обучение должно быть групповым и междисциплинарным, где это необходимо (E10).

Необходимо усилить аккредитацию новых групп специалистов, например, работая с национальными и международными организациями, такими как факультет клинической информатики и Федерация профессионалов информатики, которые сертифицируют специалистов по информатике (E11).

Ведущим специалистам также следует предоставить соответствующие возможности для развития их лидерских и управленческих способностей. Специалисты-лидеры по цифровым технологиям здравоохранения будут жизненно важны для поддержки более широких медицинских кадров в принятии изменений мышления и формировании культуры обучения в их учреждениях.

9.6. Обучение будущих кадров

Здравоохранение привлекает самых ярких и преданных своему делу людей, которые хотят реально изменить жизнь людей. Следовательно, поддержка и развитие стремления этих будущих медицинских работников руководить изменениями в оказании медицинской помощи является жизненно важным требованием.

Требование гибкости и персонализации обучения должно распространяться на будущие медицинские кадры, которые должны быть в состоянии отказать от “универсального” подхода. Переход к образованию, основанному на результатах, признает, что разные люди могут учиться с разной скоростью, и поэтому некоторые учащиеся могут продемонстрировать необходимые знания, навыки и поведение раньше, чем в настоящее время предписано. Следовательно, в то время как некоторые люди могли бы начать работать раньше, другие, возможно, захотят потратить время на развитие навыков, необходимых для руководства конкретными технологическими инновациями.

9.6.1. Программы обучения

Знания в области здравоохранения растут такими темпами, что сложно идти в ногу со временем. Доступ к мобильному обучению и машинному обучению означает, что необходимо определить, какую информацию студентам необходимо знать, и какую информацию им необходимо знать, но не обязательно запоминать. Аналогичным образом, задача для регулирующих органов, лечащих врачей и педагогов состоит в том, чтобы определить, какие области в настоящее время преподаются, могут быть безопасно исключены из будущих программ.

Регулярное использование сбора информации, касающейся благополучия пациентов, будет означать, что студентам необходимо развивать понимание происхождения данных о состоянии здоровья пациентов, их лечения, интеграции и управления не только для ухода за отдельными пациентами, но и на уровне всего населения. Учитывая достижения в области геномики, время, отведенное на эту область в учебных программах, вероятно, потребуется увеличить. Традиционные клинические навыки, такие как аускультация (прослушивание) сердца, могут быть заменены использованием портативных ультразвуковых устройств, однако другие навыки, такие как общение, переговоры, сотрудничество и суждение, станут еще более важными. Использование этих навыков в различных контекстах, таких как онлайн-консультации, необходимо будет освоить. Вполне вероятно, что концепцию профессионализма, возможно, потребуется обновить, чтобы учесть новые этические дилеммы, которые принесет технологический прогресс. Методы

оценки также необходимо будет изменить, чтобы они отражали современные представления о том, где могут находиться знания, например, использование интеллектуальных устройств на экзаменах. Студенты должны будут иметь возможность использовать и объяснять ИИ, включая “машину как часть бригады”, чтобы помочь пациентам (E12).

Новые технологические разработки впечатляют и обещают, но важно, чтобы эмпатия и сострадание не были потеряны в стремлении использовать новые способы работы. Принятие цифровых технологий здравоохранения будет все больше подчеркивать человеческие качества, необходимые в отношениях между врачом и пациентом. Потенциал для более эффективных способов работы должен освободить лечащего врача, чтобы он мог проводить больше времени с пациентом, как на очных встречах, так и удаленно.

Возможности для межпрофессионального решения проблем, например, физиотерапевты, работающие со студентами-инженерами в области робототехники, могут обогатить опыт обучения и создать правильные навыки для будущего персонала. Образовательные учреждения должны предлагать студентам-медикам возможности по мере их внедрения в такие области, как инженерия или информатика и новые технологии.

9.6.2. Выбор

В настоящее время студенты-медики отбираются на основании их профессиональной пригодности и целого ряда достоинств, соответствующих целям НСЗ. Образовательные учреждения должны обеспечить, чтобы потенциальные студенты имели или получили дополнительные навыки, включая: соответствующий уровень цифровой грамотности (E13); понимание этических проблем, которые принесет более широкое внедрение геномики и цифровых технологий; способность к инновациям; и способность решать проблемы гибким и гибким способом.

В будущем НСЗ потребуется большее количество специалистов в области геномики, анализа и обработки данных, информатики и обладающих инженерными знаниями, чтобы заполнить пробелы в навыках в НСЗ. Это может быть достигнуто путем привлечения выпускников с этими навыками, чтобы начать карьеру в области здравоохранения, а также путем предоставления студентам-медикам возможностей для включения в эти области (E14).

“Преобразовательные преимущества, которые вносят инновации в науке и технике, такие как ИИ, могут быть доведены до пациентов и персонала, но для этого потребуется переход к новому образу мышления на протяжении всей жизни в рамках всей системы здравоохранения. Каждый должен получить поддержку для развития мышления, навыков и поведения, которые потребуются сотрудникам НСЗ в будущем”.

Профессор Роуз Лакин¹⁰⁰ (Rose Luckin)

¹⁰⁰ Профессор, руководитель учебного центра планирования обучения в Лондонском университетском колледже.

9.7. Образовательные рекомендации по поддержке системы здравоохранения с цифровыми возможностями

Экспертный Совет по отчету рекомендует:

9.7.1. Культура обучения

Организации НСЗ должны будут создать обширную среду обучения и гибкие способы работы, которые будут поощрять культуру инноваций и обучения. Для этого:

- Организациям НСЗ необходимо: иметь эффективную инфраструктуру обучения на рабочем месте; культивировать репутацию для обучения и поддержки; развивать учебную деятельность, которая является активной, а не реагирующей; выделять персоналу время для развития и размышлений об обучении вне клинических обязанностей. (E1)

- Каждая организация НСЗ должна применять многопрофильный подход к обучению, основанный на поддержке персонала для изучения геномики и цифровых технологий. (E2)

9.7.2. Поддержка педагогов

Обеспечение образования и потребностей рабочей силы НСЗ в течение следующих пяти лет будет сложной задачей.

Для достижения этого:

- НСЗ и местные организации должны поддержать создание группы преподавателей и инструкторов, которые могут руководить образовательной программой для обеспечения своевременного повышения квалификации сотрудников НСЗ. (E3)

- Этим организациям также необходимо внедрить системы для выявления и развития талантливых, творчески мыслящих новых преподавателей в составе персонала. (E4)

9.7.3. Образование и развитие всего медицинского персонала

Персонал должен иметь возможность получить доступ к информации о геномике и цифровых технологиях, принятой НСЗ, и развить необходимые навыки.

Для достижения этого в течение пяти лет:

- НЕЕ должен разработать новую Программу цифрового образования НСЗ для контроля за реализацией национальной стратегии цифрового образования. Программа дополнит образовательную подпрограмму по геномике. (E5)

- Работодатели должны обеспечить, чтобы поддержка персонала для развития и повышения цифровой грамотности была включена в программы обучения, карьерные возможности и трудоустройство. (E6)

- Профессиональные, уставные и регулирующие органы (PSRB) и специалисты-практики должны определить знания, навыки, профессиональные качества и модели поведения, необходимые для выпускников медицинских учреждений для работы в технически оснащенной службе, а затем работать с педагогами, чтобы перепроектировать учебные планы для этой цели. (E7)

- Организации, отвечающие за трудоустройство и обучение, должны обеспечить поддержку нынешнего и нового персонала для достижения соответствующего уровня цифровой грамотности на этапе их карьеры. (E8)

Специализированные медицинские кадры и группы специалистов будут работать на переднем крае своих дисциплин, часто являясь первыми, кто внедряет новые технологии. Поддержка этих людей и групп будет иметь важное значение для дальнейших инноваций. Для поддержки этих специалистов и групп специалистов в области геномики, цифровой медицины, искусственного интеллекта и робототехники:

- Как для существующих, так и для новых должностей, нацеленных на устранение пробелов в навыках в области клинической биоинформатики, цифровых технологий, ИИ и робототехники, НСЗ следует разработать или расширить как образовательные программы (например, “Обучение научных специалистов высокого уровня”), так и привлекательные пути карьерного роста. (E9)

- НСЗ должна организовать гибкое и оперативное обучение для должностных специалистов. Это может включать в себя взаимодействие с организациями, занимающимися производственным обучением, и развитие мест размещения, обменов и прикомандирования (E10)

- НСЗ должна сотрудничать с общественными организациями и другими органами для введения и усиления аккредитации новых групп специалистов. (E11)

9.7.4. Обучение будущего медицинского персонала

В течение пяти лет нам необходимо убедиться, что обучение и подготовка будущих сотрудников позволит им полностью реализовать свой потенциал в качестве персонала в технологически усовершенствованной НСЗ. Для подготовки будущих кадров:

- Поставщики образования должны обеспечить, чтобы в программах обучения для студентов-медиков работали специалисты по геномике, обработке и анализу данных и ИИ. Будущие специалисты в области здравоохранения также должны понимать возможности цифровых технологий здравоохранения и этические соображения и соображения безопасности пациентов. (E12)

- Поставщики образования должны обеспечить, чтобы учащиеся получали соответствующий уровень цифровой грамотности в начале своего обучения для предполагаемой карьеры. (E13)

- Поставщики образовательных услуг должны предлагать студентам-медикам возможность внедрять знания в таких областях, как инженерия или информатика, и в равной степени привлекать выпускников в этих областях, чтобы начать карьеру в области здравоохранения, создавать и внедрять технологические решения, улучшающие уход и производительность труда в НСЗ. (E14)

10. Заключение

Экспертный совет по отчету Тополя рад представить этот независимый обзор с рекомендациями Министру здравоохранения и социального обеспечения.

Обзор показал, что нельзя упускать возможности, предоставляемые обещанием геномики и цифровых технологий для профилактики заболеваний, прогнозирования наиболее эффективных методов лечения, предоставления персонализированной помощи и привлечения активного участия в благополучии и поддержке самоуправления. Широкое внедрение этих технологий имеет значительный потенциал для улучшения обслуживания, значительного повышения производительности и точности диагностики, а также помогает обеспечить устойчивую

систему НСЗ. Однако, если принцип всеобщего здравоохранения не должен быть разрушен, а скорее продвинул технологией, важно гарантировать, что все в НСЗ были включены.

Как сказал д-р Тополь, когда промежуточный отчет был опубликован: “Это действительно будет преобразующим, что в конечном итоге... пациент будет действительно в центре событий”. [178] Хорошее здравоохранение зависит не только от привлеченных и активных пациентов, но и от “персонала, который знает, что” он делают, чтобы успеть сделать это, и относится к [пациентам] с уважением и состраданием”. [7] Мотивация, желание изучать новое поведение, развитие навыков сотрудничества и обмена знаниями необходимы сотрудникам НСЗ для достижения прогресса в технологии. Технологии цифрового здравоохранения предлагают возможность изменить отношения между пациентом и службой здравоохранения, расширяя возможности как персонала, так и пациентов, которые хотят и могут более активно участвовать в своем лечении.

В этом отчете освещены потенциальные масштабы изменений, новые должности, которые, вероятно, потребуются, и дисциплины, в которых заложен больший потенциал. Он определяет ключевые области, в которых необходимо специальное образование и обучение. Чтобы добиться трансформационных изменений с помощью цифровых технологий здравоохранения, необходимо вновь сосредоточиться на развитии медицинских кадров как на непрерывном и интегрированном элементе трудовой жизни, который расширяет возможности и дает образование.

Где следует сосредоточить внимание на образовании и обучении, чтобы максимально использовать возможности и решать предстоящие задачи? Чтобы пожинать плоды, НСЗ должна сосредоточиться на создании полностью готовым к работе медицинским кадрам, которые полностью задействованы и обладают навыками и уверенностью для принятия и адаптации новых технологий на практике и в реальной ситуации. Персонал нуждается в лидерах, которые могут вдохновить и осуществить устойчивые, системные изменения. Врачи высшей квалификации нуждаются в экспертных знаниях для принятия разумных инвестиционных решений, основанных на реальных оценках эффективности, для стимулирования улучшений в НСЗ с большим объемом данных. Необходимо, чтобы эти улучшения приносили пользу каждому уровню НСЗ.

Самой большой проблемой является культурный сдвиг в обучении и инновациях с готовностью использовать технологии для общесистемного совершенствования. Амбициозное стремление “превратить ГСЗ в крупнейшую учебную организацию в мире” [7]- лучший способ ответить на этот вызов. Признавая, что для полного принятия технологий будет отставание от пяти до семи лет, в настоящее время есть окно возможностей для укрепления инфраструктуры, повышения квалификации персонала и ускорения преобразований.

Нельзя терять времени.

Библиография

1. E.J. Topol, *The creative destruction of medicine: How the digital revolution will create better health care*, New York, Basic Books, 2012.
2. H. Durrani, 'Healthcare and healthcare systems: inspiring progress and future prospects' *mHealth*, vol 2, no 3, 2016 <http://mhealth.amegroups.com/article/view/9092/9758> (Accessed 7 December 2018)
3. D. Maguire et al, *Digital change in health and social care*, London, The King's Fund, June 2018 www.kingsfund.org.uk/sites/default/files/2018-06/Digital_change_health_care_Kings_Fund_June_2018.pdf (Accessed 7 December 2018)
4. Health Education England, *The Topol Review: Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future*, Interim Report. June 2018. www.hee.nhs.uk/sites/default/files/documents/Topol%20Review%20interim%20report_0.pdf (Accessed 7 December 2018)
5. S. Castle-Clarke. *What will new technology mean for the NHS and its patients?* The Health Foundation, 2018 www.health.org.uk/sites/health/files/NHS-70-What-will-new-technology-mean-for-the-NHS.pdf (Accessed 7 December 2018)
6. E. Topol: *Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future* [video], Health Education England, 2018 www.youtube.com/watch?v=hVyyLMZPJ-o (Accessed 7 December 2018)
7. Health Education England, *Facing the Facts, Shaping the Future: A draft health and care workforce strategy for England to 2027*. December 2017. www.hee.nhs.uk/our-work/workforce-strategy (Accessed 7 December 2018)
8. NHS England, *Developing the long term plan for the NHS Briefing from the Long Term Plan Engagement Team*. August 2018. www.engage.england.nhs.uk/consultation/developing-the-long-term-plan-for-the-nhs/user_uploads/developing-the-long-term-plan-for-the-nhs-v2.pdf (Accessed 7 December 2018)
9. NICE, *Evidence standards framework for digital health technologies*. December 2018. www.nice.org.uk/Media/Default/About/what-we-do/our-programmes/evidence-standards-framework/digital-evidence-standards-framework.pdf (accessed 20 December 2018).
10. 'Is digital medicine different? Editorial', *The Lancet*, Vol 392, July 14 2018, doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31562-9 (accessed 7 December 2018).
11. T. Foley, and J. Woolard, 'Topol Review: Mental Health Stakeholder Engagement Exercise', 2019, www.hee.nhs.uk/our-work/topol-review, to be published
12. M. Hancock, 'My vision for a more tech-driven NHS. Secretary of State for Health and Social Care Matt Hancock's speech at NHS Expo 2018', 6 Sept 2018, www.gov.uk/government/speeches/my-vision-for-a-more-tech-driven-nhs, (accessed 7 December 2018).
13. Department for Digital, Culture, Media and Sport, 'The Digital Strategy', Gov.uk, 2017, www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy, (accessed 7 December 2018).
14. C. Jones and B. Shao, *The net generation and digital natives: implications for higher education*. York, Higher Education Academy, 2011. http://oro.open.ac.uk/30014/1/Jones_and_Shao-Final.pdf (Accessed 7 December 2018)

15. Department for Digital, Culture, Media & Sport, Policy Paper 2. Digital skills and inclusion – giving everyone access to the digital skills they need, March 2017. www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy/2-digital-skills-and-inclusion-giving-everyone-access-to-the-digital-skills-they-need (Accessed 7 December 2018)
16. A. Schleicher, 'The case for 21st century learning', Organisation for Economic Co-operation and Development, N.D. <http://www.oecd.org/general/the-case-for-21st-century-learning.htm> (Accessed 26 September 2018)
17. R. Wachter, *The Digital Doctor*. New York, McGraw Hill Education, 2015
18. E. Coira, 'The fate of medicine in the time of AI', *The Lancet*, Vol 392, Iss 10162, December 2018, doi. org/10.1016/S0140-6736(18)31925-1 (accessed 3 January 2019).
19. R. Duggal, I. Brindle and J. Bagenal, 'Digital healthcare: regulating the revolution', *British Medical Journal*, 360:k6, 2018, doi.org/10.1136/bmj.k6 (accessed 20 December 2018). 360:k6
20. Nuffield Council of Bioethics, 'Briefing Note on Artificial Intelligence in healthcare and research', 2018, <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-and-research.pdf> (accessed 20 December 2018).
21. A. F. T. Winfield and M. Jirotko, 'Ethical Governance Is Essential to Building Trust in Robotics and Artificial Intelligence Systems', *Philosophical Transactions of the Royal Society and Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, A 376, no. 2133, 2018, doi. org/10.1098/rsta.2018.0085 (accessed 31 December 2018).
22. R. C. Arkin, P. Ulam and A. R. Wagner 'Moral Decision Making in Autonomous Systems: Enforcement, Moral Emotions, Dignity, Trust, and Deception' *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. 3, pp. 571-589, 2012. ieeexplore.ieee.org/document/6099675 (Accessed 31 December 2018)
23. A. Sharkey and N. Sharkey. 'Granny and the robots: ethical issues in robot care for the elderly' *Ethics and Information Technology*, Vol 14, Iss 27, 2012 link.springer.com/article/10.1007/s10676-010-9234-6 (Accessed 31 December 2018)
24. World Health Organization 'Health Impact Assessment (HIA) Glossary of terms used', World Health Organization, N.D. <http://www.who.int/hia/about/gloss/en/index1.html> (Accessed 1 October 2018)
25. D. Weiss et al., 'Innovative technologies and social inequalities in health: A scoping review of the literature', *PLOS One*, April 2018, doi.org/10.1371/journal.pone.0195447 (accessed 7 December 2018).
26. L. Robinson et al., 'Digital Inequalities and why they matter', *Information, Communication and Society*, Vol 18, 2015, www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1369118X.2015.1012532 (accessed 7 December 2018).
27. Deloitte, 'Breaking the dependency cycle', Deloitte LLP, London, 2018, www2.deloitte.com/uk/en/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/breaking-dependency-cycling.html (accessed 7 December 2018).
28. C. K. Yamin, et al., 'The Digital Divide in Adoption and Use of a Personal Health Record', *Archives of Internal Medicine*, vol 171, Iss 6, 2011, jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/226918, doi. org/10.1001/archinternmed.2011.34 (accessed 31 December 2018).
29. Department of Health and Social Care, 'Carers Action Plan 2018 – 2020 Supporting carers today', 2018, assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/713781/carers-action-plan-2018-2020.pdf, (accessed 7 December 2018).

30. Carers UK, 'What can tech do for you?', Carers UK, London, n.d., www.carersuk.org/component/cck/?task=download&collection=file_list&xi=0&file=document&id=5917 (accessed 7 December 2018).

31. Tinder Foundation, 'Improving Digital Health Skills in Communities' Good Things Foundation/ NHS England, 2015, www.tinderfoundation.org/sites/default/files/research-publications/improving_digital_health_skills_report.pdf (accessed 7 December 2018).

32. R. Wachter. Making IT work: harnessing the power of health information technology to improve care in England. Report of the National Advisory Group on Health Information Technology in England. London, Department of Health and Social Care, 2016 assets. publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/550866/Wachter_Review_Accessible.pdf (Accessed 7 December 2018)

33. Local Government Association/NHS England, Local Health and Care Record Exemplars: A summary, 2018 www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2018/05/local-health-and-care-record-exemplars-summary.pdf (Accessed 29 September 2018)

34. General Medical Council, 'Regulatory Approaches to Telemedicine' General Medical Council, 2018 www.gmc-uk.org/about/what-we-do-and-why/data-and-research/research-and-insight-archive/regulatory-approaches-to-telemedicine (Accessed 7 December 2018)

35. The Royal College of Physicians, 'Outpatients the Future – adding value through sustainability', The Royal College of Physicians, 2018, www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/outpatients-future-adding-value-through-sustainability (accessed 7 December 2018).

36. R. Martin, H. Shah and H. Stokes-Lampard, 'Online consulting in general practice: making the move from disruptive innovation to mainstream service', *BMJ*, 360, 2018, doi.org/10.1136/bmj.k1195 (accessed 7 December 2018).

37. M. Farr et al., 'Implementing online consultations in primary care: a mixed method evaluation extending normalisation process theory through service co-production', *BMJ Open*, Vol 3, Iss 3, 2018, 8:e019966, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019966> (accessed 7 December 2018).

38. The Health Foundation, Shine: Improving the value of local healthcare services, Feb 2014 www.health.org.uk/sites/health/files/ShineImprovingTheValueOfLocalHealthcareServices.pdf (Accessed 8 July 2018)

39. NHS England, General Practice Forward View, NHS England www.england.nhs.uk/gp/gp/fv/ (Accessed 7 December 2018)

40. Airedale NHS Foundation Trust, 'Telemedicine (Digital Care Hub)', Airedale NHS Foundation Trust, 2018 <http://www.airedale-trust.nhs.uk/services/telemedicine/> (Accessed 7 December 2018)

41. NHS Digital, 'NHS App', NHS Digital, n.d., digital.nhs.uk/services/nhs-app (accessed 17 December 2018).

42. H. Larson 'The biggest pandemic risk? Viral misinformation', *Nature*, Vol 562, Iss 309, 2018, www.nature.com/articles/d41586-018-07034-4, doi.org/10.1038/d41586-018-07034-4 (accessed 7 December 2018).

43. NHS Executive, Promoting Clinical Effectiveness: a framework for action in and through the NHS, Leeds, Department of Health, 1996.

44. NHS England, 'National Pathology Programme.' Digital First: Clinical Transformation through Pathology Innovation', 2014, www.england.nhs.uk/2014/02/npp-digital-first/ (accessed 7 December 2018).
45. Department of Health, 'Report of the Second Phase of the Review of NHS Pathology Services: Chaired by Lord Carter of Coles', Department of Health, 2017, http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130124044941/http://www.dh.gov.uk/prod_consum_dh/groups/dh_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh_091984.pdf (Accessed 7 December 2018)
46. J. O'Neil, (Chaired by), 'Review on antimicrobial resistance. Rapid diagnostics: stopping unnecessary use of antibiotics', Review on antimicrobial resistance', <http://amr-review.org/sites/default/files/Paper-Rapid-Diagnostics-Stopping-Unnecessary-Prescription.pdf> (accessed 7 December 2018).
47. C. Estcourt et al., 'The eSexual Health Clinic system for management, prevention, and control of sexually transmitted infections: exploratory studies in people testing for Chlamydia trachomatis', *The Lancet Public Health*, Vol 2, Iss 4, 2017, [doi.org/10.1016/S24682667\(17\)30034-8](https://doi.org/10.1016/S24682667(17)30034-8) (accessed 7 December 2018).
48. C. S. Wood et al., 'Bringing mHealth Connected Infectious Disease Diagnostics to the Field', In *Press Nature*, 2019.
49. FDA, 'Eversense Continuous Glucose Monitoring (CGM) system – P160048, FDA U.S. Food & Drug Administration, 2018, www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/Recently-ApprovedDevices/ucm614564.htm (accessed 7 December 2018).
50. K. de Miguel et al., 'Home Camera-Based Fall Detection System for the Elderly.' *Sensors (Basel)*, Vol 17 Iss 12, 2017, doi.org/10.3390/s17122864 (accessed 3 January 2019)
51. Oxehealth, 'Elderly', Oxehealth, 2018, www.oxehealth.com/elderly (accessed 3 January 2019)
52. Genomics England, 'The 100,000 Genomes Project', Genomics England, 2014, genomicsengland.co.uk/the100,000-genomes-project/ (accessed 5 December 2018).
53. Department of Health and Social Care, 'Matt Hancock announces ambition to map 5 million genomes', GOV.uk, 2 October 2018, www.gov.uk/government/news/matthancock-announces-ambition-to-map-5-million-genomes (accessed 5 December 2018)
54. B. F. Voight et al., 'The metabochip, a custom genotyping array for genetic studies of metabolic, cardiovascular, and anthropometric traits', *PLoS Genetics*, Vol 8, Iss 8, 2012, e:1002793, doi.org/10.1371/journal.pgen.1002793 (accessed 17 December 2018).
55. Nature Medicine, 'GWAS to the people: Editorial', *Nature Medicine*, Vol 24, Iss 1483, 2018, doi.org/10.1038/s41591-018-0231-3 (accessed 7 December 2018).
56. M. B. Hoy., 'Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants'. *Medical Reference Services Quarterly*, Vol 37, Iss 1, 2018, doi.org/10.1080/02763869.2018.1404391 (accessed 7 December 2018).
57. S. Basma, et al., 'Error rates in breast imaging reports: comparison of automatic speech recognition and dictation transcription', *American Journal of Roentgenology*, Vol 197, Iss 4, 2011, www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.11.6691 (accessed 7 December 2018).

58. T. Hodgson and E. Coiera, 'Risks and benefits of speech recognition for clinical documentation: a systematic review', *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol 23, Iss e1, 2016, doi.org/10.1093/jamia/ocv152 (accessed 7 December 2018).
59. L. Deng, G. Hinton and B. Kingsbury, 'New types of deep neural network learning for speech recognition and related applications: An overview', *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2013 IEEE International Conference on 2013 May 26, doi.org/0.1109/ICASSP.2013.6639344
60. Code4Health, 'Case Study – An NLP Enabled Mental Health Chatbot'. Apperta Foundation 2018, code4health.org/assets/publication/casestudy-mhchatbot. pdf (Accessed 7 December 2018)
61. D. Andersen et al., 'An augmented Reality-Based Approach for Surgical Telementoring in Austere Environments', *Military Medicine*, Vol 182, 2017, doi.org/10.7205/MILMED-D-16-00051
62. H. G. Hoffman, 'Virtual reality as an adjunctive pain control during burn wound care in adolescent patients', *Pain*, Vol 85, Iss 1-2, 2000, journals.lww.com/pain/Abstract/2000/03010/Virtual_reality_as_an_adjunctive_pain_control.39.aspx, doi.org/10.1016/S0304-3959(99)00275-4, (accessed 7 December 2018).
63. S. Scapin et al., 'Virtual Reality in the treatment of burn patients: A systematic review', *Burns*, Vol 44, Iss 6, 2018, doi.org/10.1016/j.burns.2017.11.002, (accessed 7 December 2018).
64. E. Chan, et al. 'Clinical efficacy of virtual reality for acute procedural pain management: A systematic review and meta-analysis', *PLoS One*, Vol 13, Iss 7, 2018, doi.org/10.1371/journal.pone.0200987 (accessed 7 December 2018).
65. V.C Tashjian, et al., 'Virtual Reality for Management of Pain in Hospitalized Patients: Results of a Controlled Trial', *JMIR Mental Health*, Vol 4, Iss 1, 2017, doi.org/10.2196/mental.7387 (accessed 7 December 2018).
66. R. Goncalves et al, 'Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: a systematic review', *PLoS One*, Vol 7, Iss 12, 2012, doi.org/10.1371/journal.pone.0048469 (accessed 7 December 2018).
67. D. Opris et al, 'Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a quantitative meta-analysis', *Depression and Anxiety*, Vol 29, Iss 2, 2012, doi.org/10.1002/da.20910 (accessed 7 December 2018).
68. C. Botella et al., 'Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias: A Systematic Review', *Current Psychiatry Reports*, Vol 19, Iss 7, 2017, doi.org/10.1007/s11920-017-0788-4 (accessed 7 December 2018).
69. N. Hainc, et al., 'The bright, artificial intelligence-augmented future of neuroimaging reading', *Frontiers in Neurology*, Vol 8 Iss 489, 2017, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5613097/, doi.org/10.1007/s11920-0170788-410.3389/fneur.2017.00489 (accessed 7 December 2018).
70. House of Lords Select Committee on Artificial Intelligence, 'AI in the UK: ready, willing and able?', House of Lords, 2018, publications.parliament.uk/pa/ld201719/ldselect/ldai/100/100.pdf (accessed 7 December 2018).
71. M. Thissen et al., 'mHealth App for Risk Assessment of Pigmented and Nonpigmented Skin Lesions—A Study on Sensitivity and Specificity in Detecting Malignancy', *Telemedicine and e-Health*, 2017, Vol 23, Iss 12, doi.org/10.1089/tmj.2016.0259 (accessed 17 December 2018).

72. Intuitive, ‘Innovating for minimally invasive care’, Intuitive Surgical, 2018, www.intuitive.com/ (accessed 17 December 2018).
73. Stryker, ‘Mako – Robotic-Arm Assisted Surgery’, Stryker 1998-2018, November 2018, www.stryker.com/us/en/portfolios/orthopaedics/joint-replacement/makoroboticarm-assisted-surgery.html (accessed 17 December 2018).
74. Auris, ‘Transforming Medical Intervention – Monarch’, Auris Health, Inc., 2018, www.aurishealth.com/ (accessed 17 December 2018).
75. Medrobotics, ‘See more, Reach more, Treat more’, MedRobotics Corporation, 2018, medrobotics.com/ (accessed 17 December 2018).
76. Open Bionics, ‘Introducing the Hero Arm’, Open Bionics, 2018, openbionics.com/ (accessed 17 December 2018).
77. NHS England, ‘Supporting routine frailty identification and frailty through the GP Contract 2017/2018’, NHS England, 2017, www.england.nhs.uk/publication/supportingroutine-frailty-identification-and-frailty-through-the-gpcontract-20172018/ (accessed 3 January 2019).
78. A. M. Alaa and M. van der Scharr, ‘Bayesian Inference of Individualized Treatment Effects using Multi-task Gaussian Processes’, NIPS, 2017.
79. A. M. Alaa and M. van der Scharr, ‘Limits of Estimating Heterogeneous Treatment Effects: Guidelines for Practical Algorithm Design’, ICML, 2018.
80. A. M. Alaa and M. van der Scharr, ‘Prognostication and Risk Factors for Cystic Fibrosis via Automated Machine Learning’, Scientific Reports, 8, 2018.
81. A. M. Alaa et al., ‘ConfidentCare: A Clinical Decision Support System for Personalized Breast Cancer Screening’, IEEE Transactions on Multimedia, Vol 18, Iss 10, 2016, doi.org/10.1109/TMM.2016.2589160
82. A. Rajkomar et al., ‘Scalable and accurate deep learning with electronic health records’, NPJ Digital Medicine, Vol 1, May 2018, doi.org/10.1038/s41746-018-0029-1 (accessed 7 December 2018).
83. O.C. Redfern et al., ‘Predicting in-hospital mortality and unanticipated admissions to the intensive care unit using routinely collected blood tests and vital signs: development and validation of a multivariable model’, Resuscitation, Vol 133, 2018, doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.09.021 (accessed 7 December 2018).
84. J. Yoon, A. M. Alaa, and M. van der Schaar, ‘ForecastICU: A Prognostic Decision Support System for Timely Prediction of Intensive Care Unit Admission’, ICML, 2016.
85. A. M. Alaa et al, ‘Personalized risk scoring for critical care prognosis using mixtures of Gaussian processes’, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol 65, Iss 1, 2018, doi.org/10.1109/TBME.2017.2698602 (accessed 7 December 2018).
86. B. Lim and M. van der Scharr, ‘Disease-Atlas: Navigating Disease Trajectories using Deep Learning’, Proceedings of Machine Learning Research, 85, 2018.
87. W. Miesbach, et al. ‘Gene therapy with adenoassociated virus vector 5-human factor IX in adults with hemophilia B’, Blood, Vol 131, Iss 9, 2018, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5833265/ doi.org/10.1182/blood-2017-09-804419 (accessed 7 December 2018).
88. A. Aiuti, M. G. Roncarolo and L. Naldini, ‘Gene therapy for ADA SCID, the first marketing approval of an ex vivo gene therapy in Europe: paving the road for the next generation of advanced therapy medicinal products’, EMBO Molecular Medicine, Vol 9, Iss 6, 2017, doi.org/10.15252/emmm.201707573 (accessed 7 December 2018).

89. D.L. Porter, et al., 'Chimeric antigen receptor-modified T cells in chronic lymphoid leukemia', *New England Journal of Medicine*, Vol 365, 2011, www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1103849, doi.org/10.1056/NEJMoa1103849 (accessed 7 December 2018).

90. National Institute for Health and Care Excellence, 'Tisagenlecleucel for treating relapsed or refractory diffuse large B-cell lymphoma after 2 or more systemic therapies. In development [GID-TA10269]', National Institute for Health and Care Excellence, 2018, www.nice.org.uk/guidance/indevelopment/gid-ta10269 (accessed October 2018).

91. S. F. Bellringer et al., 'Standardised virtual fracture clinic management of radiographically stable Weber B ankle fractures is safe, cost effective and reproducible', *Injury*, Vol 48, Part 7, 2017, doi.org/10.1016/j.injury.2017.04.053 (accessed 7 December 2018).

92. K Brogan, et al., 'Virtual fracture clinic management of fifth metatarsal, including Jones', fractures is safe and cost-effective', *Injury*, Vol 48, Iss 4, 2017, doi.org/10.1016/j.injury.2017.02.003 (accessed 7 December 2018).

93. Auld F, Re: Health Education England – Virtual Fracture Clinics. [Message to M. Hammerton] 14th November 2018.

94. R. Zachariae, et al., 'Efficacy of internet-delivered cognitivebehavioral therapy for insomnia – A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials', *Sleep Medicine Reviews*, Vol 30, 2016, doi.org/10.1016/j.smrv.2015.10.004 (accessed 7 December 2018).

95. NHS England, 'Adult Improving Access to Psychological Therapies programme', NHS England, 2018 www.england.nhs.uk/mental-health/adults/iapt/ (Accessed 7 December 2018)

96. J. C. M. Wan et al., 'Liquid biopsies come of age: towards implementation of circulating tumour DNA', *Nature Reviews Cancer*, Vol 14, Iss 4, 2017, doi.org/10.1038/nrc.2017.7

97. J. D. Cohen et al., 'Detection and localization of surgically resectable cancers with a multi-analyte blood test', *Science*, 359, 2018, doi.org/10.1126/science.aar3247

98. E. Heitzer et al., 'The potential of liquid biopsies for the early detection of cancer', *npj Precision Oncology*, Vol 1, Iss 36, 2017, doi.org/10.1038/s41698-017-0039-5

99. Y. Wang et al., 'Evaluation of liquid from the Papanicolaou test and other liquid biopsies for the detection of endometrial and ovarian cancers', *Science Translational Medicine*, Vol 10, Iss 433, 2018, doi.org/10.1126/scitranslmed.aap8793

100. A. V. Khera and S. Kathiresan, 'Genetics of coronary artery disease: discovery, biology and clinical translation', *Nature Reviews Genetics*, Vol 18, Iss 6, 2017, doi.org/10.1038/nrg.2016.160

101. P. Natarajan et al., 'Polygenic risk score identifies subgroup with higher burden of atherosclerosis and greater relative benefit from statin therapy in the primary prevention setting', *Circulation*, 135, 2017, dx.doi.org/10.1161%2FCIRCULATIONAHA.116.024436 (accessed 3 January 2019).

102. P. Valdastrì et al., 'Painless colonoscopy for patients with Inflammatory Bowel Disease' University of Leeds, 2018 robotics.leeds.ac.uk/case-studies/painless-colonoscopy-forpatients-with-inflammatory-bowel-disease/ (accessed 7 December 2018)

103. A. M. Alaa, M. van der Schaar, 'AutoPrognosis: Automated Clinical Prognostic Modeling via Bayesian Optimization with Structured Kernel Learning', ICML, 2018, arxiv.org/abs/1802.07207v1 (accessed 3 January 2019)
104. A. M. Alaa, M. van der Schaar, 'Prognostication and Risk Factors for Cystic Fibrosis via Automated Machine Learning', Scientific Reports, 2018, doi.org/10.1038/s41598-018-29523-2 (accessed 3 January 2019).
105. E. J. Topol, 'High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence', Nature Medicine, 2019, doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7
106. L. Tarassenko and E. J. Topol, 'Monitoring Jet Engines and the Health of People', JAMA, Vol 320, Iss 22, 2018, doi.org/10.1001/jama.2018.16558 (accessed 3 January 2019).
107. S. Raza et al., 'The personalised medicine technology landscape', PHG Foundation, 2018, p. 13, [http:// www.phgfoundation.org/documents/phgf-personalised-medicine-technology-landscape-report-50918.pdf](http://www.phgfoundation.org/documents/phgf-personalised-medicine-technology-landscape-report-50918.pdf) (accessed 18 December 2018).
108. N. Siva, 'UK gears up to decode 100 000 genomes from NHS patients', Lancet, vol. 385, no. 9963, [doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62453-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62453-3) (accessed 3 January 2019).
109. Public Health England, 'Implementing Pathogen Genomics: a Case Study', GOV.uk, 2 August 2018, www.gov.uk/government/publications/implementing-pathogen-genomics-a-case-study (accessed October 2018).
110. Department of Health and Social Care, 'Code on Genetic Testing and Insurance', GOV.uk, 23 October 2018, www.gov.uk/government/publications/code-on-genetic-testing-and-insurance (accessed Oct 2018).
111. Department of Health and Social Care, 'Chief Medical Officer annual report 2016: generation genome', GOV.uk, 20 July 2017, www.gov.uk/government/publications/chief-medical-officer-annual-report-2016-generationgenome (accessed October 2018).
112. The Point of Care Foundation, 'EBCD: Experience Based Co-design Toolkit', The Point of Care Foundation, n.d., www.pointofcarefoundation.org.uk/resource/experiencebased-co-design-ebcd-toolkit/ (accessed 10 October 2018).
113. Good Things Foundation, 'NHS Widening Digital Participation: improving healthcare outcomes through digital inclusion,' Good Things Foundation: Digital Health Lab, 2018, digital-health-lab.org/ (accessed 10 October 2018).
114. Great Ormond Street Hospital (GOSH), 'Opening our new digital hub for healthcare', Great Ormond Street Hospital for Children NHS Foundation Trust, 11 October 2018, www.gosh.nhs.uk/news/opening-ournew-digital-hub-healthcare (accessed 15 October 2018).
115. The AHSN Network, 'Accelerating Artificial Intelligence in health and care: results from a state of the nation survey', Kent Surrey Sussex Academic Health Science Network, Autumn 2018, www.kssahsn.net/what-we-do/our-news/news/Documents/AI-Strategy.pdf (accessed 6 December 2018).
116. E. Harwich and K. Laycock, 'Thinking on its own: AI in the NHS', Reform, January 2018, reform.uk/sites/default/files/2018-11/AI%20in%20Healthcare%20report_WEB.pdf (accessed 6 December 2018).

117. Department of Health and Social Care, 'Initial code of conduct for data-driven health and care technology', GOV.uk, 5 September 2018, www.gov.uk/government/publications/code-of-conduct-for-data-driven-health-and-care-technology/initial-code-of-conduct-for-data-drivenhealth-and-care-technology (accessed 6 December 2018).

118. L. Donnelly, 'Junior Doctors "spend up to 70 per cent of time on paperwork"', The Telegraph, 8 December 2015, www.telegraph.co.uk/news/health/news/12037469/Junior-doctors-spend-up-to-70-percent-of-time-onpaperwork.html (accessed 6 December 2018).

119. University College London (UCL) Computer Science, 'UCL Computer Science Student Showcase 2018 Book of Abstracts, University College London (UCL), 2018, <http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/D.Mohamedally/ixn2018.pdf> (accessed 6 December 2018).

120. J. Manyika et al., 'The productivity puzzle: a closer look at the United States – Discussion Paper', McKinsey & Company, March 2017, p. 7, www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Employment%20and%20Growth/New%20insights%20into%20the%20slow-down%20in%20US%20productivity%20growth/MGI-The-productivity-puzzle-Discussion-paper.ashx (accessed 25 November 2018).

121. L. Hariss, 'Automation and the Workforce', House of Commons Library [web blog], 28 June 2017, commonslibrary.parliament.uk/key-issues/automation-and-the-workforce/ (accessed 6 December 2018).

122. C Glazener, et al. 'Conservative treatment for urinary incontinence in Men After Prostate Surgery (MAPS): two parallel randomised controlled trials.' Health Technol Assess, Vol15, Iss 24, pp.1-290, 2011 doi.org/10.3310/hta15240 (Accessed 3 January 2019)

123. A. McKirdy and A. M. Imbuldeniya, 'The clinical and cost effectiveness of a virtual fracture clinic service: An interrupted time series analysis and before-and-after comparison', Bone and Joint Research, Vol 6, Iss 5, 2017, doi.org/10.1302/2046-3758.65.BJR-2017-0330.R1 (accessed 31 December 2018).

124. NHS Digital, 'Hospital Outpatient Activity 2017-18', October 2018, digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/hospital-outpatient-activity/2017-18 (accessed 7 December 2018).

125. K. Logishetty and S. Subramanyam, 'Adopting and sustaining a Virtual Fracture Clinic model in the District Hospital setting – a quality improvement approach', BMJ Quality Improvement Reports, 6:u220211.w7861, 2017, doi.org/10.1136/bmjquality.u220211.w7861 (accessed 31 December 2018).

126. P. J. Jenkins, et al., 'Fracture clinic redesign reduces the cost of outpatient orthopaedic trauma care', Bone and Joint Research, Vol 5, Iss 2, pp.33-36, 2016, doi.org/10.1302/2046-3758.52.2000506 (accessed 31 December 2018).

127. NHS Innovation Accelerator, Implementation Toolkit – myCOPD, 2017, http://www.ahsnnetwork.com/wp-content/uploads/2014/12/Implementation-Toolkit_myCOPD.pdf (accessed 31 December 2018).

128. NHS England, 'Overview of potential to reduce lives lost from Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)', February 2014, www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2014/02/rm-fs-6.pdf (accessed 31 December 2018).

129. Oxford AHSN & University of Oxford, 'GDm-health website', 2016, ouhbsp.oxnet.nhs.uk/gdm/ (accessed 31 December 2018).

130. L. H. Mackillop et al., 'Trial protocol to compare the efficacy of a smartphone-based blood glucose management system with standard clinic care in the gestational diabetic population', *BMJ Open*, Vol 6, Iss 3, 2016, doi.org/10.2196/mhealth.9512 (accessed 31 December 2018).

131. NICE, Health app: GDM-Health for people with gestational diabetes: Medtech innovation briefing [MIB131], 2017 www.nice.org.uk/advice/mib131 (Accessed 29 December 2018)

132. R. Binks, 'The Art of the Possible – Telemedicine in Health Care', 2018, www.kssahsn.net/what-we-do/our-news/ events/Past%20events%202017/The%20Art%20of%20 the%20possible%20Telemedicine%20in%20Health%20 Care%2020.03.18.pdf (accessed 31 December 2018).

133. Health Education England, 'National Urgent and Emergency Care Programme Team: SRO Briefing Care Home Conveyances and Attendances at the ED', 2018, Unpublished.

134. P. Smith et al., 'Focus on: Hospital admissions from care homes', The Health Foundation, 2015, www. health.org.uk/sites/default/files/QualityWatch_FocusOnHospitalAdmissionsFromCareHomes.pdf (accessed 3 January 2019).

135. T. De Castella, 'Call for care homes to adopt 'red bags' for hospital admissions', *Nursing Times*, June 2018, www.nursingtimes.net/news/community/ call-for-care-homes-to-adopt-red-bags-for-hospitaladmissions/7025030.article (accessed 31 December 2018).

136. Digital Health, 'The impact of clinical speech recognition in the Emergency Department at South Tees Hospitals NHS Foundation Trust', *Digital Health*, 27 February 2018, https://www.digitalhealth.net/2018/02/impact-clinicalspeech-recognition-emergency-department-south-teeshospitals-nhs-foundation-trust/ (accessed 31 December 2018)

137. NHS England, 'A&E Attendances and Emergency Admissions 2018-19', 13 December 2018, www. england.nhs.uk/statistics/statistical-work-areas/ae-waitingtimes-and-activity/ae-attendances-and-emergencyadmissions-2018-19/ (accessed 31 December 2018).

138. NHS England, 'Hospital Activity, 2018', www.england.nhs.uk/statistics/statistical-work-areas/hospital-activity/ (accessed 7 December 2018).

139. BMA, 'General practice in the UK - background briefing', 2017, www.bma.org.uk/-/media/files/pdfs/news%20 views%20analysis/press%20briefings/general-practice. pdf?la=en (accessed 7 December 2018).

140. Kheiron Medical Technologies, 'Kheiron's deep learning software for breast screening receives UK Government funding as part of a new artificial intelligence strategy for early-stage cancer diagnosis', November, 2018, www.kheironmed.com/news/kheirons-deep-learning-softwarefor-breast-screening-receives-uk-government-funding-aspart-of-nhs-drive-to-test-innovative-technologies (accessed 31 December 2018).

141. H. Harvey, Clinical Director at Kheiron Medical Technologies; Royal College of Radiologists Committee for Medical Imaging Informatics. Co-Chair of the Topol Review Artificial Intelligence and Robotics workstream. [Expert opinion email] December 2018.

142. NHS Digital, 'NHS Workforce Statistics - February 2018', May 2018, digital.nhs.uk/data-and-information/ publications/statistical/nhs-workforce-statistics/nhs-workforce-statistics---february-2018 (accessed 31 December 2018).

143. NHS England, 'Diagnostic Imaging Dataset Statistical Release', May 2017, www.england.nhs.uk/statistics/wp-content/uploads/sites/2/2016/08/Provisional-MonthlyDiagnostic-Imaging-Dataset-Statistics-2017-05-18.pdf (accessed 31st December 2018).
144. Health Education England, 'Building a digital ready workforce,' Health Education England, n.d. www.hee.nhs.uk/our-work/building-digital-ready-workforce (accessed 6 December 2018).
145. E. M. Rogers, *Diffusion of innovations*, 4th edn., New York, the Free Press: a division of Simon and Schuster, 2010.
146. M. Smith et al., 'Factors influencing an organisation's ability to manage innovation: A structured literature review and conceptual model', *International Journal of Innovation Management*, Vol 12, Iss 4, doi.org/10.1142/S1363919608002138 (accessed 3 January 2019)
147. R. Francis QC, 'Report of the Mid Staffordshire NHS Foundation Trust Public Enquiry: Executive Summary', The Mid Staffordshire NHS Foundation Trust Public Enquiry, 2013, assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/279124/0947.pdf (accessed 6 December 2018).
148. Government Digital Service, 'About us', GOV.uk, n.d., www.gov.uk/government/organisations/government-digital-service/about (accessed 6 December 2018).
149. Perfect Patient Pathway, 'Digital Health: Developing health professionals' capacity to support patients', Yorkshire and Humber Academic Health Science Network, June 2018, www.yhahsn.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/Digital-Health-Training-Test-Bed-Evaluation.pdf (accessed 6 December 2018).
150. J. Bughin et al., 'Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce', McKinsey & Company, 2018, www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20Shift%20Automation%20and%20the%20Future%20of%20the%20Workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx (accessed 6 December 2018).
151. NHS England, 'NHS Digital Academy', NHS England, n.d., www.england.nhs.uk/digitaltechnology/nhs-digitalacademy/ (accessed 6 December 2018).
152. Sustainable Improvement Team and Horizons Team, 'Leading large scale change: A practical guide', NHS England, April 2018, www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2017/09/practical-guide-large-scale-change-april2018-smll.pdf (accessed 6 December 2018).
153. H. Bevan and S. Fairman, 'The new era of thinking and practice in change and transformation: a call to action for leaders of health and care', *NHS Improving Quality*, 2014, www.england.nhs.uk/improvement-hub/wp-content/uploads/sites/44/2018/09/Change-and-TransformationWhite-Paper.pdf (accessed 6 December 2018).
154. T. Greenhalgh et al., 'Beyond adoption: a new framework for theorizing and evaluating nonadoption, abandonment, and challenges to the scale-up, spread, and sustainability of health and care technologies', *Journal of medical Internet Research*, vol. 19, no. 11, 2017, www.jmir.org/2017/11/e367/, doi.org/10.2196/jmir.8775 (accessed 7 December 2018).
155. J. Morris et al., 'Virtual webcam clinics: Benefits and challenges. The Newham experience', *Diabetes Care for Children & Young People*, 5, 2016.

156. Barts Health NHS Trust, 'Web-based Consultations in diabetes – a useful tool for supporting patient self-management? DREAMS - Diabetes Review, Engagement and Management via Skype', The Health Foundation, 2014, <http://www.jmir.org/article/downloadSuppFile/9897/73258> (accessed 18 December 2018).
157. S. Shaw et al., 'Advantages and limitations of virtual online consultations in a NHS acute trust: the VOCAL mixed-methods study', *Health Services and Delivery Research*, Vol 6, Iss 21, 2018, doi.org/10.3310/hsdr06210 (accessed 20 December 2018)
158. The Evidence Centre for Skills for Health, 'How do new technologies impact on workforce organisation: Rapid review of international evidence', Skills for Health, 2011, http://www.skillsforhealth.org.uk/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=101&cf_id=24 (accessed 6 December 2018).
159. R. Price, 'Breaking Through Barriers to the Technology Enhanced Learning', *Health Education England Technology Enhanced Learning Blog* [web blog], 22 November 2015, telblog.hee.nhs.uk/2015/11/22/breaking-through-the-barriers-to-technology-enhanced-learning/ (accessed 6 December 2018).
160. P. R. Pintrich, 'An achievement goal theory perspective on issues in motivation terminology, theory, and research', *Contemporary Educational Psychology*, Vol 25, Iss 1, 2000, doi.org/10.1006/ceps.1999.1017 (accessed 3 January 2019)
161. A. Gilbert et al., 'Perceptions of junior doctors in the NHS about their training: results of a regional questionnaire', *BMJ Quality & Safety*, vol. 21, no. 3, 2012, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjqs-2011-000611> (accessed 7 December 2018).
162. G. Mulgan, *Big Mind: How Collective Intelligence Can Change Our World*. Princeton, Princeton University Press, 2017.
163. H. Gardner, *Five Minds for the Future (Leadership for the Common Good)*, Boston, Harvard Business Review Press, 2009.
164. R. Luckin, *Machine Learning and Human Intelligence: the future of Education for the 21st century*, London, University College London, Institute of Education Press, 2018.
165. M. Batalden et al., 'Coproduction of healthcare service', *BMJ Quality & Safety*, vol. 25, no. 7, 2016, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjqs-2015-004315> (accessed 7 December 2018).
166. mHabitat, *People-centred digital innovation website*, 2018 wearemhabitat.com/ (accessed 20 December 2018)
167. X. Liu, P. Keane and A. Denniston, 'Time to regenerate: the doctor in the age of artificial intelligence', *Journal of the Royal Society of Medicine*, vol. 111, no. 4, 2018, journals.sagepub.com/doi/10.1177/0141076818762648, doi.org/10.1177/0141076818762648, (accessed 7 December 2018).
168. Department of Health, 'A Framework for Technology Enhanced Learning', GOV.uk, November 2011, assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/215316/dh_131061.pdf (accessed 6 December 2018).
169. Health Education England and Royal College of Nursing, 'Improving Digital Literacy', Health Education England, 2016, www.hee.nhs.uk/sites/default/files/documents/Improving%20Digital%20Literacy%20-%20HEE%20and%20RCN%20report.pdf (accessed 18 December 2018).
170. R. Chambers et al., 'You too can be a digital practice nurse champion', *Practice Nurse*, June 2018.

171. NHS, 'A Health and Care Digital Capabilities Framework', Health Education England, 2018, www.hee.nhs.uk/sites/default/files/documents/Digital%20Literacy%20Capability%20Framework%202018.pdf (accessed 18 December 2018).

172. ECORYS UK, 'Digital Skills for the UK Economy', Department for Business Innovation and Skills; Department for Culture Media and Sport, 2016, assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492889/DCMSDigitalSkillsReportJan2016.pdf (accessed 6 December 2018).

173. Health Education England, 'Literature Review: Examining the extent to which digital literacy is seen as a challenge for trainers, learners and employees in the workplace', Health Education England, n.d., www.hee.nhs.uk/our-work/digital-literacy (accessed 6 December 2018).

174. S. Hill, 'England's Genomics Education Programme for NHS Healthcare professionals', Genomics Education Programme and Health Education England, n.d., www.genome.gov/multimedia/slides/intlgenomicseducation/hill_s.pdf (accessed 6 December 2018).

175. J. Smith. In Nursing and Midwifery Council (NMC), 'New NMC standards shape the future of nursing for next generation', Nursing and Midwifery Council (NMC) [web blog], 22 May 2018, www.nmc.org.uk/news/pressreleases/new-nmc-standards-shape-the-future-of-nursing-for-next-generation/ (accessed 6 December 2018).

176. I. Beckley, 'Reflections from my time at DeepMind Health', Medium [web blog], 20 September 2018, medium.com/@ivanbeckley/reflections-from-my-time-at-deepmindhealth-3063cf226bbd (accessed 21 September 2018).

177. Health Education England, 'Recruitment based on the NHS Constitution', Health Education England, n.d., www.hee.nhs.uk/our-work/values-based-recruitment (accessed 10 September 2018).

178. Dr Eric Topol: Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future (short version) [online video], Presenter Dr Eric Topol, UK, 26 June 2018, www.youtube.com/watch?v=f2UTxtgSFzU (accessed 25 November 2018).

Глоссарий

AI - Artificial Intelligence ИИ – Искусственный интеллект

“Относится к широкой научной области, включающей не только информатику, но также философию, психологию, лингвистику и пр. ИИ имеет в виду использование компьютеров для решения задач, для чего обычно требуется человеческий интеллект”. (Srefan van Duin and Naser Bakshi, 2017), www2.deloitte.com/se/sv/pages/technology/articles/part1-artificial-intelligence-defined.html.

Augmented reality – дополненная реальность

“Добавление полученного с помощью компьютера результата, такого как изображение или звук, к представлению человека или его опыта либо окружения с помощью любого из различных электронных устройств” (Заимствовано из OED, 2018) (см. также Virtual reality).

Automatic speech recognition technologies – автоматизированные технологии распознавания речи

“Относится к моделям, алгоритмам и системам для автоматизированного преобразования записанной речи в текст”. (Заимствовано из учебного материала в Школе информатики в университете Эдинбурга), www.if.ed.ac.uk/teaching/courses/asr

Bionanotechnology - бионанотехнологии

“Раздел нанотехнологии, в котором используются исходные биологические материалы, применяются принципы биологического воплощения или обработки, или применяются в медицине либо биотехнологии”. (Заемствовано из Norwegian University for Science and Technology, 2015), www.ntnu.edu/physics/biono.

CBT – cognitive behavioural therapy – когнитивная поведенческая терапия

“Разговорная терапия, которая поможет вам справиться со своими проблемами, изменив образ мышления и поведения”. (Заемствовано из NHS Choices, 2016), www.nhs.uk/conditions/cognitive-behavioural-therapy-cbt/

CCIO – Chief Clinical Information Officer – главный специалист по клиническим данным

“Обеспечивает руководство и управление деятельностью в области информационно-коммуникационных технологий и информации для поддержки безопасного и эффективного планирования, внедрения и использования решений в области информатики для улучшения качества и результатов медицинской помощи”. (Заемствовано из Department of Health, n.d.)

www.digitalhealth.net/includes/images/Document_Library0365/Chief_Clinical_Information_Officer_job_description.pdf.

Clinical bioinformatician – специалист в области клинической биоинформатики

Работает с междисциплинарными бригадами для анализа и сообщения о геномных данных в настоящее время и о фенотипических данных в будущем, в контексте заботы о пациенте [4].

COPD – chronic obstructive pulmonary disease – ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких

“Наименование группы острых легочных заболеваний, которые вызывают трудности с дыханием”. (Заемствовано из NHS Choices, 2016),

www.nhs.uk/conditions/chronic-obstructive-pulmonary-disease-copd/

Deep Learning – глубокое обучение

Глубокое обучение – класс алгоритмов машинного обучения, в которых:

- используется последовательность нескольких слоев нелинейных устройств обработки данных для извлечения и преобразования элементов. В качестве последовательного слоя используется результат предыдущего слоя как исходная информация;

- обучение в контролируемых (например, классификация) и/или неконтролируемых (например, объединение в кластеры) формах;

- обучение на нескольких уровнях представления, которые соответствуют различным уровням абстракции; уровни образуют иерархию концепций (заемствовано из Википедии, 2018), en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning

Digital therapeutics – цифровая терапевтика

“Вмешательство на основе программного обеспечения”, например, в виде приложений, или онлайн-вмешательствах, “в качестве ключевых ингредиентов”, а не лекарств. Она может быть также описана в понятиях цифровой медицины, и иногда упоминается как “цифровые технологии в фармации”. (Заемствовано из McKinsey, 2018, и Fart, 2017), www.mckinsey.com/industries/pharmaceuticals-and-medical-products/our-insights/exploring-the-potential-of-digital-therapeutics

DNA – ДНК

Дезоксирибонуклеиновая кислота является “химическим веществом, в котором содержится или ‘кодируется’ генетическая информация. ДНК состоит из четырех различных химических (азотистых) оснований, известных как А (аденин), С (цитозин), G (гуанин) и Т (тимин)”. (Заимствовано из Genomics Education Programme’s Whole Genome Sequencing Glossary, n.d.)

Dynamic reporting- динамическая отчетность

“Геномный учет, который развивается, чтобы поддерживать соответствие индивидуальному клиническому контексту пациента в течение его жизни”. (Заимствовано из Vassy et al, 2016), www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4348324/.

Genomic biomarkers – геномные биомаркеры

“Поддающиеся оценке характеристики, которые отражают физиологические, фармакологические или болезненные процессы. Они позволяют сделать идентификацию больного гена (с генетическими нарушениями), геномных сигнатур¹⁰¹ для оценки терапевтического риска или риска заболевания и профилей взаимодействия гена со средой (микробиом)”. (Заимствовано из Guest et al, 2013 и the National Institute for Health Research, 2016), www.guysandstthomasbrc.ac.uk/research/research-themes/genomic-medicine/.

Genomic data – геномные данные

Информация о геноме – “полный генетический материал организма, включая как гены, которые дают инструкцию о производстве белков (2%) и не кодирующих сегментов ДНК (8%)”. (Заимствовано из Genomic Education Programme’s Whole Genome Sequencing Glossary, n.d.)

Genotyping – генотипирование

“Процесс определения последовательностей ДНК организма для выявления различий в его генетическом строении”. (Заимствовано из 23andMe, 2017), customercare.23andme.com/hc/en-us/articles/2029004600-What-is-the-difference-between-genotyping-and-sequencing.

HEE – Health Education England (см. сноску 6)

Орган, ответственный за обучение медицинских кадров НСЗ в Англии

Hospital at home schemes – схемы больницы на дому

“Предоставление возможности оставаться дома пациентам при получении экстренной помощи и внимания от бригады “больница на дому”” (Заимствовано из промежуточного отчета).

Human Factors expert – эксперт в области человеческих факторов

Тот, кто осведомлен о “повышении клинической эффективности путем понимания воздействий командной работы, задач, оборудования, культуры и организации на поведение человека и его способности, а также применения этих знаний в клинических условиях”. (Заимствовано из NHS England, n.d.),

www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2013/11/nqb-hum-fact-concord.pdf.

¹⁰¹ Геномная сигнатура – характеристическая частота олигонуклеотидов (коротких фрагментов ДНК или РНК, получаемых либо путем химического синтеза, либо расщеплением более длинных нуклеотидов, которые используются в качестве маркеров, позволяющих диагностировать болезни) в геноме или последовательности.

Immersive technologies – иммерсивные технологии

“Глубоко привлекательный, мультисенсорный цифровой опыт, который можно передавать с использованием дополненной, виртуальной реальности, видео с охватом 360°, смешанной реальности¹⁰² и других технологий. Форматы различаются”. (Займствовано из Deloitte, 2018),

<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/tech-trends/2018/immersive-technologies-digital-reality.html>.

Machine learning – машинное обучение

Машинное обучение – раздел ИИ, который дает возможность компьютерным системам обучаться непосредственно на примерах, данных и опыте. С помощью компьютеров, которые могут интеллектуально решать конкретные задачи, системы машинного обучения могут осуществлять сложные процессы, обучаясь на данных, а не следуя запрограммированным правилам, royalsocietypublishing.org/~/media/policy/projects/machine-learning/publications/machine-learning-report.pdf.

Modifiable risk factors – устранимые факторы риска

“Факторы риска – патологические состояния, которые повышают риск развития у вас заболевания”. Если они устранимы, это означает, что “вы можете принять меры для изменения их”. Примеры включают “курение, ожирение, высокое кровяное давление, высокий уровень холестерина, чрезмерное потребление алкогольных напитков и физическую усталость” (Займствовано из USCF Health, n.d. и Public Health England, 2018),

www.uscfhealth.org/education/understanding_your_risk_for_health_disease/.

Natural language processing – обработка естественного языка

“Используется передовая нейронная сеть для анализа человеческого языка. Когда алгоритм ИИ обучается для интерпретирования общения на естественном языке, это называется обработкой естественного языка. Это полезно для виртуального собеседника и услуг по переводу, но используется также в виде самых современных помощников ИИ, таких как Alexa (см. сноску 35) и Siri (см. сноску 34)” (Tristan Greene, 2017), thenextweb.com/artificial-intelligence/2017/09/10/glossary-basic-artificial-intelligence-terms-concepts/.

Online care pathway – план ведения ухода в режиме онлайн

План ведения ухода в режиме онлайн определяется как ведение ухода, при котором все или некоторые элементы ухода достигаются в режиме онлайн, и это сложная процедура со взаимным принятием решения и организацией процесса ухода за четко определенной группой пациентов в течение четко определенного периода. (Адаптировано из <http://e-p-a.org/care-pathways/>).

Pathogen and microbiome sequencing – секвенирование патогенных организмов и микробиома

Метод, используемый для определения точной нуклеотидной последовательности патогенных организмов – “организмов, вызывающих заболевание” и микробиома человека – “сообщества триллионов бактерий, археобактерий, вирусов и других микробов, которые являются неотъемлемой частью физиологии человека, включая производство витаминов и оказание помощи в обеспечении эффективного иммунного ответа”. (Займствовано из Genomic Education Programme’s Whole Genome Sequencing Glossary and Deloitte, 2017) (см. также Sequencing), blogs.deloitte.com/centerforhealthsolutions/12-medical-technology-innovations-likely-transform-health-care-2017/.

¹⁰² Технологии смешанной реальности обеспечивают интеграцию виртуальных объектов в физическом мире с такой точностью, что пользователи не могут отличить их от реальных.

Patient-generated data – данные, генерированные пациентом

“Данные о состоянии здоровья пациента, генерированные, зарегистрированные или собранные пациентом либо у него (либо у членов его семьи или других людей, осуществляющих уход)”. (Заимствовано из HealthT.gov, 2018), www.healthhitgov/topic/scientific-initiatives/patient-generated-health-data

Phenotypic data – фенотипические данные

Информация о фенотипе – “Наблюдаемые физические и биохимические характеристики организма (у людей, часто наблюдаемые признаки или симптомы патологических отклонений”); оказывающиеся под непосредственным влиянием генотипа (генетических факторов) и /или окружающей среды “ (Заимствовано из Genomic Education Programme’s Whole Genome Sequencing Glossary, n.d.

Sequencing – секвенирование

Метод, используемый для определения точной нуклеотидной последовательности ДНК определенной длины. (Заимствовано из 23andME, 2017), customercare.23andme.com/hc/en-us/articles/202904600-What-is-the-difference-between-genotyping-and-sequencing-

Smart speakers – умные колонки

“Беспроводное и интеллектуальное аудиоустройство, которое использует несколько типов подключений для дополнительных функций. Умные колонки обладают определенными характеристиками для облегчения использования, соединяются с различными типами звукового сопровождения и обеспечивают дополнительную функциональность” (Margaret Rouse, 2017.

whatis.techtarget.com/definition/smart-speakers

TEL - Technology Enhanced Learning - технология расширенного обучения

“Использует технологию как часть процесса обучения. Такое использование должно быть эффективным и подходящим для расширения обучения специалистов в секторе здравоохранения ради выгоды пациентам” (Заимствовано из НЕЕ, 2013).

hee.nhs.uk/our-work/technology-enhanced-learning

Telemedicine – телемедицина

“Подраздел телемедицины (дистанционное обеспечение медицинского ухода). Он включает различные узкие специальности, такие как теле педиатрия, теле психиатрия, теле радиология и теле кардиология ...с использованием систем видеоконференций”. Он может также включать передачу данных из одного места в другое. (Заимствовано из National Leadership and Innovation Agency for Healthcare), www.wales.nhs.uk/technologymls/english/faq1.html

VR – Virtual reality – виртуальная реальность

“Компьютерное моделирование реальной среды, при котором человек может реагировать с, казалось бы, реальным физическим образом, особенно с помощью адаптивного оборудования в виде шлема с экраном или перчаток с датчиками” (Заимствовано из OED, 2018), см. также Augmented reality), wee.oed.com/views/Entry/328583?redirectedFrom=virtual+reality#eid

Wearables – носимые устройства

“Предназначенные или относящиеся к портативным устройствам (в настоящее время особенно включенная компьютерная технология), которые спроектированы для ношения человеком”. (Заимствовано из OED, 2018 и Deloitte, 2014), wee.oed.com/views/Entry/226610?redirectedFrom=wearables#eid www.2deloittecom/uk/en/pages/technology/articles/wearables.html

НОВЫЕ КНИГИ

Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Окружающая среда и глобальный климат. Изд-во «Твори», 2019, Винница, Украина, 383 с.

В монографии изложены результаты исследований, проведенных авторами за последние десять лет. Основные результаты были своевременно опубликованы в российских и зарубежных журналах, многие из них в соавторстве с учеными из России, Англии, Вьетнама, Голландии, Греции, Канады, Румынии, США и Японии. Спектр этих исследований охватывал проблемы обработки данных о состоянии объектов окружающей среды с использованием моделей их функционирования и синтеза систем мониторинга изменений в окружающей среде с применением дистанционных методов зондирования земных покровов и водных поверхностей, а также технологий синтеза информационно-измерительных систем с использованием датчиков оптического и микроволнового диапазонов.

Монография нацелена на систематизацию современных данных и знаний о состоянии, динамике и распределении лесных экосистем в биосфере с учетом влияния на них природных и антропогенных факторов. В качестве конструктивного механизма для анализа этих данных и использования имеющихся знаний о лесных экосистемах предлагается экоинформатика, как новое научное направление, синтезирующее методики, алгоритмы и модели с современными техническими достижениями в области глобального мониторинга окружающей среды.

Затрагиваемые в книге проблемы охватывают широкий спектр теоретических и прикладных задач, решение которых неизбежно приводит к проблеме изучения изменений глобального климата. Поиск причин этих изменений сводится к построению геоэкологической информационно-моделирующей системы (ГИМС), охватывающей наиболее значимые прямые и обратные связи в окружающей среде.

Основными принципами ГИМС - технологии являются:

- Объединение, интеграция и координация уже существующих государственных, ведомственных и отраслевых систем сбора первичной информации об окружающей среде на единой организационной и научно-методической основе.
- Оптимизация материальных и финансовых затрат на создание, функционирование и совершенствование системы контроля окружающей среды.
- Согласование и совместимость информационных потоков в системе на основе применения единой координатно-временной системы, использования единой системы классификации, кодирования, форматов и структуры данных.
- Централизация доступа к информации через международные информационные сети с максимальным расширением списка пользователей.
- Обеспечение межнационального характера глобального геоинформационного мониторинга, не зависящего от несовпадения государственных границ с границами экосистем.

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования геоэкосистемы данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС территории, обеспечивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования геоэкосистемы.

Построение ГИМС связано с выделением компонентов биосферы, климата и социальной среды, характерных для данного уровня пространственной иерархии. Последовательность действий по организации работ и реализации проекта ГИМС ориентируется на создание следующих ее подсистем:

- сбор и экспресс анализ данных;
- первичная обработка и накопление данных;
- компьютерное картирование;
- оценка состояния атмосферы;
- оценка состояния почвенно-растительных покровов;
- оценка состояния водной среды территории;
- оценка уровня экологической безопасности и риска для здоровья населения территории;
- идентификация причин нарушения экологической и санитарной обстановки;
- интеллектуальная поддержка компьютерных операций и средств принятия решений.

Работа состоит из семи глав. Первая глава вводит читателя в область эоинформатики с ее технологиями, алгоритмами, моделями и методиками сбора и анализа разнообразной информации о динамических процессах в окружающей среде. Дается анализ наиболее значимых процессов формирования глобального климата и их взаимосвязь с процессами в системе природа-общество. Рассматриваются критерии оценки состояния окружающей среды и вводятся индикаторы живучести и биологической сложности как показатели экологической безопасности. Анализируются подходы к глобальному моделированию как методики параметризации комплекса взаимосвязанных процессов в системе природа-общество. Основное внимание уделено совмещению понятий, устоявшихся в смежных науках с целью установления между ними универсальных понятий структуры, поведения и цели, что открывает возможность применения системного подхода к изучению экосистем, оценивая их устойчивость, разнообразие и выживание. Анализируется роль биоэкологии в формировании современного климата.

Предметом второй главы является рассмотрение интерфейса между двумя науками – климатологией и эоинформатикой. Даны понятия биоэкологии в связи с ролью наземных экосистем в формировании современного климата. Приводятся многочисленные данные и зависимости, которые характеризуют роль лесных экосистем в формировании современного климата. Оцениваются характеристики радиационного баланса на залесенных территориях. Обсуждается проблема формирования глобального баланса углерода, и рассчитываются параметры окружающей среды, которые отвечают за интерактивный характер взаимодействия климатической системы и лесных экосистем.

Третья глава рассматривает различные подходы к моделированию лесных экосистем. Объясняются принципы синтеза моделей и описываются их структуры. Основой моделирования динамики лесных экосистем является принцип оптимального структурирования биоэкологических процессов с их привязкой к информационным базам. Реализация этого принципа позволяет минимизировать сложность моделей при максимизации их информационной значимости. Рассматриваются модели составляющих лесных экосистем, включая формирование полога леса и его пространственной структуры.

Четвертая глава посвящена рассмотрению принципиальных вопросов, возникших в последние годы в связи с парниковым эффектом. Приведены модели

глобальных биогеохимических круговоротов углерода, азота, серы, кислорода, фосфора, воды и озона. В каждом случае указана роль антропогенных процессов и приведены количественные характеристики влияния этих элементов на климат.

В пятой главе изучены закономерности развития процессов урбанизации в связи с их ролью в глобальных изменениях. Рассмотрены методы диагностики наземных экосистем в различных их переплетениях с антропогенными системами. Отмечены возможности информационно-инструментальных средств радиовидения в реализации этих методов.

Глава 6 анализирует вопросы оценки роли экосистем арктического бассейна в формировании глобальных изменений окружающей среды и климата. Описаны результаты моделирования динамики радионуклидов, тяжелых металлов и углеводородов нефти в арктическом бассейне с учетом роли речного стока и наземных биоценозов. Обсуждается задача оценки роли арктических широт и зон вечной мерзлоты в глобальном круговороте углерода и метана. В качестве примера применения технологии имитационного моделирования приводятся результаты изучения уровня загрязнения речной системы Ангара-Енисей и связанного с ней эстуария Карского моря.

В главе 7 излагаются сведения о спутниковых системах, обеспечивающих оперативный контроль экосистем с оценкой их состояния и роли в формировании окружающей среды. Обсуждаются подходы к организации дистанционного мониторинга наземных и океанских экосистем и демонстрируются примеры эффективного применения современных средств мониторинга лесных пожаров, здоровья лесов и их классификации по пожарной опасности. Изложена технология синтеза систем геоэкологического информационного мониторинга и указаны их функции для обеспечения сбора и анализа многоканальной информации и принятия статистических решений о наличии или отсутствии в окружающей среде чрезвычайных ситуаций. Рассмотрена процедура синтеза мониторинговой системы, обеспечивающей воспроизведение динамики природных систем на основе фрагментарных по пространству и эпизодических во времени измерений их характеристик. Объясняются принципы организации таких систем на основе введения множества типовых идентификаторов природно-техногенных процессов и объектов. Охарактеризованы основные методы сбора данных об окружающей среде с помощью дистанционных измерений.

В целом книга содержит обширный набор данных о современной динамике наземных и океанских экосистем с указанием наметившихся тенденций и объяснением возможных последствий для глобальной экодинамики. Читатель узнает много новых сведений о различных аспектах изучения лесных экосистем с применением методов экоинформатики и получит в свое распоряжение конструктивные методики, алгоритмы и модели, которые позволят ему успешно решать широкий набор задач, возникающих при изучении лесных экосистем и их роли в изменениях климата. Приведенные в монографии знания будут способствовать развитию теории предсказуемости глобальных и региональных изменений в экосистемах различных широт на основе временных рядов спутниковых наблюдений, что обеспечит надежность описания проявлений и последствий чрезвычайных ситуаций в окружающей среде.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов при оформлении рукописей руководствоваться следующими правилами.

1. К рассмотрению принимаются рукописи, отражающие результаты оригинальных исследований. Содержание рукописи должно относиться к проблематике журнала, соответствовать научному уровню журнала, обладать определенной новизной и представлять интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к рассмотрению не принимаются.

3. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи (сотрудники редакции, члены редколлегии и редсовета, а также рецензенты данной работы).

4. Рукопись должна содержать постановку задачи, библиографические ссылки, выводы исследования и должно быть определено место полученных результатов среди научных публикаций по данной проблематике.

5. К рассмотрению принимаются рукописи объемом около одного авторского листа (авторский лист содержит 40 тыс. знаков, считая пробелы). Статьи принимаются в распечатанном виде через два интервала с размером шрифта не менее 12 п. и с полями не менее 20 мм (**наличие электронного файла обязательно**) и по электронной почте (только в формате Microsoft Word for Windows). Распечатка рукописи должна быть подписана всеми авторами с указанием даты ее отправки.

6. На 1-й странице наверху слева указываются инициалы и фамилия автора, ниже помещаются название статьи, краткий реферат (объемом около 500 знаков, т.е. не более 10 строк) и ключевые слова (фамилия автора(ов), название статьи, реферат и ключевые слова – на русском и английском языках), далее – основной текст.

7. Все страницы рукописи, включая список литературы, таблицы, подписи к рисункам, рисунки, должны быть пронумерованы. Формулы, рисунки, таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

8. Рисунки должны быть выполнены на отдельных листах. Подписи к ним также нужно напечатать на отдельном листе (в виде перечня). На обороте каждого рисунка необходимо указать простым карандашом его номер (если он не имеет номера – страницу). Все рисунки воспроизводятся в черно-белом изображении. Рукопись не должна содержать более пяти рисунков и (или) пяти таблиц.

9. При написании математических формул, подготовке графиков, диаграмм, блок-схем не допускается применение размеров шрифтов менее 8 п. Таблицы и рисунки являются частью текста и должны допускать электронное редактирование.

10. Формулы должны быть напечатаны (или вписаны от руки и размечены: латинские буквы подчеркиваются волнистой линией (синими или черными чернилами), греческие обводятся красным, а их экспликация выносятся на поля; размечаются строчные буквы (две черточки сверху) и прописные (две черточки снизу) в тех случаях, когда их начертания не различаются.

11. Если в статье используются спецзнаки, то необходимо привести их перечень (на отдельном листе, без экспликации). Например: Λ, V, U, ∩ – спецзнаки.

12. Ссылки на литературу даются в порядке упоминания; в тексте номер ссылки ставится в квадратные скобки. Список использованных источников приводится в конце рукописи, в алфавитном порядке по фамилиям авторов в соответствии с принятыми стандартами библиографического описания.

Библиографические описания в списке литературы оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. В качестве примера приводим три наиболее распространенных описания – статьи, книги и электронного ресурса удаленного доступа:

Шрейдер Ю.А. Алгебра классификации // НТИ. Сер. 2. – 1994. – № 11. – с. 1-4.

Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.С. Радиотомография ионосферы. – М.: Физматлит, 2007. – с. 250-282.

Статистические показатели российского книгоиздания в 2006 г.: цифры и рейтинги [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL:

http://bookchamber.ru/stat_2006.htm (дата обращения: 12.03.2009).

13. К рукописи необходимо приложить на отдельном листе следующие сведения об авторе(ах):

- а) фамилия, имя, отчество (полностью);
- б) ученая степень, звание, должность;
- в) место работы (полностью); почтовый адрес;
- г) телефон для связи с автором; адрес электронной почты (если есть).

14. Рукописи, полученные редакцией, подвергаются обязательному анонимному рецензированию. Рецензия направляется автору(ам) для ознакомления. Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией после рецензирования. Принятые к публикации рукописи проходят научное и литературное редактирование.

15. Редакция направляет авторам рукописей, требующих доработки, письмо с текстом рецензии. Доработанная рукопись должна быть представлена в редакцию не позднее 1 месяца. К доработанной рукописи должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания рецензента и указывающее на все изменения, сделанные в рукописи.

***Рукописи, не соответствующие указанным требованиям,
редакцией не рассматриваются.***

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Солдатов В.Ю.</i> Технология геоэкологического мониторинга.....	3
ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Дмитриева Е.Ю., Корешкова С.В., Потапов И.И.</i> Информационное обеспечение охраны окружающей среды	24
ОБРАЗОВАНИЕ. ВОСПИТАНИЕ. КАДРЫ <i>Тополь Э.</i> Подготовка медицинских кадров для обеспечения требований цифрового будущего	37
НОВЫЕ КНИГИ <i>Кративин В.Ф., Потапов И.И.</i> Окружающая среда и глобальный климат	139
Информация для авторов	142

Ответственный за выпуск *И. И. Потапов*

ИД № 04689 от 28.04.01. Подписано в печать 10.03.2020. Гарнитура Таймс.
Бумага «Хехох». Формат бумаги 60 x 90 1/16. Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,0.
Уч.-изд. л. 10,2. Тираж 41 экз.

Адрес редакции: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20. Тел. 499-152-55-00

Отпечатано по заказу ООО «Информнаука»
Типография «Форпринт.ру» г. Москва, М. Сухаревская пл., д. 6, стр. 1
Тел. +7 (495) 585-60-45.