

БИОИНЖЕНЕРИЯ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*А.А. Чиркин
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

На форумах представителей отечественных и зарубежных университетов 2024 года было констатировано, что за последние два десятилетия сформировано новое направление подготовки кадров на базе университетов для анализа состояния здоровья и борьбы с развитием патологий – биомедицинская инженерия. При этом учитывают пять направлений развития медицины будущего [1]:

1. Прецизионная медицина, создание аватаров (цифровых двойников) клеток, тканей, органов и всего человека.
2. Разработка систем замены утраченных тканей и органов искусственными.
3. Специальные технологии коррекции функционирования мозга.
4. Новые подходы для регуляции системы иммунитета у человека.
5. Совершенствование технологий управления генами и клетками.

Целью статьи явилось ознакомление преподавателей, студентов и учащихся с основными направлениями развития биоинженерии и возможностью приобретения компетенций для работы в этой новой области знаний.

Материал и методы. В государственной программе научных исследований «Биотехнология» НАН Республики Беларусь на 2021–2025 годы указано задание «Разработка научных основ создания биотехнологий VI технологического уклада» в том числе: получение новых научных знаний в области геномики, метагеномики, протеомики, метаболомики, клеточной биологии, биофизики, иммунологии и микробиологии; развитие работ по биоинформатическому анализу больших массивов геномных данных и системной биологии; селекция и конструирование штаммов микроорганизмов – суперпродуцентов биологически активных метаболитов и рекомбинантных белков; внедрение эффективных биологических препаратов медицинского, сельскохозяйственного, пищевого, энергетического назначений, новых биомедицинских клеточных продуктов; разработка генетических основ новых перспективных форм и линий растений и животных, характеризующихся высокой устойчивостью, продуктивностью и качеством; разработка способов комплексного использования возобновляемого сырья и отходов производства с получением хозяйственно ценных продуктов. Исполнители: «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» «Институт микробиологии НАН Беларуси», БГУ. К сожалению, кроме БГУ не указаны университеты, которые будут готовить исполнителей этого задания. Для выполнения такого задания требуется сочетание точной биоинженерии и точной медицины. К индивидуальным особенностям человека и других живых организмов относят генетические, эпигенетические, транскриптомные, протеомные, метаболомные и метагеномные маркеры, а также совокупность вариативных фенотипических признаков – как всего организма пациента, так и его отдельных тканей или клеток. Для решения поставленных проблем необходима новая формация исследователей и практиков, которые должны быть подготовлены в настоящее время, чтобы быть исполнителями поставленных целей о здоровье человека и представителей биоты территорий Республики Беларусь в середине 30-х годов текущего века.

В 2022 году в БГУ было инициировано выполнение междисциплинарной образовательной программы по специальности 6-05-0511-05 «Биоинженерия и биоинформатика», которая является сбалансированным сочетанием блоков биологических, информационных, математических и физико-химических дисциплин. В подготовке специали-

стов задействован кадровый потенциал 4 крупнейших факультетов БГУ: биологического факультета, факультета прикладной математики и информатики, механико-математического факультета и факультета радиофизики и компьютерных технологий. Следует отметить, что в союзном государстве Российской Федерации в 2024 году завершается действие национального проекта «Здравоохранение» и стартует нацпроект «Продолжительная и активная жизнь» – ПАЖ (2025–2030 годы), что требует развития медико-биологических основ здорового образа жизни.

Результаты и их обсуждение. В связи с острой нехваткой медицинского персонала в Китае активно внедряют искусственный интеллект (ИИ) в сферу медицины. Идея виртуальной больницы, предложенная учёными из Института исследований в области искусственного интеллекта (AIR) воспроизводит реальный процесс лечения в больнице от момента возникновения заболевания до последующего наблюдения. Этот институт заявляет, что его концепция является первой в мире. Все виртуальные модели в Agent Hospital, включая пациентов, медсестёр и врачей, создаются с использованием большой языковой модели (LLM). Эти персонажи, созданные искусственным интеллектом, будут заменять реальных людей, когда система начнёт работать в первой половине 2025 года. Исследования показали, что благодаря новому методу врачи с искусственным интеллектом достигают точности 88%, 95,6% и 77,6% при обследовании, диагностике и лечении пациентов, соответственно. Виртуальный врач может провести диагностику и лечение десятков тысяч пациентов за несколько дней, в то время как человеку-врачу на это требуется не менее двух лет. В процессе создания этой концепции учёные хотят увеличить количество болезней, которые она охватывает, и добавить новые медицинские отделения. Сейчас виртуальная платформа включает 42 виртуальных врача с искусственным интеллектом в 21 медицинском отделении, включая неотложную помощь, респираторные и кардиологические отделения. В Китае другие исследовательские группы также создали медицинские LLM для помощи в принятии клинических решений. Например, проект Медицинской школы Университета Тунцзи разработал модель MedGo, которую обучали на основе 6000 медицинских учебников. Эта модель уже используется в аффилированной с университетом больнице Shanghai East Hospital. Институт искусственного интеллекта при Китайской академии наук, являющийся одним из национальных исследовательских центров страны, недавно представил медицинский чат-бот CARES Copilot, основанный на языковой модели LLM Llama 2 от Meta. Этот инструмент помогает врачам ставить диагнозы и выбирать методы лечения [2]. Эта информация приведена для того, чтобы иллюстрировать острую проблему подготовки специалистов, умеющих пользоваться технологиями искусственного интеллекта для точного анализа параметров человека или других живых организмов в понимании нормы и патологии.

Для формирования персонализированной медицины необходимы специалисты, владеющие технологиями:

1. По датчикам и приборам. Поддержание здоровья человека будет сохраняться благодаря мониторингу физических, химических и электрических сигналов в человеческом организме в режиме реального времени. Для этого необходимы миниатюризации и биосовместимость датчиков внутри тела для постоянного сбора и хранения информации. Полученные огромные объёмы данных должны быть доступны и безопасны. Активное машинное обучение будет необходимо для формирования цифровых двойников тканей, органов и жизненно важных процессов организма.

2. По моделированию и контролю: для систем, заменяющих человеческие функции, потребуется разработка динамических моделей физиологических процессов и алгоритмов управления.

3. По химии и материаловедению. Биосовместимость материалов критически важна для эндогенных сенсорных технологий и материалов, поскольку длительное зон-

дирование химического профиля внутренней среды потребует разработки новых имплантируемых биосенсоров. Здесь будут необходимы специалисты по 3D-печати, микрофизиологическим системам на основе BioMEMS («орган на чипе») и трехмерные полимерные гидрогели.

4. Вычислительное и математическое моделирование необходимо для разработки количественных инструментов тканевой и органной инженерии.

5. Для обеспечения энергией внутриорганизменных датчиков потребуются беспроводные системы, преобразование механических или оптических сигналов в электрическую энергию.

Основная цель биомедицинского инженерного образования – подготовка следующего поколения лидеров, которые имеют междисциплинарный опыт и могут эффективно интегрировать свой опыт в команду для проведения исследований, разработки диагностических и терапевтических инструментов или разработки методов точной медицины. Создание систем, обеспечивающих улучшение функций человека, потребует системного подхода, учитывающего фундаментальные принципы клинической медицины, биологии, информатики и инженерии – а именно областей биомедицинского инженера. Внедрение быстро реагирующих систем приведет к изменению парадигмы оказания медицинской помощи. Важнейшие ключевые компетенции потребуют подготовки специалистов, владеющих знаниями по:

а) инженерной математике, биостатистике, разработке и управлению надежными и отказоустойчивыми датчиками и приборами для обнаружения соответствующих биологических сигналов и поведения;

б) биологии, биохимии, физиологии и медицине для определения соответствующих физиологических и патологических реакций;

в) структуре обработки данных и машинного обучения для определения действий на основе внутренних и внешних сигналов; системе и средствам управления для отладки реагирования на месте или удаленно; робототехнике для манипулирования человеческим телом на микро- и макроуровне;

г) биоматериалам и биоэлектронике для разработки адаптивных устройств и биосовместимых суррогатных тканей;

д) кибербезопасности для защиты персональных данных;

е) инженерному делу, учитывающему использование энергии и подачу электроэнергии;

ж) дизайну пользовательского интерфейса, чтобы сделать устройства и данные доступными и оптимизировать взаимодействие с пользователем;

з) медицинской этике, чтобы рассмотреть последствия расширенного автономного контроля.

Заключение. Пять представленных направлений исследований определяют тренд развития исследований по биоинженерии примерно до 2030-2035 годов. К этому времени заинтересованные учащиеся и студенты станут специалистами. Следует учитывать, что междисциплинарное сотрудничество между медико-биологическими и инженерными дисциплинами определит будущее медицинской помощи населению. Обучение следующего поколения врачей должно учитывать необходимость подготовки специалистов биоинженерного направления. Следует ожидать, что в будущем появится целостный подход к здоровью и болезням человека, в котором множество измерений, в основном не инвазивных, дадут подробную карту «коэффициента здоровья человека» и дадут рекомендации по образу жизни. Два основных фактора будут определять будущее: способность налаживать междисциплинарное сотрудничество и опыт, а также подготовка совершенно нового поколения профессионалов, которые смогут адаптировать технологии (устройства и датчики), измерения, анализ данных и интеграцию на системном уровне [3].

1. Subramaniam, S. Grand Challenges at the Interface of Engineering and Medicine / S. Subramaniam [et al] // IEEE Open J. Eng. Med. Biol. – 2024. – Vol. 5. – P. 1-13. doi: 10.1109/OJEMB.2024.3351717.
2. <https://www.healthcareitnews.com/news/asia/self-evolving-virtual-hospital-concept-china-go-public-2025>.
3. Чиркин, А.А. Развитие биоинженерии: медико-биологические и информационно-коммуникационные технологии / А.А. Чиркин // Біялогія і хімія. – 2024. – № 4(106). – С. 40–49; 2024. – № 5(107). – С. 3–17. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/44200> (дата обращения: 13.01.2025).

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА АВТОМАГИСТРАЛЯХ ОКТЯБРЬСКОГО И ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНОВ Г. ВИТЕБСКА

*В.В. Яновская, И.В. Близнакова
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Для автомобильного транспорта характерны большая гибкость в удовлетворении спроса на перевозки грузов различного типа и объема, на изменение маршрута движения и пунктов доставки, на обеспечение пассажирских перевозок. Благодаря этим качествам автомобильный транспорт играет большую роль в экономике любой страны. В дорожном транспорте доминирующее положение занимает автомобиль, с помощью которого осуществляется около 3/4 всего объема транспортного обслуживания [1].

Учёт интенсивности движения автомобилей является важным индикатором эффективности работы транспортной системы города. Чем выше интенсивность движения, тем больше автомобилей проходит через дороги в определенное время. Принимая это во внимание, необходимо учитывать характеристики транспортного средства, проходящего по поперечному сечению дороги, и его состав. Отслеживание движения осуществляется двумя способами: автоматическим или визуальным. Для любого метода, учитывающего интенсивность движения, данные должны содержать информацию, кратную одному часу. На автомагистралях с четырьмя полосами движения и более интенсивность движения следует учитывать отдельно в прямом и обратном направлениях [3].

Цель работы – анализ интенсивности движения автомобилей на некоторых автомагистралях Октябрьского и Первомайского районов г. Витебска.

Материалы и методы. В ходе выполнения работы был произведен учет интенсивности движения транспортных средств на 4 ведущих автомагистралях города: проспектах Фрунзе, Московском, Строителей и улице Воинов–Интернационалистов. Учет автомобилей проводился в течение часа с 14:00 по 15:00 в рабочие дни.

Исследуемые автомагистрали на улицах и проспектах Фрунзе, Строителей, Московский, Воинов–Интернационалистов являются центральными в городе. Отличие этих улиц состоит в количестве полос в одном направлении. Проспект Фрунзе – двухполосный, Строителей, Воинов–Интернационалистов – трёхполосные, Московский – четырёхполосный. Все выбранные улицы имеют двухстороннее движение, поэтому подсчитывался автотранспорт, движущийся в обоих направлениях.

Определение интенсивности движения автотранспорта проводилось визуальным методом учета интенсивности движения [2]. Количественные и качественные характеристики транспортного потока фиксировались на основе видеозаписей с мобильных устройств, и в режиме ручного подсчета проезжающих автомобилей. Дороги улиц были разбиты на участки в соответствии с перекрестками.

На данных участках был проведен подсчет автомобилей разных типов (легковой, легкий грузовой, средний грузовой, тяжелый грузовой, автобусы).

Результаты и их обсуждение. В ходе наблюдения и фиксирования была проведена оценка интенсивности движения автотранспорта на примере четырёх улиц Первомайского и Октябрьского районов города Витебска (таблица 1).