

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

Электронное развитие умных пластырей в Кыргызстане

Оригинальное исследование

А.Е. Воробьев¹, Д.М. Раимбекова²

¹ ФГОУ ВО «Грозненский государственный технический нефтяной университет им. академика М.Д. Миллионщикова»; д. 100, пр. Х. Исаева, Грозный, Чеченская Респ., 364061, Россия

² Международный университет им. К.Ш. Токтомаматова; ул. Абдукаимова, Жалал-Абад, 720002, Кыргызская Республика

Контакт: Воробьев Александр Егорович, fogel_al@mail.ru

Аннотация:

В статье подробно раскрыты вопросы происхождения, применения и дальнейшего усовершенствования умных пластырей. Описан первый электронный пластырь, представляющий собой гибкую электрическую наклейку, обеспечивающую стимуляцию организма человека в определенном месте электрическим полем. Также дано понятие умного пластыря, который является портативным электронным инновационным устройством и используется для бесконтактного измерения различных показателей здоровья пациента, с целью их дальнейшего улучшения. Современные умные пластыри – это не только физическая защита мелких ранок и ушибов от внешних воздействий, обеспечивающая антибактериальный и прогревающий эффект, но также они способны мониторить показатели здоровья пациента, определять время приема лекарственных средств и обеспечивать их ввод.

Ключевые слова: пластырь; развитие; функциональные свойства; умные технологии.

Для цитирования: Воробьев А.Е., Раимбекова Д.М. Электронное развитие умных пластырей в Кыргызстане. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(2)50-58; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

Innovative development of clever plasters in Kyrgyzstan

Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

A.E. Vorobev¹, D.M. Raimbekova²

¹ Grozny State Technical Petroleum University named after Millionshchikov; 100, Kh. Isaev Ave., Grozny, Chechen Republic, 364061, Russia

² K.Sh. Toktomamatov International University; st. Abdukaimova, Jalal-Abad, Kyrgyzstan, 720002

Contact: Alexander E. Vorobev, fogel_al@mail.ru

Idea of clever plasters is opened. It is shown that the flexible electric plaster providing stimulation of a human body in the right place with electric field was the first electronic plaster. The concept of a clever plaster which represents the smart wearable electronic innovative device directed to the most contactless measurement of various characteristics and parameters of an organism of the patient for the purpose of improvement of his initial health is given. Modern clever plasters not only are the physical barrier to small wounds and bruises having the antibacterial and warming-up properties but also are capable to carry out monitoring of a condition of an organism of the patient, often capable to define time of input of drugs and to provide their input.

Key words: plaster; development; functional properties; smart technologies.

For citation: Vorobev A.E., Raimbekova D.M. Innovative development of clever plasters in Kyrgyzstan. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)50-58; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

ВВЕДЕНИЕ

Разработанный правительством Кыргызстана проект цифровизации страны охватывает как весьма крупные сферы (например, цифровое правительство, цифровые банки и т.д.), так и более мелкие, но не менее актуальные для национальной экономики (например, здравоохранение – поликлиники и больницы). Здесь цифровизация обретает формы «умных» медицинских технологий и «умного» медицинского оборудования ((в том числе «умного» мелкого расходного медицинского материала – пластыри, повязки и т.д.)), что превращает существующее здравоохранение в персонализированную и точную медицину.

Современные умные медицинские пластыри представляют собой носимые пациентами цифровые тонкие и гибкие полимерные инновационные устройства, которые можно использовать для постоянного мониторинга состояния здоровья пациента, а в некоторых случаях применять с целью терапевтического вмешательства, например, ввода лекарственных средств. Благодаря встроенным нанодатчикам с микроиглами и электродами можно отслеживать состояние здоровья пациента (от значений температуры, давления, частоты и ритма сердечных сокращений, характеристик дыхания до показателей движения и походки), а при необходимости передавать собранную информацию на специальные устройства. Данная

инновационная технология может значительно трансформировать существующее в Кыргызстане здравоохранение.

Как правило, лечебный медицинский пластырь (стоимостью в аптеках КР от 80 до 350 сом) используется в здравоохранении для облегчения боли в мышцах и суставах, вызванной артритом, растяжениями, повреждениями, деформациями и ушибами, а также применяется в виде физико-механического прикрытия (защита) небольших ранок и ссадин и т.д.

Методологическую основу исследований составляют:

1. Философский метод, на котором базируются полученные аналитические выводы и теории о развитии умных пластырей.
2. Общенаучный метод, с помощью которого осуществлялся анализ мировой практики и опыта перехода к умным пластырям.
3. Классификационно-сравнительный метод, позволяющий с научной точки зрения рассмотреть наиболее перспективные направления развития умных пластырей.

Тенденции развития медицинских пластырей

Развитие медицинских пластырей происходит под действием всех существующих тенденций, характерных для развития как умного здравоохранения, так и медицинской техники в целом.(рис. 1). Эта тенденция на своем ►

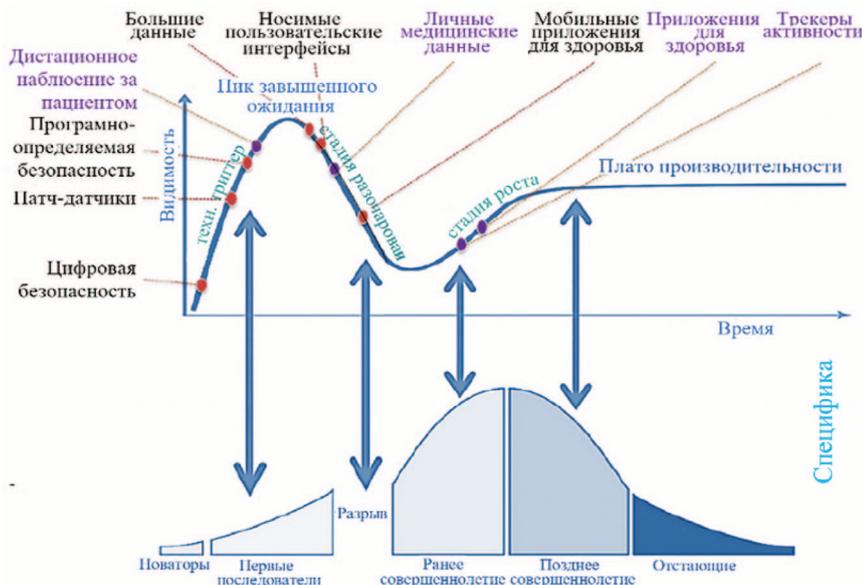


Рис. 1. Характер тенденции развития умных пластырей
Fig. 1. The nature of the development trend of smart patches

первом этапе характеризуется резким, практически взрывным, ростом инновационных разработок.

Первые результаты

Имеющийся к концу XX века научные знания позволяли только разработать гибкий электрический пластырь (ePatch), способный решить существующие проблемы стимуляции организма человека электрическим полем и предложить набор уникальных медицинских функций [1].

Для его изготовления, в качестве электродов, за основу были взяты серебряные нанопроволоки, которые не только обладают антибактериальными свойствами, но и обеспечивают довольно высокую проводимость при наложении электрического тока [1, 2].

Позднее в пластырь было решено встроить электроды в альгинат (гелеобразное вещество), который поддерживает необходимый уровень биосовместимости используемых материалов и в настоящее время используется в медицине в абсорбирующих хирургических повязках [1]. Путем дальнейшей корректировки количественного соотношения серебряных нанопроволок и модифицированного альгината был получен гибкий хорошо пригодный для 3D-печати гель, из которого получили пластырь, способный подстраиваться под различные формы и размеры ран. Кроме того, добавленный в смесь при изготовлении пластыря кальций способствует пролиферации клеток организма человека и миграции цитокинов и других необходимых соединений, к месту раны, что, в свою очередь, способствует образованию в поврежденном месте кровеносных сосудов.

■ ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Однако в последнее время область применения медицинских пластырей значительно расширилась (рис. 2) и это связано с появлением у них «умных» функций.

В настоящее время умные пластыри – это в большинстве случаев умное носимое электронное инновационное устройство, не обременяющее пациента. Основная цель лечения с применением умного пластыря все чаще направ-

лена на максимально бесконтактное измерение различных характеристик и параметров организма, с целью улучшения исходного самочувствия пациента.

При этом важные изменения в функционале умного пластыря осуществляются во многих направлениях его последующего применения. В частности, из-за того, что от 20 до 50% пациентов, как правило, не соблюдают назначенные врачом схемы лечения, возникла потребность в специальном умном пластыре, контролирующем этот важный аспект медицинской культуры [3].

Для этого компании Elnk и LTS специально разработали умный пластырь, который доставляет в организм пациента необходимые для его лечения лекарства и имеет дисплей, с представлением на нем наиболее важной медицинской информации [3]. С этой целью умный пластырь был оснащен 2-дюймовым электронным бумажным дисплеем, работающим от бистабильной схемы, поэтому в такой технологической схеме нет необходимости перезаряжать электрическую батарейку. Это пластырь также содержит переключатель, датчик измерения артериального давления организма и в постоянном режиме отображает сообщения о правильности его наложения на кожу пациента, ведет отсчет

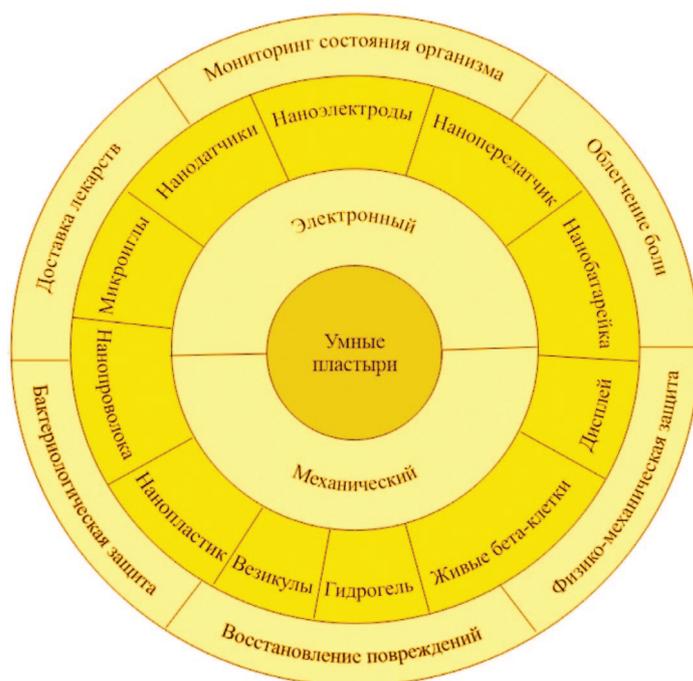


Рис. 2. Характерные области применения и основы устройства умных пластырей
Fig. 2. Typical areas of application and basics of smart patches

до приема следующей дозы лекарств и напоминает о времени удаления пластыря или замены.

В настоящее время умные пластыри часто используются при лечении больных сахарным диабетом. Так, больные сахарным диабетом 1 типа вынуждены постоянно делать себе инъекции инсулина. Эта процедура довольно болезненная и ненадежная. Установлено, что введение неточной дозы этого гормона может привести к серьезным последствиям для здоровья, а в редких случаях – даже к коме и смерти больного [4].

Чтобы избавить больных диабетом от таких ежедневных, довольно неприятных процедур, исследователи из университета Северной Каролины в Чапел-Хилл (UNC) и университета Северной Каролины в Роли разработали умный инсулиновый пластырь, который высвобождает и направляет в организм пациента инсулин строго в необходимых ему количествах (дозах) [4]. Этот умный пластырь представляет собой тонкую прозрачную полоску, размер которой не более мелкой монетки (рис. 3).



Рис. 3. Размеры умного пластыря
Fig. 3. Smart patch size scale

Внутри такого пластыря находится резервуар с инсулином, а также 100 микроигл (рис. 4) и сенсор с глюкозочувствительными ферментами.

Такой умный инсулиновый пластырь можно наклеить на любую часть тела пациента. Сразу после наклеивания ферментный сенсор этого пластыря начинает определять уровень глюкозы в организме, после чего пластырь выделяет и направляет необходимое количество инсулина в кровь пациента.

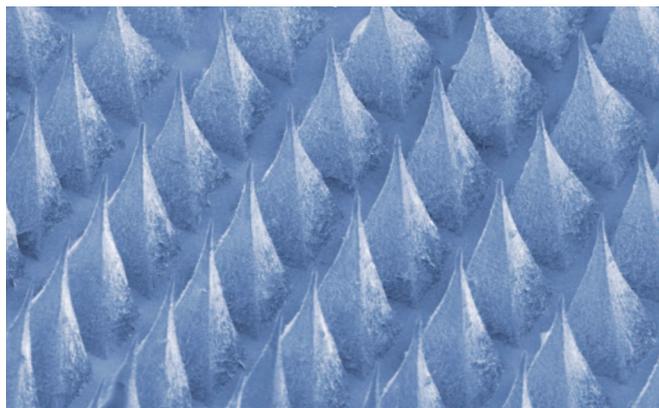


Рис. 4. Иглы умного пластыря [5]
Fig. 4. Smart patch needles [5]

Для этого разработанный умный пластырь имитирует существующие природные механизмы секреции инсулина бета-клетками поджелудочной железы. В организме человека этот необходимый гормон продуцируется, запасается, а затем выделяется в нужном количестве в ответ на повышение уровня глюкозы в крови человека [4]. Для этого, разработанный умный пластырь содержит искусственные везикулы из естественных природных материалов (гиалуроновой кислоты и 2-нитроимидазола), в которых инсулин хранится, выделяясь по мере его необходимости организму пациента. Эти 2 компонента формируют гидрофильную часть (гиалуроновую кислоту) и гидрофобную часть (2-нитроимидазол). При чем, их молекулы группируются особым образом, формируя «капельки-мешочки» – везикулы (рис. 5), с гидрофобным слоем внутри и гидрофильным – снаружи. Таких везикул (каждая из которых имеет наноразмерный диаметр) в умном пластыре может находиться несколько миллионов.

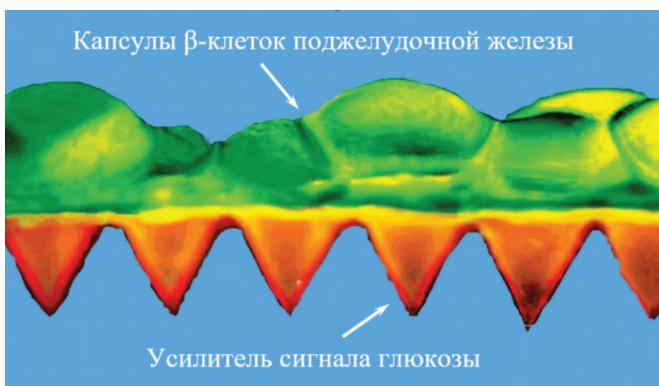


Рис. 5. Везикулы с лекарством умного пластыря [5]
Fig. 5. Vesicles with smart patch medicine [5]

Исследователи обнаружили, что в эти везикулы можно ввести ядро из твердого инсулина и специальных глюкозочувствительных ферментов [9]. ►►

В результате получается идеальный умный резервуар, который сам контролирует высвобождение своего содержимого в необходимых количествах. Так, когда вокруг такого резервуара повышается концентрация глюкозы, то лишние молекулы (при помощи энзимов и кислорода) трансформируются в глюконовую кислоту, которая проникает внутрь везикул. Это приводит к возникновению некоторого рода «гипоксии», из-за чего гидрофобный слой везикул разрушается, они лопаются и высвобождают свое содержимое – инсулин.

Кроме того, врачи десятилетиями пытались замещать функции бета-клеток, которые синтезируют инсулин и управляют обменом глюкозы в организме больных сахарным диабетом (этой болезнью в мире страдает сейчас порядка 387 млн. человек). Но инъекции инсулина зачастую довольно болезненные и непрактичные, а трансплантация бета-клеток слишком сложная и весьма рискованная (из-за необходимости последующего приема иммуносупрессоров) процедура [6]. Поэтому сотрудники университета Северной Каролины в Чапел-Хилл и университета штата Северная Каролина в Роли (США) предложили принципиально новую медицинскую технологию: синтетический умный пластырь, с живыми бета-клетками, которые секретируют пациентам нужные дозы инсулина и тем самым помогают им избежать резких перепадов концентрации сахара в крови организма.

Такой пластырь представляет собой небольшой кусочек полимера, оснащенного на одной из сторон многочисленными тонкими иглами. Если раньше медицинская концепция предполагала наполнение этих игл готовыми пузырьками с инсулином, то теперь ученые сумели организовать своеобразный мост, служащий для возникновения обратной связи между физиологическими сигналами внутри организма пациента и лечебными клетками вне его, наладив их довольно эффективное взаимодействие [6]. Для этого, на обратной стороне умного пластыря размещаются живые инсулинпродуцирующие клетки, которые полностью интегрированы с иглами пластыря и вырабатывают нужное количество гормона в ответ на те или иные потребности больного.

Кроме того, инженеры из Института фундаментальных наук (Южная Корея) разработали еще один multifunctional электронный пластырь, предназначенный для диабетиков, ко-

торый одновременно контролирует показатели глюкозы и доставляет в организм пациента необходимые дозы лекарств (например, метформин) [7].

Для этого сенсор глюкозы, находящийся внутри этого умного пластыря, выполнен из золотой сетки с графеном, и может целенаправленно корректировать измерения (благодаря встроенным функциям анализа) количественных значений температуры, влажности и уровня pH кожи проходящего лечение пациента [7]. А резервуар с микроиглами обеспечивает непрерывную доставку в кровь пациента сахаропонижающих лекарственных веществ.

Используемая в таком умном пластыре технология основана на уникальных физических свойствах графена – гибкости, оптической прозрачности и электропроводности. Кроме того, графен представляет собой двумерный наноматериал толщиной в один атом с точными механическими, структурными и цифровыми характеристиками, который способен разрушать клеточные мембраны бактерий, разрезая и напрямую извлекая неблагоприятные для липидов молекулы.

Однако имеющиеся электрохимические особенности графена значительно ограничивают его практическое применение при повышенной влажности (например, паров пота) в биосенсорах [7]. В последней своей инновационной разработке корейским инженерам удалось разрешить эту важную и сложную проблему, путем комбинирования графена с золотыми вкраплениями и тончайшей золотой сетью, сделав надежный, практичный и эффективный биосенсор, предназначенный для полноценной работы на влажной коже пациента.

В этом умном устройстве также предусмотрена возможность беспроводной связи с сервисными устройствами, а для его электропитания и сбора результатов измерений используется любой подходящий современный смартфон или планшет [7].

Междисциплинарная группа исследователей из университета штата Северная Каролина (NCSU) и университета Северной Каролины в Чапел-Хилл также разработала умный пластырь, контролирующий вязкость крови пациента и при необходимости самостоятельно вводящий кроверазжижающий препарат [8].

Обычно, для лечения тромбоза используют известные кроверазжижающие препараты (такие, как гепарин), однако для их точной дозировки требуется регулярное проведение анализов крови пациента: слишком маленькая доза будет неэффективной для лечения тромбоза и профилактики рецидива, а слишком большая – может привести к спонтанному кровотечению в организме человека [8].

На поверхности пластыря, прикасающейся к коже пациента, находятся микроиглы, выполненные из полимера, содержащего гиалуроновую кислоту и гепарин. При этом, полимер модифицирован таким образом, чтобы сразу же реагировать на уровень тромбина (фермента, запускающего свертывание крови). Когда кровь с повышенным уровнем тромбина вступает в контакт с микроиглами, то под действием этого фермента разрушаются аминокислотные цепочки, связывающие гепарин с гиалуроновой кислотой, и он выпускается в кровь [8]. При этом, чем будет выше количественный уровень тромбина, тем больше гепарина выделится в ответ в организм пациента.

Центр по контролю и профилактике заболеваний США (CDC) и Технологический институт Джорджии (Georgia Tech) сделали первый шаг к массовой вакцинации населения, осуществляемой без традиционных шприцов и болезненных ощущений [9]. Для этого ими был разработан новый пластырь с специально выполненными микроиглами, который вскоре может стать новым стандартом для иммунизации детей в США. Кроме того, в отличие от вакцинации с использованием шприцев, вакцинные пластыри практически исключают заражение сервисного медицинского персонала (например, в результате несчастных случаев с иглами и т.д.). К тому же такие пластыри с вакциной могут легко распространяться даже в отдаленных сельских районах и с легкостью могут применяться (при чем даже без профессиональной помощи медицинских работников). Им также требуется в 2 раза меньше дозы обычных вакцин: больше иммунных клеток находится в слоях кожи, в которые проникают микроиглы, поэтому даже несколько уменьшенная доза вакцины по-прежнему будет вызывать эквивалентный иммунный ответ [10]. Но самым значительным преимуществом этой формы вакцинации является ее долговечность: в процессе производ-

ства вакцина на микроиглах высушивается, сохраняя свои необходимые свойства при температуре до 40° С на период до 1 года, и ее охлаждения не требуется. Это открывает принципиально новые возможности для вакцинации населения (особенно в странах с выраженным тропическим климатом).

Это уникальное изделие имеет площадь около 1 см². Чтобы сделать необходимую прививку, теперь достаточно просто распаковать такой пластырь и плотно приложить его к коже ребенка. На обратной стороне этого пластыря нанесено 100 твердых конических микроигл, выполненных из смеси полимера, сахара и вакцины [9]. Длина каждой такой микроиглы составляет около 1 мм. При легком надавливании эти микроиглы проникают в верхние слои кожи и быстро растворяются, высвобождая лечебную вакцину. После чего такой использованный пластырь можно будет уже утилизировать.

Кроме того, за прошедшие несколько лет носимые устройства для определения давления, пульса и ЭКГ значительно преобразились, став «умными» и в других аспектах медицинского использования [11]. Так, например, пациенты, которые нуждаются в непрерывном контроле работы своего сердца, в ближайшем будущем смогут получить ультратонкий гибкий пластырь-кардиомонитор, который можно носить на любом участке кожи и легко скрывать под одеждой.

Для этого, инженер Dae-Hyeong Kim из Сеульского университета (Южная Корея) и его коллеги на основе наночастиц разработали умный пластырь (рис. 6), состоящий из электрокардиографических наносенсоров (ЭКГ-наносенсор), преобразователя и специальных усилителей электросигналов, которые собирают необходимые данные ►►

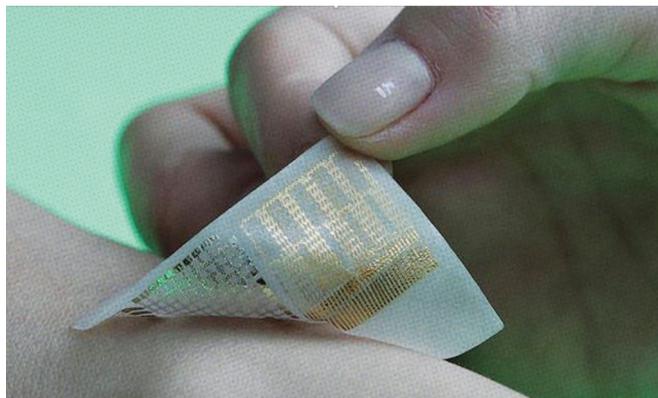


Рис. 5. Везикулы с лекарством умного пластыря [5]
Fig. 5. Vesicles with smart patch medicine [5]

о работе сердца пациента и позволяют их считывать на компьютере со специальной программой (например, с помощью платформы Qualcomm 2net). Этот пластырь-кардиомонитор способен не только определять параметры сердцебиения пациента, но и записывать все эти собранные медицинские данные на специальные нанокристаллы [12].

Ультратонкие электронные схемы, использованные в этом новом устройстве, производятся из эластичной силиконовой мембраны (вместо традиционных проводниковых пленок), в виде нанокристаллов, с нанесенными на нее золотыми наночастицами [11, 12]. Такой подход обусловлен тем, что золото обладает более высокой химической стабильностью и поэтому может гораздо дольше хранить необходимую медицинскую информацию.

Но поддержка работы сердечных мышц человека должна осуществляться и в период его постхирургической реабилитации. Для этого руководствуясь результатами компьютерного моделирования, международная группа исследователей разработала специальный умный медицинский пластырь, обеспечивающий поддержку поврежденной сердечной ткани, потенциально снижая ее возможное растяжение, характерное для сердечного приступа. Этот пластырь, изготовленный из гидрогелевого материала на водной основе, был разработан с использованием компьютерного моделирования работы сердца (для более точной настройки механических свойств используемого в нем материала).

Этот умный пластырь весьма эффективен в предотвращении ремоделирования левого желудочка сердца — растяжения сердечной мышцы, которое часто встречается после сердечного приступа и может снизить функцию основной насосной камеры сердца и тем самым ограничить возможности ее полноценной работы [13]. Осуществленное исследование также показало, что материал такой защиты, оптимизированный с помощью специального компьютера, превосходит все другие известные материалы, физико-механические свойства которых были выбраны без специальной основы.

Чтобы развить и эффективно использовать эти принципы в реальной медицинской практике, исследователи разработали компьютер-

ную модель бьющегося сердца, которая зафиксировала механическую динамику как самого сердца, так и умного пластыря, прикрепленного к нему. В результате команда смогла разработать особый гидрогелевый материал из пищевого крахмала, который мог бы полностью соответствовать физико-химическим свойствам сердечной мышцы [13]. Ключевым моментом такого материала является то, что он имеет вязкоупругие свойства, т.е. одновременно сочетает в себе свойства жидкости и твердого тела. В частности, до определенного значения напряжения он обладает жидкими свойствами, после чего несколько затвердевает и становится более жестким.

Биохимические маркеры показали, что такой пластырь существенно уменьшает гибель живых клеток сердца пациента, снижает накопление на нем рубцовой ткани и предотвращает возможный окислительный стресс, происходящий в ткани, поврежденной во время сердечного приступа [13].

Инженеры из университета Калифорнии в Беркли также создали новый тип умного пластыря, который способен сделать гораздо больше, чем просто остановить кровь или защитить ссадину на коже человека [14]. Разработанный ими умный пластырь, работающий на специальных электронных схемах, с помощью электрического тока малой величины определяет наличие повреждений тканей пациента, вызванные пролежнями.

Поэтому исследователи сосредоточили свое внимание на изменении величины значения электропроводности, которые возникают при гибели здоровых клеток кожи пациента, и разработали устройство, которое вполне способно оценивать степень повреждения тканей, зависящее от изменения их величины сопротивления [14].

Для этого исследователи нанесли несколько электродов на гибкую и тонкую пленку. Они соединили их со слабым источником электрического тока, чтобы с помощью такой сети составить «карту» тканей пациента, основываясь на изменении значения сопротивления тканей, полученной при разных частотах электрического тока. С этой целью они применили метод импедансной спектроскопии. В ходе ис-

следований было установлено, что у здоровой, нормально функционирующей, клеточной мембраны имеется достаточно высокое электрическое сопротивление, поэтому она действует как изоляция, в которую помещено токопроводящее клеточное содержимое [14]. Тем самым работа этого механизма похожа на работу электрического конденсатора. Когда клетка кожи пациента погибает, то целостность ее мембраны нарушается, и электрический сигнал получает возможность беспрепятственно проходить через нее. Причем количественная степень повреждения обратно пропорциональна величине сопротивления.

К важной разработке, практического характера, относится и мониторинг пота человека, также основанный на применении специальных пластырей [15]. Как правило, пот человека содержит различные биомаркеры (такие, как натрий, глюкоза, белки и др.), которые можно собрать и неинвазивно измерить, с помощью специальных датчиков. Пот пациента может использоваться для мониторинга других состояний (таких, как кистозный фиброз и др.), а также для мониторинга дефицита питательных веществ, дисбаланса ионов, повышенного уровня глюкозы и наличия в организме воспалений. Кроме того, пот пациента может даже показать врачу ситуацию, если лекарства, которые принимает пациент, не работают должным образом.

Поэтому, основанная в 2015 г. Eccrine Systems, компания, специализирующаяся в области биометрии человеческого пота, сосредоточилась на создании носимых датчиков пота, предназначенных для спорта, промышленности и медицины, служащих для количественного измерения и передачи данных о выделяемом людьми поте в режиме реального времени [15]. Другая инновационная компания Kenzen, представляющая собой стартап, базирующаяся в Калифорнии и Швейцарии, по персонализированному мониторингу здоровья, разработала носимый умный пластырь, который способен анализировать пот, выделяемый людьми, на предмет каких-либо возможных изменений в их организме.

Зарегистрированные в этой компании пользователи могут подключить умный пластырь по беспроводной сети к своему смартфону и на-

чать получать действенные предупреждения и уведомления о состоянии своего здоровья в режиме реального времени, в зависимости от их активности, по выделяемому ими поту [15]. Для чего умный пластырь собирает по выделяемому поту пациента необходимые данные и отправляет их в специальное приложение для смартфона, для последующего детального анализа.

В зависимости от полученных данных это приложение предупредит пользователя, если он находится в сложной медицинской ситуации (например, при обезвоживании его организма) [15]. Кроме того, выделенный пот, содержит электролиты, метаболиты, небольшие молекулы и белки, по которым можно определить уровень глюкозы, гидратации, кортизола и лактата в организме пациента, а также его другие важные характеристики.

Еще один новый, умный уже противомоскитный, пластырь (разработанный в Olfactor Laboratories и университете Калифорнии в Риверсайде) защитит людей от малярии (которой в 2010 г. болели около 219 млн. чел.) и вируса Западного Нила, т.к. позиционируется как эффективная замена для антимоскитных спреев и лосьонов [16]. Для этого такой пластырь (получивший название Kite) прикрепляется к телу человека и использует в своей работе определенные нетоксичные соединения, которые блокируют (на период до 48 часов) способность комаров отслеживать людей.

■ ВЫВОДЫ

Цифровизация национального здравоохранения Кыргызстана, с учетом экономического и технологического развития этой страны, должна начинаться преимущественно с малых проектов. И если медицина Кыргызстана на первом этапе цифровизации воспользуется хотя бы только одними умными пластырями, то значительная часть населения этой республики, с большим комфортом и повышенной степенью надежности лечения, получит необходимые им медицинские процедуры. Но это будет лишь маленький шаг в направлении цифровизации здравоохранения Кыргызстана, за которым неизбежно будут и другие, более важные и ответственные, шаги. █

ЛИТЕРАТУРА

1. Гибкие электрические пластыри для печати ускоряют заживление ран. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/insiders/insiders/45831?m=1733>. [Flexible electric printing patches accelerate wound healing. [Electronic resource]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/insiders/insiders/45831?m=1733>. (in Russian)].
2. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Нанотехнологии топливно-энергетического комплекса. Нанотехнологии настоящего и будущего. М., РУДН 2019(3):417 с. [Vorobyev A.E., Gladush A.D. Nanoengineering of the fuel and energy complex. Nanotechnologies of the present and the future. M., RUDN University 2019(3):417 s. (in Russian)].
3. Hayes T. New smart patch helps patients manage medicine intake. [Electronic resource]. URL: <https://www.healthcarepackaging.com/machinery-materials/adherence-delivery/news/13293962/new-smart-patch-helps-patients-manage-medicine-intake>.
4. Умный инсулиновый пластырь. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26338-umnyj-insulinovyj-plastyr.html>. [A smart insulin patch. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26338-umnyj-insulinovyj-plastyr.html>. (in Russian)].
5. Lavars N. Smart diabetes patch gets smarter. [Electronic resource]. URL: <https://newatlas.com/smart-diabetes-patch-insulin/42319>.
6. Безболезненный пластырь для лечения диабета. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6283-bezboleznennyj-plastyr-dlja-lechenija-diabeta.html>. [A painless patch for the treatment of diabetes. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6283-bezboleznennyj-plastyr-dlja-lechenija-diabeta.html>. (in Russian)].
7. Диабетический пластырь «все в одном». [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6288-diabeticheskij-plastyr-vse-v-odnom.html>. [Diabetic patch "all in one". [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6288-diabeticheskij-plastyr-vse-v-odnom.html>. (in Russian)].
8. "Умный" пластырь защитит от тромбоза. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/news/cardiology/2016-011-29-smart-patch-releases-blood-thinners-as-needed.html>. [A "smart" patch will protect against thrombosis. [Electronic resource]. URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/news/cardiology/2016-011-29-smart-patch-releases-blood-thinners-as-needed.html>. (in Russian)].
9. Пластырь с микроиглами для безболезненных прививок. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26242-plastyr-s-mikroiglami-dlja-bezbolezennyh-privivok.html>. [A patch with microneedles for painless

- vaccinations. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26242-plastyr-s-mikroiglami-dlja-bezbolezennyh-privivok.html>. (in Russian)].
10. Smart vaccine patch production with piezo elements. [Electronic resource]. URL: <https://www.piceramic.com/en/knowledge-center/blog/smart-vaccine-patch-production-with-piezo-elements>.
11. Корейские ученые создали пластырь-кардиомонитор. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/zabolevanija-serdca-i-sosudov-2/5867-korejskie-uchenye-sozdali-plastyr-kardiomonitor.html>. [Korean scientists have created a heart monitor patch. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/zabolevanija-serdca-i-sosudov-2/5867-korejskie-uchenye-sozdali-plastyr-kardiomonitor.html>. (in Russian)].
12. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Наноматериалы и нанотехнологии: особенности протекания физико-химических процессов. Lambert Academic Publishing. Mauritius 2018;104 с. [Vorobyov A.E., Vorobyov K.A. Nanomaterials and nanotechnologies: features of the physico-chemical processes. Lambert Academic Publishing. Mauritius 2018;104 p. (in Russian)].
13. Patch could limit muscle damage after heart attack. [Electronic resource]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/insiders/insiders/stories/34325?m=1733>.
14. Умный пластырь для выявления пролежней. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26343-umnyj-plastyr-dlja-vyjavlenija-prolezhnej.html>. [A smart patch for detecting pressure sores. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26343-umnyj-plastyr-dlja-vyjavlenija-prolezhnej.html>. (in Russian)].
15. Kite-Powell J. How this wearable smart patch analyzes your sweat to monitor your body. [Electronic resource]. URL: <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2017/04/29/how-this-wearable-smart-patch-analyzes-your-sweat-to-monitor-your-body?sh=48b2fc4f4b02>.
16. Новый противомосkitный пластырь защищает от малярии и вируса Западного Нила. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26222-novyj-protivomoskitnyj-plastyr-zashishhaet-ot.html>. [A new mosquito patch protects against malaria and West Nile virus. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26222-novyj-protivomoskitnyj-plastyr-zashishhaet-ot.html>. (in Russian)].

Сведения об авторах:

Воробьев А.Е. – д.т.н., профессор, ФГОУ ВО «Грозненский государственный технический нефтяной университет им. академика М.Д. Миллионщикова»; Грозный, Чеченская Республика; Россия; fogel_al@mail.ru, SPIN-код: 3457-6870

Раимбекова Д.М. – аспирант, Международный университет им. К.Ш. Токтомаматова; Жалал-Абад, Кыргызская Республика

Вклад авторов:

Воробьев А.Е. – определение научного интереса, литературный обзор, написание текста статьи, 50%
Раимбекова Д.М. – литературный обзор, написание текста статьи, 50%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 14.07.22

Рецензирование: 15.07.22

Результаты рецензирования: 16.07.22

Принята к публикации: 18.07.22

Information about authors:

Vorobev A.E. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Grozny State Oil Technical University; Grozny, Chechen Republic; Russia; fogel_al@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7324-428X>

Raimbekova D.M. – postgraduate student, K.Sh. Toktomamatova International University, Jalal-Abad, Kyrgyzstan

Authors contributions:

Vorobev A.E. – determination of scientific interest, literature review, writing the text of the article, 50%
Raimbekova D.M. – literature review, writing the text of the article, 50%

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 14.07.22

Reviewing: 15.07.22

Peer review results: 16.07.22

Accepted for publication: 18.07.22