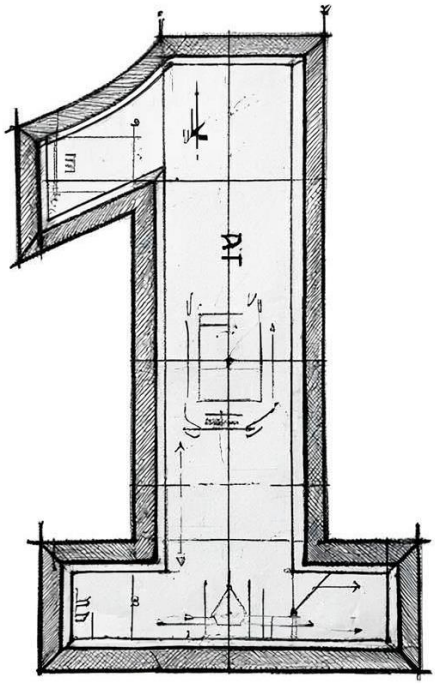
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований»
Институт биологического приборостроения
с опытным производством Российской академии наук



СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Всероссийской научной конференции
«Биологическое приборостроение — перспективы разработок, развития и использования»

Пущино, 2025

© ИБП РАН 2025

ISBN 978-5-6055407-0-0

1965 – 2025 | 60 – лет | ИБП РАН

ББК 28+34.7+34.9.
УДК 57.08+60-7+602.
С23

Редакционная коллегия
Авхачева Н.В. – и.о. директора ИБП РАН, к.б.н.
Зубова С.В. – заместитель директора по научной работе ИБП РАН, к.б.н.
Назипова А.А.. – ученый секретарь ИБП РАН
Пастухов И.В. – помощник директора по инновационной работе ИБП РАН

С23 Сборник тезисов докладов всероссийской научной конференции «Биологическое приборостроение – перспективы разработок, развития и использования» / ИБП РАН. – г. Пущино: ИБП РАН, 2025 г. – 2,5 Мб. - ISBN 978-5-6055407-0-0. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). - Текст: электронный.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей), 1,2 ГГц; ОЗУ 512 Мб; 5 Мб свободного дискового пространства; видеокарта SVGA, 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM, операционная система: Windows XP и выше, программное обеспечение: Adobe Reader.

В сборнике представлены тезисы докладов участников Всероссийской научной конференции «Биологическое приборостроение – перспективы разработок, развития и использования». Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, конструкторов, маркетологов, директоров предприятий, студентов вузов.
Сборник издается впервые.
16+
Все права защищены. Никакая часть данного сборника не может быть воспроизведена, в какой бы то ни было форме, без письменного разрешения владельцев авторских прав.

PROXIMA

Проксима поставляет гипер- и мультиспектральные камеры, обеспечивающие детальный анализ объектов, для решения задач сельского и лесного хозяйства, геологии, медицины, сортировки материалов и т.д.
https://gisproxima.ru

СИНТОЛ
научно-производственная компания

Компания СИНТОЛ лидер отечественного рынка олигонуклеотидного синтеза. Является разработчиком и производителем генетических анализаторов, наборов реагентов и тест-систем для ПЦР в реальном времени.
https://www.syntol.ru

ISBN 978-5-6055407-0-0

© Авторы тезисов, 2025
© ИБП РАН, 2025

Оглавление

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ 8

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ 20

СЕКЦИЯ ››› Оборудование и методы исследования в области биологии 24

МИКРОФЛЮИДНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СИНТЕЗА МИКРО И НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ 25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕАКТОРА CelCradle™ 500 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЕКРЕТОМА МЕЗЕНХИМНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК 26

РАЗРАБОТКА ТКАНЕИНЖЕНЕРНОГО БИОРЕАКТОРА, НАПРАВЛЕННОГО НА РАСТЯЖЕНИЕ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* 28

ТЕРМО-УЗИ: РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ГИБРИДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЛУБИННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ 30

РЫБОПОИСКОВЫЕ ЭХОЛОТЫ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЛУЧОМ 32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В АОРТЕ КРЫСЫ 33

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RGB ДЛЯ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ 35

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ КОЖИ НА ОСНОВЕ МИКРОФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНОГО КОНСОРЦИУМА 37

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АССИМИЛЯЦИИ CO_2 ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ С 39

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ CO_2 .. 39

БИОФАБРИКАЦИЯ ДВУСЛОЙНЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ ИЗ ПЕРВИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ И

МСК С ПОМОЩЬЮ БИОРЕАКТОРА “AIR-LIQUID INTERFACE” 41

ОПТИМИЗАЦИЯ ВИТРИФИКАЦИИ ЭМБРИОНОВ И ООЦИТОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ 43

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ДИГИДРОФЛУОРЕСЦЕИНА В КЛЕТКАХ HEK293T ПРИ ГИПЕРГЛИКЕМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА IMAGE J / FIJI 44

МИКРОФЛЮИДНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОРТИНГА СПЕРМАТОЗОИДОВ НА ОСНОВЕ РЕОТАКСИСА И ХЕМОТАКСИСА 46

АСИММЕТРИЧНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО: ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ОТКРЫТЫМ ИСТОЧНИКОМ В КОММЕРЧЕСКИ ЖИЗНЕСПОСОБНЫЕ ПРОДУКТЫ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРИБОРОВ..... 48

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ – ЗОЛОТО ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ..... 50

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ БИОПЛАСТИКА НА ОСНОВЕ СОЕВОГО БЕЛКА 51

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ 53

УСТАНОВКА ДЛЯ EX VIVO-МОНИТОРИНГА СТИМУЛ-ЗАВИСИМОЙ СЕКРЕЦИИ АТФ ВКУСОВЫМ ЭПИТЕЛИЕМ 54

МЕТОД ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЧЕРЕЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЛИПОФУСЦИНА 56

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕПТИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА

ПРИМЕРЕ АНАЛОГА ГЛЮКАГОНОПОДОБНОГО ПЕПТИДА-2 58

ПОЛУЧЕНИЕ КОЖНЫХ БИОЭКВИВАЛЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕЙКИ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА РАЗДЕЛЕ «ЖИДКОСТЬ-ВОЗДУХ» 59

МЕТОД АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ИЗУЧЕНИИ МЕТАЛЛ-СВЯЗЫВАЮЩИХ БЕЛКОВ 61

ФЕРМЕНТНЫЕ, КЛЕТОЧНЫЕ И ДНК-БИОСЕНСОРЫ В ФАРМАКОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ..... 63

СИСТЕМА ДЛЯ ФИКСАЦИИ МЕЛКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ С МОНИТОРИНГОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ «АНТИКУСЬ» 65

СЕКЦИЯ ››› Оборудование и методы исследования в области наук о земле 67

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОГО РАВНОВЕСИЯ ФОРМ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 68

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОГО РАВНОВЕСИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДЫ 70

РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ 72

БАЗЫ ДАННЫХ ПОЧВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАК СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... 74

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ИССЛЕДОВАНИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЕССОВ-ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ..... 76

ОПЫТ ЮНЦ РАН ПО РАЗРАБОТКЕ ПРИБОРОВ И ДАТЧИКОВ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ТОМ ЧИСЛЕ ФЛУОРИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ..... 78

СЕКЦИЯ ››› Приборы для физических и химических исследований 80

УСТРОЙСТВО ОЧИСТКИ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ КАМЕР ТИТРАЦИОННОГО КАЛОРИМЕТРА 81

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДИЗАЙНА LAMP-ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАЛЯРИЙНЫХ ПЛАЗМОДИЕВ..... 82

О ВОЗМОЖНОСТЯХ МЕТОДА УЛЬТРАМИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОЛОГИИ И ХИМИИ..... 84

ТИТРАЦИОННЫЙ КАЛОРИМЕТР С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГИБКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КОРОТКОЖИВУЩИХ БИООБЪЕКТАХ 86

КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ФАРФОР-УГЛЕРОД..... 88

СЕКЦИЯ ››› Приборостроение в биотехнологии.....90

МИКРОФЛЮИДНОЕ УСТРОЙСТВО «ОРГАН-НА-ЧИПЕ» НА ОСНОВЕ ПЭТ С ПОРИСТОЙ МЕМБРАНОЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО БАРЬЕРА КИШЕЧНИКА 91

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ БИОКОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЛИЧИНКАМИ *HERMETIA ILLUCENS* 93

БИОЧЕРНИЛА НА ОСНОВЕ κ-КАРРАГИНАНА С УЛУЧШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ 3D-БИОПЕЧАТИ..... 95

АВТОМАТИЧЕСКОЕ НЕИНВАЗИВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ *TARAXACUM KOK-SAGHYZ* R., КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В АЭРОПОННОМ ФИТОТРОНЕ, В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ..... 97

МОДУЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО БИОРЕАКТОРА МАЛОГО ОБЪЕМА С МЕШАЛКОЙ..... 99

ЛАБОРАТОРНЫЙ БИОРЕАКТОР МАЛОГО ОБЪЕМА ЛБ-1 С ПЕРКОЛЯЦИОННЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ 101

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БЕЛКОВ ГИПЕРТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ МЕТОДОМ СОБСТВЕННОЙ БЕЛКОВОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ..... 103

СЕКЦИЯ ››› Новые материалы, конструкционные системы для разработки приборов и датчиков.....105

ОРГАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ ТРАНЗИСТОР КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ 106

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ: ПОГЛОТИТЕЛЬНЫЕ ТРУБКИ TENAX-TA И АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ SP-1 107

РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТМЫВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ОСТАТКОВ НАТРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА 109

СЕКЦИЯ ››› Информационные технологии и искусственный интеллект в приборостроении 111

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ АГРОПРОИЗВОДСТВАМИ..... 112

МЕТОДЫ АНАЛИЗА R/S КОМПОНЕНТ ЭКГ..... 114

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН: БИОМЕДИЦИНСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ..... 116

ПИКСЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 117

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ШИРОКОДОСТУПНОЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АМБУЛАТОРНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ 118

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ 121

ПРОТОТИП МАКЕТА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧСС С ПОМОЩЬЮ МИЛЛИМЕТРОВОГО РАДАРА 123

СЕКЦИЯ ››› Социально-экономические, политические и исторические аспекты развития научного приборостроения 125

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В XXI ВЕКЕ: ЭКОНОМИКА, ПОЛИТИКА И ТЕХНОЛОГИИ 126

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

9 ДЕКАБРЯ 2025

ТОРЖЕСТВЕННОЕ ЗАСЕДАНИЕ, ПОСВЯЩЕННОЕ ЮБИЛЕЮ СКБ БП АН СССР

8.30 - 11.00
РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ. ПРИВЕТСТВЕННЫЙ КОФЕ

11.00
ТОРЖЕСТВЕННОЕ ЗАСЕДАНИЕ

11.00 - 11.10
Приветственная речь
Грабарник Павел Яковлевич., д .ф.-м.н., Директор ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.10 - 11.15
Вступительное слово и.о. директора ИБП РАН
Авхачева Надежда Владимировна, к.б.н., и.о. директора ИБП РАН

11.15 - 11.35
Из истории СКБ-ИБП биологического приборостроения
Пермяков Евгений Анатольевич, д.б.н., проф., главный научный сотрудник ИБП РАН

11.35 - 11.55
Приветственное слово
Минстерство науки и высшего образования РФ

11.55 - 12.05
Приветственное слово
Фонд Национальная технологическая инициатива
Медведев Вадим Викторович, генеральный директор Фонда НТИ

12.05 - 12.15
Приветственное слово
Министерство инвестиций, промышленности и науки МО
Фоломеев Олег Юрьевич, начальник управления науки и инноваций

12.15 - 12.25
Приветственное слово
Торгово-промышленная палата МО

Французов Денис Евгеньевич, Президент ТПП МО

12.25 - 12.50
Приветственное слово
Главы г.о. Серпухов, представителей Совета Депутатов г.о. Серпухов и представители Научно-технического совета г.о. Серпухов

12.50 - 13.00
КОЛЛЕКТИВНАЯ ФОТОГРАФИЯ В АКТОВОМ ЗАЛЕ

13.00 - 13.30
КОФЕ-БРЕЙК,
ЭКСКУРСИЯ НА ВЫСТАВКУ ОБОРУДОВАНИЯ ИБП РАН И СПОНСОРОВ КОНФЕРЕНЦИИ

13.30
ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

13.30 - 13.40
О промышленном дизайне, на примере эволюционно зрелых продуктов
Смирнов Сергей Альбертович, Вице-президент Союза дизайнеров России, директор Центра исследований и инновационных разработок при Университете С.Г. Строганова
13.40 - 13.50
Рыбопоисковые эхолоты с расщепленным лучом
Демидов Алексей Игоревич, начальник отдела - главный конструктор АО «НИИП им. В.В.Тихомирова»

13.50 - 14.00
Прототип макета для демонстрации бесконтактного измерения ЧСС с помощью миллиметрового радара
Учамприна Александра Андреевна, техник АО «НИИП им. В.В.Тихомирова»

14.00 - 14.10
Приветственное слово
Институт Аналитического Приборостроения РАН
Евстрапов Анатолий Александрович, д.т.н., директор ИАП РАН

14.10 - 14.20
Приветственное слово
АО «ЭЗАН»
Бородин Владимир Алексеевич, чл.-корр. РАН, д.т.н., научный руководитель АО «ЭЗАН»

14.20 - 14.30
Разработки Консорциума «Российские Генетические Технологии»: опыт, проблемы, дальнейшие планы ООО НПФ «Синтол»
Веретенников Александр Владимирович, к.ф.-м.н., зам. ген. директора по научно-технической работе и проектам АО «ЭЗАН»

14.30 - 14.40
Приветственное слово
Центральный аэрогидродинамический институт
им. профессора Н. Е. Жуковского
Манвелян Ваган Самвелович, к.т.н., зам. директора по проектной деятельности ЦАГИ

14.40 - 14.50
Приветственное слово
ГАОУ СПО Московской области «Губернский профессиональный колледж»
Лысиков Александр Иванович, директор ГАОУ СПО МО «Губернский профессиональный колледж»

14.50 - 15.00
Приветственное слово
Научно-исследовательский центр «БиоХимТех»
Арляпов Вячеслав Алексеевич, д.х.н., проф., директор научно-исследовательского центра «БиоХимТех»

15.00 - 15.10
Приветственное слово
НИЦ Курчатовский Институт
Василов Раиф Гаянович, вице-президент НИЦ «Курчатовский институт» по биоэкономике

15.10 - 15.20
Опыт ЮНЦ РАН по разработке приборов и датчиков мониторинга окружающей среды в том числе и флуориметрическими методами

Юрасов Юрий Игоревич, д.т.н., заместитель директора ЮНЦ РАН по научной работе

15.20 - 15.30

Приветственное слово

ООО НПО «ДНК-Технология»

Брежнев Андрей Викторович, заместитель ген. директора «ДНК-Технология»

15.30 - 15.42

РОЛИК ПРО ИБП РАН

15.42 - 16.00

Стратегия развития ИБП РАН

Авхачева Надежда Владимировна, к.б.н., и.о. директора ИБП РАН

16.00 - 19.00

ТОРЖЕСТВЕННЫЙ БАНКЕТ, ПОЗДРАВЛЕНИЯ ОТ КОЛЛЕГ. ХОЛЛ ИНСТИТУТА. БУФЕТ ПО ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫМ

10 ДЕКАБРЯ 2025

09.00 - 10.00

РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ

10.00 - 12.10

СЕКЦИЯ

Оборудование и методы исследования в области биологии

Модератор - Пермяков Сергей Евгеньевич, к.ф.-м.н., зав. лаборатории

10.00 - 10.20

Пленарный доклад

Экспертное мнение: О дизайн-исследованиях, стадиях разработки и значимости отдельных этапов

Зиновьев Павел Викторович

Первый заместитель генерального директора ООО «Смирнов дизайн»

10.20 - 10.30

Асимметричное преимущество - преобразование аппаратного и программного обеспечения с открытым источником в коммерчески жизнеспособные продукты в сфере производства образовательных и научно-исследовательски приборов
Наникашвили Микаил Аврамович
Georgian Scientific Industries, Tbilisi, Georgia

10.30 - 10.40
Микрофлюидная платформа для синтеза микро и наночастиц для биомедицинских применений
Букатин Антон Сергеевич
к.ф.-м.н., доцент, заместитель директора по научной работе, Институт аналитического приборостроения РАН

10.40 - 10.50
Витрификация эмбрионов и ооцитов млекопитающих
Левченко Александр Геннадьевич
Начальник отдела, начальник опытного производства ИБП РАН

10.50 - 11.00
Установка для ex vivo-мониторинга стимул-зависимой секреции АТФ вкусовым эпителием
Хохлов Александр Анатольевич
к.ф.-м.н., с.н.с., Институт биофизики клетки РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.00 - 11.10
Система для фиксации мелких лабораторных животных с мониторингом физиологических параметров «Антикусь»
Эрлих Татьяна Вячеславовна
Студент, МФТИ

11.10 - 11.20
Перспективы использования RGB для оценки активности фотосинтеза и спектральных характеристик у растений пшеницы (Triticum aestivum L.)
Золин Юрий Александрович
Лаборант-исследователь, Лаборатория агрофотоники центра биофизики ННГУ им. Н. И. Лобачевского

11.20 - 11.30
Система для изменения фотосинтетической ассимиляции CO2 листьев растений с использованием инфракрасных датчиков CO2

Козлова Елизавета Андреевна
Аспирант, Институт биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского

11.50 - 12.10
Пленарный доклад
Ферментные, клеточные и ДНК-биосенсоры в фармакологии и медицине
Шумянцева Виктория Васильевна
д.б.н., проф., заведующий лабораторией биоэлекторхимии, Институт биомедицинской химии им. В.Н.Ореховича

12.30 - 12.50
Пленарный доклад
Функциональные наноматериалы на основе кремния для диагностики и терапии социально-значимых заболеваний
Осминкина Любовь Андреевна
к.ф.-м.н., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

12.50 - 13.30
КОФЕ-БРЕЙК. ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ

13.30 - 14.00
СЕКЦИЯ
Приборы для физических и химических исследований
Модератор - Шевелева Марина Петровна, к.х.н., с.н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

13.30 - 13.50
Пленарный доклад
О возможностях метода ультрамикроскопии для исследований в биологии и химии
Курьяков Владимир Николаевич
к.ф.-м.н., в.н.с., Институт проблем нефти и газа РАН

13.50 - 14.00
Титрационный калориметр с возможностью гибкого изучения тепловых процессов, протекающих в короткоживущих биообъектах
Сивашева Татьяна Николаевна

к.т.н., с.н.с., и.о. зав. лаборатории, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

14.00 - 14.10

СЕКЦИЯ

Социально-экономические, политические и исторические аспекты развития научного приборостроения

Модератор - Шевелева Марина Петровна, к.х.н., с.н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

14.00 - 14.10

Научное приборостроение в XXI веке экономика, политика и технологии

Марченко Екатерина Андреевна

Стажер-исследователь, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук»

14.10 - 14.20

СЕКЦИЯ

Новые материалы, конструкционные системы для разработки приборов и датчиков

Модератор - Шевелева Марина Петровна, к.х.н., с.н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

14.10 - 14.20

Композиционный углеродный материал фарфор-углерод

Толстунов Михаил Игоревич

к.х.н., зав. лаборатории, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук»

14.20 - 14.40

КОФЕ-БРЕЙК

14.40 - 16.15

СЕКЦИЯ

Приборостроение в биотехнологии

Модератор - Немашкалов Виталий Алексеевич, к.б.н., зав. лаборатории, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

14.40 - 15.00

Пленарный доклад

Отдел биотехнологии: история и разработки

Немашкалов Виталий Алексеевич

к.б.н., зав. лабораторией, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

15.00 - 15.15

Пленарный доклад

Технологии гиперспектральной съемки для биологии от клетки до экосистемы

Болсуновский Михаил Александрович

Советник генерального директора ООО «Проксима»

15.15 - 15.25

Интеллектуальная система управления автономными агропроизводствами

Куликов Андрей Кириллович

к.т.н., с.н.с., Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологий» РАН

15.25 - 15.35

Биочернила на основе k-каррагинана с улучшенными механическими свойствами для трехмерной биопечати

Кузьмин Александр Александрович

Инженер, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

15.35 - 15.45

Автоматическое неинвазивное измерение биомассы растений культивируемых в аэропонном фитотроне, в режиме реального времени

Мартиросян Левон Юрьевич

м.н.с., ФГБНУ ВНИИСБ

15.45 - 15.55

Перспективы использования автоматизации для процессов биоконверсии органических отходов личинками hermetia illucens

Гладышева Марина Сергеевна

Аспирант, Университет ИТМО

15.55 - 16.05

Оценка структурной стабильности белков гипертермофильных бактерий методом собственной флуоресценции
Трунилина Мария Викторовна
Инженер-биотехнолог, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

16.05 - 16.15
Модульный контроллер для лабораторного биореактора малого объема с мешалкой
Миловидов Георгий Дмитриевич
Инженер, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11 ДЕКАБРЯ 2025

09.00 - 10.00
РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ

9.30 - 10.20
Секция
Оборудование и методы исследования в области биологии
Модератор - Пермяков Евгений Анатольевич, д.б.н., проф., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

9.30 - 09.40
Автоматизированные решения в разработке лекарственных препаратов на основе моноклональных антител
Улитин Андрей Борисович
Руководитель отдела Разработки лекарственных препаратов,
АО «Р-Фарм»

9.40 - 9.50
Метод атомно-абсорбционной спектроскопии в изучении металл-связывающих свойств белков
Шевелева Мирина Петровна
к.х.н., с.н.с. ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

9.50 - 10.00

Метод экспресс-оценки нарушений митохондриальной динамики через количественный анализ липофусцина
Чаплыгина Алина Вадимовна
н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

10.00 - 10.10
Создание лабораторной технологии производства пептидных препаратов на примере аналога глюкагоноподобного пептида-два
Черкашина Лидия Андреевна
Инженер-биотехнолог, ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

10.10 - 10.20
Перспективы использования дифференциальной сканирующей калориметрии для прогнозирования свойств биопластика на основе соевого белка
Согорин Евгений Анатольевич
к.б.н., в.н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

10.20 - 11.00
КОФЕ-БРЕЙК

11.00 - 11.20
Секция
Информационные технологии и искуственный интеллект в приборостроении
Модератор - Дерюшева Евгения Игоревна, к.ф.-м.н., с.н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.00 - 11.10
Мультиспектральные сенсорные системы видимого и ближнего ИК диапазона длин волн, биомедицинская диагностика и интеллектуальный анализ данных
Зайцева Анна Юрьевна
к.ф.-м.н., зав. лабораторией, ФГБУН Институт аналитического приборостроения РАН

11.10 - 11.20
Применение технологий ИИ для непрерывного мониторинга состава бактериальной культуры
Скудин Максим Александрович

Инженер, ФБУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»

11.20 - 12.20
Секция
Оборудование и методы исследования в области наук о земле
Модератор - Калинин Павел Иванович, к.г.-м.н., с.н.с., ИФХиБПП, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.20 - 11.40
Пленарный доклад
Применение инструментальных методов для оценки палеогеографических условий формирования лессов Приазовья
Калинин Павел Иванович
к.г.-м.н., с.н.с., ИФХиБПП, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.40 - 11.50
Применение методов математической статистики в исследовании гранулометрического состава лессов-почвенных комплексов
Кудреватых Ирина Юрьевна
к.б.н., с.н.с., ИФХиБПП, ФИЦ ПНЦБИ РАН

11.50 - 12.00
Выявление пространственно-структурного равновесия форм земной поверхности
Баранов Игорь Павлович
н.с., ИБП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН

12.00 - 12.10
Базы данных почвенных характеристик как современный инструмент почвенных исследований
Митенко Геннадий Викторович
н.с., ИФХиБПП, ФИЦ ПНЦБИ РАН

12.10 - 12.20
Рентгенофлуоресцентное картографирование химического состава почвенных и геологических образцов
Малышев Владислав Владимирович
м.н.с., ИФХиБПП, ФИЦ ПНЦБИ РАН

12.20 - 13.00
ТОРЖЕСТВЕННОЕ ЗАКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ
НАГРАЖДЕНИЕ ЗА ЛУЧШИЕ
УСТНЫЕ И СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

1. Белоусова Дарья Алексеевна
лаборант, СПбАУ РАН им. Ж.И. Алферова
Микрофлюидное устройство «орган-на-чипе» на основе ПЭТ с пористой мембраной для моделирования эпителиального барьера кишечника

2. Бунин Егор Сергеевич
аналитик, Сеченовский Университет
Использование биореактора CelCradle 500 для получения секретома мезенхимных стромальных клеток

3. Гринчевская Лидия Равилевна
м.н.с., Сеченовский Университет
Разработка тканеинженерного биореактора, направленного на растяжение клеток в условиях *in vitro*

4. Гусенков Денис Леонидович
студент, Сеченовский Университет
Разработка прототипа гибридного диагностического комплекса для неинвазивной визуализации глубинных воспалительных процессов

5. Добровольский Илья Алексеевич
лаборант-исследователь, ИТЭБ РАН
Определение образования активных форм кислорода в аорте крысы

6. Журавский Тихон Васильевич
инженер, ИБП РАН
Устройство очистки калориметрических камер титрационного калориметра

7. Зимина Анастасия Алексеевна
стажер-исследователь, Сеченовский Университет
Разработка программного обеспечения для автоматизированного дизайна LAMP-праймеров специфичных для диагностики малярийных плазмодиев

8. Кардош Анна Вадимовна
аналитик, Сеченовский Университет
Формирование модели кожи на основе микрофлюидной системы с добавлением бактериального консорциума

9. Котенева Полина Игоревна
м.н.с., Сеченовский Университет
Биофабрикация двуслойных эквивалентов из первичной культуры буккального эпителия и МСК с помощью биореактора AIR-LIQUID INTERFACE

10. Кулешов Богдан Сергеевич
аспирант, ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН
Органический электролитический транзистор как перспективная платформа для обнаружения ионов металлов в водных растворах

11. Логачев Евгений Павлович
м.н.с., ИАП РАН
Методы анализа R/S компонент ЭКГ

12. Марченко Екатерина Андреевна
стажер-исследователь, ФИЦ ЮНЦ РАН
Сравнительный анализ сорбентов для отбора проб: поглотительные трубки Tenax-TA и активированный уголь SP-1

13. Микина Наталья Владимировна
лаборант-исследователь, ИТЭБ РАН
Количественная оценка флуоресценции дигидрофлуоресцеина в клетках при гипергликемии

14. Мурашко Антон Вячеславович
н.с., Сеченовский Университет
Микрофлюидные платформы для сортинга сперматозоидов на основе реотаксиса и хемотаксиса

15. Сараев Алексей Сергеевич
инженер, ИАП РАН
Пиксельный анализ изображений секвенирования нового поколения

16. Сенин Андрей Александрович
с.н.с., к.т.н., ИБП РАН
Концепция построения широкодоступной телемедицинской платформы для амбулаторного сопровождения беременности

17. Тихомирова Татьяна Сергеевна
н.с., ИБП РАН
Лабораторный биореактор малого объема с перколяционным перемешиванием

18. Халилова Дина Русланова
студент, УФУ им. Б.Н. Ельцина
Разработка безопасной технологии отмывки оборудования от остатков натрия с использованием изопропилового спирта

19. Шевалье Дмитрий Александрович
аналитик, Сеченовский Университет
Получение кожных биоэквивалентов с применением ячейки для культивирования на разделе «жидкость-воздух»

НАШИ ПАРНЕРЫ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИНТОЛ
научно-производственная компания

ИАП РАН

PROXIMA

эзАн

ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЛИКСБИО

ПУЩИНСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
биологических
исследований

СЕКЦИЯ ››› Оборудование и методы исследования в области биологии

МИКРОФЛЮИДНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СИНТЕЗА МИКРО И НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Букатин А.С.[1,2,3@] , Наумов Е.И.[1,3], Плешаков П.С.[1] , Белоусова Д.А.[1]
Филатов Н.А.[1,3]

[1]*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет им. Ж.И. Алферова РАН*
[2]*Институт аналитического приборостроения РАН*
[3]*ООО «ФЛИКСБИО»*
[@] *antbuk.fiztek@gmail.com*

Микрофлюидные технологии — это мощный инструмент для синтеза микро- и наночастиц с узким распределением по размерам, которые находят широкое применение в качестве контейнеров для доставки лекарственных препаратов, высокопроизводительного скрининга веществ и формирования трехмерных клеточных культур.

Синтез гидрогелевых микрочастиц и липидных наночастиц осуществлялся с помощью микрофлюидной платформы, разработанной на основе специализированного контроллера давления [1]. Монодисперсные эмульсии вода-масло В/М и вода-масло-вода В/М/В диаметром от 10 до 200 мкм были получены с помощью микрофлюидных чипов с фокусировкой потока. За счет сшивки гидрогеля внутри капель были получены альгинатные, полиакриламидные, агарозные и PEGDA микрочастицы. Культивирование живых клеток CT26 и HepG2 внутри альгинатных микрочастиц привело к образованию клеточных сфероидов с жизнеспособностью более 90%, которые перспективны для использования в высокопроизводительном скрининге лекарственных препаратов.

С помощью микрофлюидного миксера были получены липидные наночастицы (DOTAP, DOPE, холестерин, молярное соотношение 1:1:1) со средним размером 80 нм и дзета-потенциалом +36 мВ. Такие наночастицы могут быть использованы для доставки ДНК/РНК in vitro и in vivo, что было продемонстрировано на примере доставки плазмиды, кодирующей GFP.

ЛИТЕРАТУРА

1. Filatov N. A. et al. Open-source pressure controller based on compact electro-pneumatic regulators for droplet microfluidics applications //IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2022. – Т. 71. – С. 1-10.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕАКТОРА CelCradle™ 500 ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЕКРЕТОМА МЕЗЕНХИМНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК

Бунин Е.С.[@] , Кошелева Н.В.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России
[@] bunin_e_s@staff.sechenov.ru

Проблема ускорения регенерации тканей и органов человеческого организма, является по-прежнему крайне актуальной и острой в научно-медицинском сообществе [1]. Различные травматические повреждения, оперативные вмешательства, а также заборы трансплантатов оказывают повреждающее действие на ткани организма [2]. Ускоренная регенерация помогает достичь сразу нескольких целей: существенное снижение риска постоперационных осложнений и развития заражения раны; уменьшение болевого синдрома и, благодаря этому, улучшение общего состояния пациента; решение эстетической проблемы [3,4].

Для достижения данных целей активно разрабатываются продукты на основе секретома мезенхимных стромальных клеток (МСК) человека или их продукты [5,6]. Преимущества использования продуктов МСК в терапии заключаются в том, что эти клетки обладают крайне низкой иммуногенностью и высоким регенеративным потенциалом [7,8].

При этом важной задачей является не только разработка подобных продуктов, но и реализация их дальнейшего производства, что подразумевает поиск оптимальных стратегий масштабирования, удешевления производства и упрощения протоколов получения без качественных потерь получаемого материала.

С этой целью нами при проведении работ по получению и характеризации секретома МСК был использован биореактор CelCradle™ 500. Полученные данным способом образцы кондиционированных сред (КС) МСК содержали ключевые цитокины, такие как интерлейкин 6 (142,7 ± 6,4 нг/мл), интерлейкин 8 (310,4 ± 49,5 нг/мл), VEGF (1,44 ± 0,11 нг/мл) и FGF-2 (10,1 ± 0,9 нг/мл). Данные значения сопоставимы с таковыми при культивировании клеток в 2Д условиях, при этом выход продукта при использовании биореактора существенно превышает аналогичный для классического культивирования на чашках Петри или флаконах.

Это позволяет сделать вывод, что использование биореактора CelCradle™ 500 позволяет не только существенно ускорить производство, но и сохранить качество получаемого продукта.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России тема №NZAF-2024–0016.

ЛИТЕРАТУРА

1. Larouche J. и др. Immune Regulation of Skin Wound Healing: Mechanisms and Novel Therapeutic Targets // Adv Wound Care (New Rochelle), 2018. Т. 7, № 7. С. 209–231.
2. Peña O.A., Martin P. Cellular and molecular mechanisms of skin wound healing // Nat Rev Mol Cell Biol. Nature Research, 2024. Т. 25, № 8. С. 599–616.
3. Wilkinson H.N., Hardman M.J. Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes // Advances in Surgical and Medical Specialties. Taylor and Francis, 2023. С. 341–370.
4. Rousselle P., Braye F., Dayan G. Re-epithelialization of adult skin wounds: Cellular mechanisms and therapeutic strategies // Adv Drug Deliv Rev. Elsevier, 2019. Т. 146. С. 344–365.
5. Brennan M., Layrolle P., Mooney D.J. Biomaterials Functionalized with MSC Secreted Extracellular Vesicles and Soluble Factors for Tissue Regeneration // Advanced Functional Materials. Wiley-VCH Verlag, 2020. Т. 30, № 37.
6. Bari E. и др. GMP-compliant sponge-like dressing containing MSC lyo-secretome: Proteomic network of healing in a murine wound model // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. Elsevier B.V., 2020. Т. 155. С. 37–48.
7. Bian D. и др. The application of mesenchymal stromal cells (MSCs) and their derivative exosome in skin wound healing: a comprehensive review // Stem Cell Res Ther. BioMed Central Ltd, 2022. Т. 13, № 1.
8. Hass R. и др. Different populations and sources of human mesenchymal stem cells (MSC): A comparison of adult and neonatal tissue-derived MSC // Cell Communication and Signaling. BioMed Central, 2011. Т. 9, № 1. С. 1–14.

РАЗРАБОТКА ТКАНЕИНЖЕНЕРНОГО БИОРЕАКТОРА, НАПРАВЛЕННОГО НА РАСТЯЖЕНИЕ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Гринчевская Л.Р.[@], Ревокатова Д.П., Кошелева Н.В., Перейра Ф.Д.А.С., Сенковенко А.М., Шпичка А.И., Тимашев П.С.

Институт регенеративной медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации
[@] grinchevskaya_l_r@staff.sechenov.ru

Структурная организация и функциональная активность тканей человека в значительной степени зависят от оказываемых на них механических сил. Например, растяжение – один из ключевых видов подобных внешних воздействий – выступает в качестве физиологического стимула, играющего особую роль в жизнедеятельности и регенерации ряда тканей (напр, связок, сухожилий). В ходе формирования и функционирования последних именно растяжение инициирует изменение клеточной активности и перестройку внеклеточного матрикса [1, 2].

Разработка и применение тканеинженерных биореакторов может позволить моделировать подобные механические воздействия в условиях *in vitro* [2]. Ключевым моментом данного исследования является создание ячейки биореактора, направленной на растяжение клеточных культур и тканеинженерных конструкций. Принципиальным нововведением служит использование натуральных биомембран вместо силиконовых, что обеспечивает биосовместимость и пригодность выращиваемых биоэквивалентов для последующей клинической трансплантации. Сама конструкция данного устройства состоит из двух основных элементов: функциональной верхней камеры, в которой располагаются мембрана с клетками и емкость для питательной среды, и цилиндрического конуса, расположенного под объектом растяжения. Функциональная верхняя камера подключена к контроллеру, управляющему ее движением вверх и вниз относительно цилиндра, что приводит мембрану с клетками и биоэквивалентами в растяжение и позволяет регулировать степень растяжения, количество циклов растяжения в минуту, время растяжения и релаксации. В данной системе растяжение не распределяется равномерно по всей поверхности мембраны, а обладает определенным градиентом. Чтобы предсказать характер взаимодействия целевой мембраны с ячейкой

биореактора было проведено математическое моделированиепроцесса растяжения с помощью программного обеспечения COMSOL Multiphysics (ver 6.2.339). Для этого были построены соответствующие математические модели для разных геометрий стойки-цилиндра.

Экспериментальная оценка биореактора проводилась на модели фибробластов, культивируемых на коллаген-эластиновых мембранах. При этом было продемонстрировано, что циклическое растяжение (3%, 10 циклов/мин, 18 ч) не оказывает негативного воздействия на жизнедеятельность клеток, способствует поляризации цитоскелета и изменению состава внеклеточного матрикса. Так, например, при растяжении клеток в последних было зафиксировано образование сонаправленных актиновых филаментов, в то время как для контрольной группы была характерна неорганизованная сеть волокон актина. Количественным подтверждением данного результата можно считать среднее значение когерентности волокон актина, которое при растяжении было на 80% выше, чем в покое. Кроме того, было подтверждено, что механическое воздействие способствует увеличению синтеза таких компонентов внеклеточного матрикса, как коллаген 1 типа и фибронектин, а также приводит к изменению синтеза виментина – важного белка промежуточных филаментов клеток.

Таким образом, разработанная ячейка биореактора представляет собой эффективный инструмент как для фундаментальных исследований в области клеточной биологии, так и для прикладных задач регенеративной медицины по созданию функциональных биоэквивалентов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России тема №NZAF-2024-0016.

ЛИТЕРАТУРА

1. Palladino F, Marcelino PRF et al. Bioreactors: Applications and Innovations for a Sustainable and Healthy Future—A Critical Review. Applied Sciences. 2024; 14(20):9346.

2. Sun C, Janjic Rankovic M et al. Effect of Different Parameters of In Vitro Static Tensile Strain on Human Periodontal Ligament Cells Simulating the Tension Side of Orthodontic Tooth Movement. // Int J Mol Sci. 2022 Jan 28; V. 23(3).

ТЕРМО-УЗИ: РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ГИБРИДНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЛУБИННЫХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Гусенков Д.Л.[@], Соломатина В.Ю., Колесникова Е.В.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)
[@]gusenkov_d_l@student.sechenov.ru

Ранняя диагностика глубинных воспалительных и инфекционных очагов на уровне первичной медицинской помощи затруднена из-за ограниченной доступности МРТ и ПЭТ-КТ. Стандартное ультразвуковое исследование (УЗИ) позволяет оценить анатомические изменения, но не отражает функциональную активность тканей. В этом контексте перспективным маркером является локальная гипертермия, связанная с повышением кровотока и метаболизма в зоне патологии.

В рамках проекта «Термо-УЗИ» разрабатывается прототип диагностического комплекса, объединяющего УЗИ с методом пассивной микроволновой радиометрии (МВР)− безопасной технологии неинвазивной глубинной термометрии. МВР регистрирует собственное тепловое микроволновое излучение тканей в диапазоне 0,5-4 ГГц, что позволяет оценивать температурный профиль на глубинах до 10 см без использования ионизирующего излучения [1]. Клинические исследования подтверждают эффективность МВР при ревматоидном артрите и диабетической стопе, где она превосходит инфракрасную термографию в выявлении скрытых воспалительных очагов [2, 3].

На текущем этапе происходят испытания первичного прототипа, настроенного на частоту 2,4 ГГц (полоса пропускания фильтра 2,3-2,5 ГГц). Интерпретация результатов основана на преобразовании измеренной мощности собственного теплового излучения тканей в яркостную температуру− условный параметр, отражающий объёмно-усреднённое распределение температуры на различных глубинах, которое рассчитывается по закону Рэлея-Джинса [4]. Поскольку сигнал формируется с взвешенным вкладом от разных слоёв (определяемым частотой и весовой функцией), для перехода от яркостной к физической температуре используются математические

модели, учитывающие диэлектрические свойства тканей, глубину проникновения излучения и геометрию антенны.

Результатом первичных испытаний экспериментальной установки «Термо-УЗИ» является получение мощности излучения участков мышечной ткани у пациента до и после умеренной физической активности, анализ которых позволил зафиксировать температуры мышечной ткани бицепса на глубине порядка 1,2 см в состоянии покоя 35,9ºС и после физической активности 36,8ºС. Для контроля качества была проведена инфракрасная термометрия, показавшая подобные результаты: 35,6 и 36,7 С.

Факт регистрации значений, близких к физиологически ожидаемым для активной мышечной ткани, подтверждает потенциальную способность устройства выявлять локальные температурные аномалии, обусловленные не только воспалением, но и функциональной гиперемией.

Данный этап позволяет перейти к дальнейшим стадиям разработки устройства, включая создание полного прототипа на базе печатной платы, а также интеграция устройства и УЗИ датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wu J., Liu J. // Review of the Capacity to Accurately Detect the Temperature of Human Skin Tissue Using the Microwave Radiation Method. Biosensors (Basel). 2024. Т. 14, № 5. С. 221.

2. Laskari K., Siores E., Tektonidou M.G., Sfikakis P.P. // Microwave Radiometry for the Diagnosis and Monitoring of Inflammatory Arthritis. Diagnostics. 2023. Т. 13, № 4. С. 609.

3. Hutting K.H., Aan de Stegge W.B., Kruse R.R., van Baal J.G., Bus S.A., van Netten J.J. // Infrared thermography for monitoring severity and treatment of diabetic foot infections. Vasc Biol. 2020. Т. 2, № 1. С. 1–10.

4. Исаев В. И. Дж. Рэлей и история открытия закона теплового излучения Рэлея-Джинса // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. 2019. № 2.

РЫБОПОИСКОВЫЕ ЭХОЛОТЫ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЛУЧОМ

Демидов А.И.

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»
demidov.a@nio3.niip.ru

В настоящее время на российских судах флота рыбной промышленности находится в эксплуатации более 2000 гидролокаторов горизонтального поиска, более 5000 гидролокаторов вертикального поиска, более 3000 траловых зондов и зарубежного производства. Актуальной задачей является импортозамещение рыбопоисковых эхолот, так как зарубежная аппаратура выходит из строя.

Разработка линейки рыбопоисковых локаторов эхолотов с технологией расщепленнного луча и техническими характеристиками соответствующими зарубежным аналогам. В рамках работы была разработана линейка рыбопоисковых эхолотов с частотами 18кГц, 38кГц, 50кГц, 70кГц, 120кГц, 200кГц, 333кГц (Рис. 1). Каждый эхолот оснащен технологией расщепленного луча, позволяющей более точно определять силу цели одиночных рыб, определять ее размерный ряд и, в последствии, посчитать биомассу разряженного скопления.

В этом году прошли испытания всей линейки эхолотов нашего института на озере Байкал. В результате испытаний были подтверждены заявленные характеристики эхолотов. Так же испытаний эхолотов 18 и 120 кГц прошли в морях атлантического океана и так же показали положительные результаты.

Рыбопоисковые эхолоты разработки АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» доказали свою работоспособность в рамках опытной эксплуатации. В перспективе стоит задача по замене зарубежных эхолотов на отечественные.

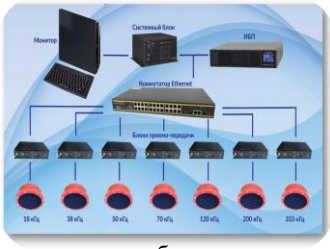


Рисунок 1. Прототип макета рыбопоисковых эхолотов различных частот

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В АОРТЕ КРЫСЫ

Добровольский И.А.[1], Беляева Т.В.[2], Порфирьева А.А.[2], Белослудцева Н.В.[1], Самохвалова Т.В.[1], Шапошникова В.В.[1], Корыстова А.Ф.[1], Корыстов Ю.Н.[1@]

[1] Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
[2]Марийский Государственный Университет
[@]ykorystov@rambler.ru

Окислительный стресс – это состояние, при котором в организме происходит дисбаланс между образованием активных форм кислорода (АФК) и способностью антиоксидантных систем их нейтрализовать. Несмотря на то, что АФК в норме выполняют важные сигнальные функции, их избыточное накопление оказывает неспецифическое цитотоксическое действие, приводящее к повреждению ДНК, белков и липидов. Окислительная модификация биомолекул в эндотелиальных клетках сосудов является причиной многих патологий, например атеросклероза, гипертензии и лёгочных заболеваний [1,2]. Хотя ранее считалось, что сосудистый эндотелий представляет собой не более чем механический барьер, последние данные свидетельствуют о том, что он принимает непосредственное участие в регуляции сосудистого тонуса, проницаемости капилляров, образования лейкоцитов и тромбоцитов, а также иммунного ответа.

Для определения АФК, таких как супероксид-анион ($O_2^{\bullet -}$) и пероксид водорода (H_2O_2), разработан широкий спектр методов, включая электрохимические, хемилюминесцентные и спектрофотометрические подходы [3]. Однако при изучении эндотелиальной дисфункции, которая характеризуется быстрой динамикой процессов, анализ изменений концентрации АФК должен обладать высокой чувствительностью и позволять проводить измерения *in situ*. В настоящее время активно ведутся исследования, направленные на создание технологий для прямого измерения концентрации свободных радикалов непосредственно в сосудистом эндотелии и тканях. Разработка таких методов откроет возможности для *in situ* оценки эффективности фармакологических соединений и антиоксидантов, предназначенных для профилактики эндотелиальной дисфункции и повреждений сосудов при патологиях.

В работе была воспроизведена модель окислительного стресса и повреждения аорты крыс, индуцированного воздействием ионизирующей радиации. Крыс облучали дозой 2.5 Гр X лучами 200 кV на установке RUT-250-15-1 20 mA при фильтрах, 1 мм Al, 1 мм Cu 56 при мощности дозы 1 Гр/мин. Образование АФК определяли с помощью 2'7'-дихлордигидрофлуоресцеин диацетата ($DCFH_2$-DA) в участках аорты 4-5 см по методу Корыстова и соавторов [4]. Флуоресценцию окисленной формы зонда измеряли в экстрактах на флуориметре MF44 Perkin Elmer (λ_{ex} 475 / λ_{ex} 535 нм).

В работе установлено, что общее облучение животных приводит к быстрому (через 2 ч) и статистически значимому увеличению образования АФК в стенке аорты. Возможными механизмами этого явления являются прямой радиолиз, активация ангиотензин-превращающего фермента и NADPH-оксидазы, дисфункция митохондриальной электрон-транспортной цепи, а также последующее снижение уровня глутатиона и других антиоксидантов.

Предложенная модель представляет собой надежный инструмент для количественной оценки флуоресцентных сигналов DCF в изолированной аорте крыс, что позволяет эффективно оценивать влияние модуляторов окислительного стресса.

Работа выполнена при поддержке РНФ (25-65-00005).

ЛИТЕРАТУРА

1. Shu P. Reactive oxygen species formation and its effect on CD4+ T cell-mediated inflammation / Shu P., Liang H, Zhang J, et al. // Front. Immunol. - 2023 - V.14.

2. Цейликман В. Э., Лукин А. А. // МНИЖ. 2022. №3-1 (117).

3. Murphy M.P. Guidelines for measuring reactive oxygen species and oxidative damage in cells and in vivo / M.P Murphy, H. Bayir, V. Belousov, et al. // Nat. Metab. – 2022 V. 4 P. 651-662.

4. Samokhvalova T.V., Kim Yu.A., Korystova A.F., Kublik L.N., Shaposhnikova V.V., Korystov Yu.N. // Molecules. 2022. №27 (11).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RGB ДЛЯ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ (***Triticum aestivum*** **L.)**

Золин Ю.А.[@], Гребнева К.В., Юдина Л.М., Попова А.Ю., Сухов В.С., Сухова Е.М.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
[@] uchebnayap.zolin@gmail.com

Развитие методов оптического мониторинга является важной задачей для сельского хозяйства и необходимо для своевременного выявления действия на растения неблагоприятных факторов. Среди оптических методов RGB имиджинг имеет большой потенциал благодаря своей простоте и доступности. Однако интерпретация параметров RGB фотографий требует исследований связи с параметрами растений и развития методов интерпретации фотографий. Таким образом, целью настоящего исследования был анализ связей RGB индексов с параметрами фотосинтеза и оптическими характеристиками растений, которые широко используются для оценки состояния растений.

Исследования проводили на 2-4-недельной пшенице (*Triticum aestivum L.*), которую выращивали в вегетационной комнате с контролируемым освещением (люминесцентные лампы, 16/8 ч фотопериод) и температурой воздуха 24ºC. Растения подвергали воздействию почвенной засухи (прекращение полива) и засолению (регулярный полив солевым раствором), контрольную группу продолжали регулярно поливать водой. Периодически в течение эксперимента растения фотографировали на RGB камеру. На основе фотографий рассчитывали различные RGB индексы (включая, NRGI, ExG, VEG и др.). В те же дни оценивали активность фотосинтеза при помощи FluorCam и FluorPen (Photon System Instruments). Содержание пигментов определяли на основе метода прямой спектрофотометрии, определяли также сырой и сухой вес растений. Спектральные характеристики измеряли при помощи гиперспектральной камеры Specim IQ (Specim). Также были проведены эксперименты по оценки быстрых (в течение минут) изменений параметров RGB, индуцированных освещением растений.

Наши результаты показали, что RGB индексы достоверно изменялись у растений в условиях почвенной засухи или засоления.

При этом содержание пигментов на сырой вес растений значительно возрастало у стрессированных растений по сравнению с контролем, а содержание пигментов на сухую массу достоверно не изменялось. Последнее показывает, что изменения концентрации пигментов, рассчитанной на сырой вес, связаны с изменением содержания воды в листьях. При этом RGB индексы показали сильную связь с содержанием пигментов на сырой вес растений. Кроме того, в ходе эксперимента было показано, что квантовый выход фотосистемы II достоверно снижался, причем эти изменения также коррелировали с изменением RGB индексов [1]. Полученные результаты позволяют предположить значительную роль структуры листа и активности фотосинтеза при регистрации параметров RGB.

Наши предварительные результаты также показали, что параметры освещения растений белым светом в течение нескольких минут вызывает быстрые изменения параметров RGB. Эти изменения схожи с изменениями параметров флуоресценции и фотосинтеза.

В другом блоке работ было показано, что параметры RGB имеют выраженную связь с широкополосными и узкополосными индексами отражения [1, 2], что открывает перспективы для упрощения приборов спектрального мониторинга.

В целом, наши результаты показали связь RGB индексов с параметрами растений, что может быть использовано как основа для развития методов интерпретации фотографий. Однако интерпретация данных может осложняться особенностями физиологических процессов и взаимодействия света с листом, а также техническими ограничениями RGB фотоаппаратов. Дальнейшие исследования требуют разработки математических моделей связи физиологических и оптических характеристик растений.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 23-76-10048).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zolin Y., Popova A., Yudina L., Grebneva K., Abasheva K., Sukhov V., Sukhova E. // Plants. 2025. V 14. Article 1284.

2. Sukhova E., Zolin Y., Popova A., Grebneva K., Yudina L., Sukhov V. // Plants. 2025. V. 14. Article 71.

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ КОЖИ НА ОСНОВЕ МИКРОФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНОГО КОНСОРЦИУМА

Кардош А.В. [1@], Бикмулина П.Ю. [1], Голубчиков Д.О. [1,2], Цибульников С.В. [1], Шпичка А.И. [1], Тимашев П.С. [1]

[1] *Институт регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РФ*
[2] *Факультет наук о материалах, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*
[@] *ankardosh.@gmail.com*

В настоящее время трехмерные модели кожи человека *in vitro* все чаще используют для тестирования дерматологических лекарственных препаратов. По сравнению с животными моделями они обеспечивают лучшую воспроизводимость экспериментов, могут быть масштабированы, относительно просты в использовании и не вызывают этических вопросов [1]. Развитие микрофлюидных технологий и их внедрение в область тканевой инженерии обусловили появление систем «кожа-на-чипе», которые не только воссоздают анатомическую структуру кожи, но и моделируют динамическое микроокружение органа посредством тока питательной среды по микроканалам чипа. Вследствие этого модели на базе микрофлюидных систем считаются более физиологически релевантными по сравнению со статичными моделями кожи *in vitro* [1,2]. Однако системы «кожа-на-чипе» практически никогда не включают микробиом, который является одним из важнейших компонентов нативной кожи человека. Целью данного исследования стало формирование модели кожи на основе микрофлюидной системы с добавлением бактериального консорциума.

На первом этапе работы была разработана микрофлюидная ячейка с оригинальной геометрией. Она включала следующие составные части: центральную культуральную камеру, два резервуара для питательной среды и два микроканала, соединяющие резервуары с центральной камерой. Основную часть микрофлюидного чипа изготавливали из силиконового компаунда по технологии отливки материала в фотополимерный молд. Для предварительной оценки работоспособности микрофлюидной системы мы проводили моделирование диффузии растворенных веществ *in silico* в объеме каналов. Производили расчет скорости потока в каналах чипа и

оценивали скорость диффузии растворенных веществ. Было установлено, что за сутки в центральной камере достигается концентрация модельного вещества 0,85–1×C, где C – исходная концентрация.

В качестве клеточной основы для создания модели кожи использовали сфероиды из кератиноцитов и фибробластов человека. Сфероиды высаживали на коллагеновую мембрану и культивировали в течение 4-х суток. Заселенную клетками мембрану помещали в культуральную камеру микрофлюидного чипа и производили посев бактериального консорциума в питательную среду. В течение 4-х дней проводили со-культивирование клеток кожи и бактерий в микрофлюидной ячейке, после чего анализировали жизнеспособность эукариотических клеток в системе, а также оценивали морфологию поверхности эквивалента кожи методом сканирующей электронной микроскопии. Полученную систему «кожа-на-чипе» также тестировали на проницаемость для модельных веществ. По результатам эксперимента было продемонстрировано, что клетки из состава сфероидов эффективно заселяют мембрану и остаются жизнеспособными после со-культивирования с бактериями в микрофлюидном чипе. Сканирующая электронная микроскопия выявила структурную целостность эквивалента кожи, а также показала адгезию бактерий к поверхности эукариотических клеток. Тест на проницаемость подтвердил пригодность разработанной модели «кожа-на-чипе» для тестирования лекарственных средств.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ-БРФФИ «Микрогелевая система доставки терапевтических средств с управляемым высвобождением для лечения ожоговых поражений кожи» (проект № 24-45-10012).

ЛИТЕРАТУРА

1. Sharda Y., Nam-Trung N. Three-dimensional models of human skin for biomedical applications. // Biophysics Rev. 2025. Vol. 6: 031303.

2. Zoio P., Oliva A. Skin-on-a-Chip Technology: Microengineering Physiologically Relevant In Vitro Skin Models. // Pharmaceutics. 2022. Vol. 14 (3): 682.

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АССИМИЛЯЦИИ CO_2 ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ CO_2

Козлова Е.А.[1@] , Збруев Д.А.[2] , Сухова Е.М.[1] , Сухов В.С. [1]

[1]*Институт биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского*
[2]*Институт информационных технологий, математики и механики*
[@] *elizagreen21@gmail.com*

Периодическое измерение фотосинтетической ассимиляции CO_2 является важным методом оценки состояния растений. Современные методы анализа скорости ассимиляции базируются преимущественно на применении непрерывного воздушного потока вокруг листа и измерения изменений содержания CO_2 в этом потоке с помощью высокоточных NDIR-газоанализаторов CO_2. Такие системы обладают высокой чувствительностью и большой частотой измерений (до 1 Гц), что позволяет осуществлять непрерывный мониторинг фотосинтетической ассимиляции, включая выявление его быстрых изменений. Недостатком таких систем является большие масса-габаритные характеристики и наличие движущихся элементов (прежде всего, насоса), а также их высокая техническая сложность и себестоимость.

В связи с этим, целью работы была разработка портативного и простого в применении программно-аппаратного комплекса для анализа фотосинтетической ассимиляции CO_2 у растений.

Была разработана система, представленная прибором для сбора данных о концентрации CO_2 и программой для обработки получаемых данных. Прибор представлен измерительным и основным модулями. Измерительный модуль содержит камеру малого объема, в которой зажимается измеряемый объект. В камере для объекта расположены входные отверстия NDIR-датчиков CO_2 MH-Z1311A (Winsen, Китай), а также синий светодиод, обеспечивающий широкий диапазон актиничного освещения (до 750 мкмоль$\times$м$^{-2}\times$с$^{-1}$). В основном модуле расположены аккумулятор и управляющие элементы системы, соединенные с измерительным модулем посредством проводов.

Принцип измерения заключается в последовательной регистрации снижения концентрации CO_2 в камере с объектом на свету и последующего возрастания такой концентрации в условиях темноты; таким образом, принцип работы предложенной системы - накопительный. Получаемые кривые поглощения-выделения CO_2

анализируются в программе, реализованной на языке C++. При этом скорость фотосинтетической ассимиляции CO_2 рассчитывается как сумма максимальной скорости поглощения CO_2 на свету и максимальной скорости выделения CO_2 в темноте.

Испытание программно-аппаратного комплекса проводили на листьях высших растений, включая проростки гороха (*Pisum sativum var. Фаленский юбилейный*) и пшеницы (*Triticum aestivum var. Дарья*). Для проверки получаемых измерений дополнительно использовали коммерческую систему GFS-3000 (Heinz Walz GmbH, Германия), основанной на проточном принципе измерений,

Было показано, что отклонение между величиной ассимиляции, измеренной на разработанной нами системе и величиной ассимиляции, полученной на основе измеренной GFS-3000 световой кривой, составляло около 0,25 мкмоль*$м^{-2}$* $с^{-1}$ для гороха и 0,1 мкмоль*$м^{-2}$*$с^{-1}$ для пшеницы, то есть, 2-6,6% от величины ассимиляции.

Дополнительный анализ показал, что измерения фотосинтетической ассимиляции с использованием разработанного нами программно-аппаратного комплекса позволяют достоверно выявить снижение интенсивности ассимиляции у проростков гороха при 5-дневной засухе по сравнению с растениями с нормальным поливом.

Таким образом, разработанный программно-аппаратный комплекс, основанный на накопительном принципе измерений с пост-обработкой данных и использующий компоненты с низкой себестоимостью, демонстрирует точность измерений фотосинтетической ассимиляции CO_2, сопоставимую с коммерческими аналогами, и позволяет выявить стрессовые изменения фотосинтеза. Важно отметить, что разработанный прибор (экспериментальный образец) имеет небольшую массу (0,997 кг) и малые линейные размеры: 60 мм × 145 мм × 185 мм (основной модуль) и 100 мм ×64 мм×80 мм (измерительный модуль); т.е., является портативным.

Проект реализован при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям), договор №41ГУЭС18/101339.

БИОФАБРИКАЦИЯ ДВУСЛОЙНЫХ ЭКВИВАЛЕНТОВ ИЗ ПЕРВИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ И МСК С ПОМОЩЬЮ БИОРЕАКТОРА “AIR-LIQUID INTERFACE”

Котенева П.И. [1@] . Богуцкая-Ревокатова Д.П. [1] , Ефремов Ю.М. [1] , Бикмулина П.Ю. [1] ,Кошелева Н.В. [1] , Шпичка А.И. [1] , Тимашев П.С. [1]

[1] *Институт регенеративной медицины, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)*
[@] *koteneva.polina@yandex.ru*

Культивирование клеток в 3D условиях за счет комплекса взаимодействий между клетками и внеклеточным матриксом, градиентов питательных веществ и кислорода позволяет создавать условия, приближенные к настоящим тканям. Использование сфероидов в биопечати повышает жизнеспособность формируемых биоэквивалентов за счет снижения негативных воздействий на единичные клетки в процессе биопечати. Комбинирование различных типов клеток в тканеинженерных конструкциях позволяет формировать сложные эквиваленты тканей с более нативной структурой, например, двуслойные конструкции, имитирующие эпителий и подлежащую соединительную ткань. Для создания эпителиального слоя двуслойных биоэквивалентов *in vitro,* помимо тщательно подобранного клеточного компонента, необходимы дополнительные внешние стимулы и специальные условия культивирования. Широко распространенным способом формирования и поддержания необходимого клеточного фенотипа являются системы с интерфейсом воздух-среда (air-liquid interface; ALI). Создание и использование биореакторов с системой ALI будет способствовать повышению качества и улучшению структуры создаваемых биоэквивалентов эпителиальных тканей.

Первичные культуры буккального эпителия и мезенхимных стромальных клеток (МСК) десны были выделены из биоптатов слизистой оболочки ротовой полости человека методом эксплантов. Сфероиды формировали с помощью агарозных планшетов, выполненных на формах 3D Petri Dish (MicroTissue, США). Биоэквиваленты были созданы с помощью экструзионного 3D биопринтера CELLINK BioX (CELLINK, Швеция) с помощью биочернил на основе фибринового гидрогеля и желатина по

протоколу, описанному ранее [1]. Культивирование в системе ALI осуществляли с помощью разработанной биореакторной ячейки в течение 21 суток. Жизнеспособность тканеинженерных конструкций оценивали с помощью окрашивания на живые и мертвые клетки Live/Dead-assay.

Были выделены и охарактеризованы первичные культуры буккального эпителия и МСК. Мезенхимные стромальные клетки в 2D культуре имели веретеновидную морфологию и по иммунофенотипу соответствовали критериям МСК. Культура буккального эпителия на первых пассажах имела полигональную морфологию клеток, однако в ходе культивирования проходил эпителио-мезенхимный переход, и клетки приобретали фибробластоподобную форму. Сфероиды из буккального эпителия и МСК были жизнеспособны и на 3 сутки компактизовались до средних диаметров 185,2±10,6 и 157,3±17 μм соответственно. По результатам иммуноцитохимии в сфероидах буккального эпителия наблюдали как эпителиальные, так и мезенхимные маркеры, такие как ZO-1, цитокератин, фибронектин, виментин, тогда как сфероиды МСК демонстрировали стандартный набор маркеров мезенхимных клеток (виментин, фибронектин, коллаген I, IV). Сформированные с помощью метода 3D биопечати двуслойные тканеинженерные конструкции из сфероидов буккального эпителия и МСК были жизнеспособны на 7-21 сутки. По мере созревания биоэквивалентов клетки из сфероидов распространялись ветвящимися отростками в толще гидрогелевой основы и на поверхности конструкций. Мезенхимную морфологию клеток наблюдали в нижнем слое МСК, при биопечати верхнего эпителиального слоя, состоящего из клеток буккального эпителия, клетки имели смешанный фенотип. При культивировании в биореакторной ячейке ALI к 21 суткам буккальный эпителий проходил обратный мезенхимо-эпителиальный переход и приобретал более эпителиальный фенотип клеток в верхнем слое конструктов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России тема №NZAF-2024-0016.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журналы; Bikmulina et al. // Bioprinting. 2023. 32. e00279.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВИТРИФИКАЦИИ ЭМБРИОНОВ И ООЦИТОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Левченко А.Г.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
levchenko.ag@pbcras.ru

Витрификация это процесс ультрабыстрого охлаждения без образования кристаллов льда.

Оптимизация процесса витрификации эмбрионов и ооцитов является актуальной задачей для повышения эффективности репродуктивных технологий.

В ИБП РАН разработан прибор – витрификатор, который:

- повышает выживаемость витрифицированных эмбрионов и ооцитов до 98%,
- обладает камерой размораживания,
- делает процесс витрификации и размораживания управляемым,
- обеспечивает высокую производительность.

Витрификатор создает условия, при которых скорость замораживания более 100 000°С/мин, при существующей средней скорости витрификации 20 000-30 000 °С/мин. Температура замораживаемого объекта опускается до -210°С. Такие параметры достигаются за счет технологии вакуумирования объема над жидким азотом.

Прибор очень прост в применении. Предварительно обработанные криопротекторами образцы помещаются в термос с жидким азотом, который размещается в герметичном термостате, затем прибор включается, из термостата удаляется воздух и происходит витрификация образцов.

У прибора «закрытый» принцип витрификации. Это обстоятельство, а также размеры внутренней камеры (500 см^3) позволяют за одну операцию витрифицировать несколько образцов, которые могу находиться в разных по размеру и форме боксах.

Применение витрификатора позволяет снизить количество используемых криопротекторов, тем самым уменьшить цитотоксичность.

Витрификатор способен значительным образом повысить эффективность репродуктивных технологий, а заложенный в нем потенциал будет полезен во многих областях криогеники.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ДИГИДРОФЛУОРЕСЦЕИНА В КЛЕТКАХ HEK293T ПРИ ГИПЕРГЛИКЕМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА IMAGE J / FIJI

Микина Н.В.[1,2], Ильзоркна А.И. [1,2@] , Хуртин Д.А.[1] , Порфирьева А.А.[2]
Беляева Т.В.[2] , Белослудцев К.Н.[1,2]

[1]*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН*
[2]*Марийский государственный университет*
[@] *ilzorkinaanna1998@mail.ru*

Активные формы кислорода (АФК) являются побочными продуктами окислительно-восстановительных реакций молекул кислорода в ходе биологического окисления в разных компартментах клетки. Исследования показали, что АФК выполняют двойную функцию в клетках: в физиологических концентрациях АФК выступают в качестве вторичных мессенджеров, регулирующих внутриклеточные сигнальные каскады, в то время как их неконтролируемое накопление приводит к нарушению окислительно-восстановительного баланса и развитию окислительного стресса. Одним из факторов, провоцирующих дисрегуляцию АФК, является гипергликемия [1].

Зонд H_2DCFDA (2',7'-дихлордигидрофлуоресцеин диацетат) представляет собой клеточно-проницаемое нефлуоресцентное соединение, используемое для детекции активных форм кислорода (АФК) в клетке. Нейтральная и неполярная природа молекулы, обусловленная отсутствием электрического заряда и наличием диацетатных модификаций в структуре дигидрофлуоресцеина, обеспечивает его эффективную пассивную диффузию через клеточные мембраны. Предполагается, что зонды на основе DCF являются относительно специфическими детекторами пероксида водорода (H_2O_2). Как известно, H_2O_2 является относительно стабильной нерадикальной и незаряженной формой, благодаря чему проникает через биологические мембраны и обладает меньшей реакционной способностью при контакте с биомолекулами и, следовательно, имеет относительно большую биологическую продолжительность жизни (период полураспада в клетках равен ~1 мс). Вследствие этого, H_2O_2 является самым распространенным из «активных форм кислорода» для детектирования окислительного стресса в клеточной биологии.

Целью настоящего исследования была количественная оценка уровня окислительного стресса в клетках HEK293T в условиях гипергликемии. Для достижения этой цели проводили анализ интенсивности флуоресценции зонда H_2DCFDA - индикатора внутриклеточных АФК с использованием программного пакета «ImageJ / FIJI». Обработка изображений включала вычитание фона (Background subtraction) и автоматическую сегментацию клеток с применением алгоритма Thresholding для выделения областей интереса (ROI). Уровень АФК оценивали по средней интенсивности флуоресценции (Mean Gray Value) в каждом ROI. Для обеспечения воспроизводимости и исключения субъективности анализ был автоматизирован с помощью макросов, а результаты автоматической сегментации в обязательном порядке подвергались ручной верификации. Все полученные численные данные были экспортированы в Excel и GraphPad Prism для последующей статистической обработки.

В работе было обнаружено статистически значимое увеличение средней интенсивности флуоресценции H_2DCFDA в клетках HEK293T в условиях гипергликемии (30 мМ D-глюкоза) по сравнению с нормогликемическим контролем (5.5 мМ D-глюкоза), что свидетельствует об индуцированном гипергликемией окислительном стрессе. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих исследований, продемонстрировавших сходное повышение уровня окислительного стресса как в культуре HEK293T, так и в других клеточных линиях [2]. Пакет ImageJ/FIJI является мощным, бесплатным и стандартизированным инструментом для надежной количественной оценки флуоресцентных сигналов в клеточной биологии, что делает его идеальным выбором для исследований окислительного стресса. Работа выполнена при поддержке РНФ (25-65-00005).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аметов А.С., Соловьева О.Л. Окислительный стресс при сахарном диабете 2-го типа и пути его коррекции / Аметов А.С., Соловьева О.Л. // Проблемы эндокринологии - 2011. № 57(6) стр.52-56

2. Belosludtsev K.N. Pharmacological and Genetic Suppression of VDAC1 Alleviates the Development of Mitochondrial Dysfunction in Endothelial and Fibroblast Cell Cultures upon Hyperglycemic Conditions / Belosludtsev K. N., Serov D. A., Ilzorkina A. I. et al. // Antioxidants. – 2023. – Vol. 12, № 7. – P. 1459.

МИКРОФЛЮИДНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОРТИНГА СПЕРМАТОЗОИДОВ НА ОСНОВЕ РЕОТАКСИСА И ХЕМОТАКСИСА

Мурашко А.В. [@], Кошелева Н.В., Шпичка А.И., Жукова Д.Р., Голубчиков Д.О, Тобольченко Е.А., Хренков С.А., Тимашев П.С.

Институт регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)
[@]murashko.av16@physics.msu.ru

Стандартные методы обработки спермы для программ ВРТ, такие как центрифугирование и swim-up, имеют существенные ограничения. Метод swim-up проводит селекцию клеток исключительно по признаку подвижности, не оценивая их функциональную зрелость, что критически важно для успешного оплодотворения [1]. Центрифугирование, в свою очередь, может вызывать оксидативный стресс и повышать риск фрагментации ДНК. В качестве перспективной альтернативы выступают микрофлюидные технологии, основанные на биомиметических принципах, таких как реотаксис и хемотаксис. Они позволяют осуществлять селекцию сперматозоидов в потоке, избегая агрессивного механического воздействия [2]. Ключевой целью нашего исследования является разработка конфигурации микрофлюидного чипа, обеспечивающей отбор клеток не только по подвижности, но и по функциональной зрелости. Гидродинамическое моделирование в COMSOL Multiphysics подтвердило, что в диапазоне скоростей потока 50-180 мкм/с, создаются оптимальные условия для реотаксиса [3].

Для селекции клеток в условиях низкого сдвигового напряжения были разработаны и испытаны три конфигурации чипов. Для прямого анализа функциональной зрелости, а именно гиалуронидазной активности, был разработан специализированный блок с использованием тонких плёнок гиалуроновой кислоты. Этот подход позволяет идентифицировать зрелые сперматозоиды, способные к взаимодействию с ооцитом. Таким образом, разработанная микрофлюидная платформа обеспечивает щадящее фракционирование сперматозоидов, отбирая клетки с высокой подвижностью и потенциально высокой оплодотворяющей способностью. Предложенное решение преодолевает основные недостатки

традиционных методов, а также открывает путь к комплексной и неинвазивной оценке качества клеток.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 24-45-20007).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ješeta M., Doubravská A., Antalíková J., Mekiňová L., Franzová K., Remundová K., Hošek J., Kempisty B., Hudeček R. Comparison of Swim-Up and Microfluidic Sperm Sorting Methods in Selection of Sperm for Intracytoplasmic Sperm Injection. // Int J Mol Sci. 2025. Т. 26. № 11. С. 5374.
2. Samuel R., Feng H., Jafek A., Despain D., Jenkins T. Gale B. Microfluidic-based sperm sorting & analysis for treatment of male infertility. //Transl Androl Urol. 2018. Т. 7. №S3. С. S336-S347.
3. Zaferani M., Cheong S.H., Abbaspourrad A. Rheotaxis-based separation of sperm with progressive motility using a microfluidic corral system. // Proc Natl Acad Sci U S A. 2018. Т. 115. № 33. С. 8272-8277.

АСИММЕТРИЧНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО: ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ОТКРЫТЫМ ИСТОЧНИКОМ В КОММЕРЧЕСКИ ЖИЗНЕСПОСОБНЫЕ ПРОДУКТЫ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРИБОРОВ

Наникашвили М.[1@], Челидзе П.[2], Голышев С.[3]

[1]*Georgian Scientific Industries, Tbilisi, Georgia;*
[2]*Carl Zeiss Microscopy Research and Education Center at New Vision University, Tbilisi, Georgia*
[3]*НИИ Физ-хим. биологии имени А.Н. Белозерского МГУ, Москва*
[@]*mnanikashvili@gsindustries.ge*

Проекты по созданию научного оборудования с открытым источником (open source) трансформируют лабораторную практику, делая высокотехнологичное оборудование более доступным [1]. Ранние успехи, такие как OpenPCR (недорогой набор для ПЦР) и Opentrons (роботизированная платформа для пипетирования) показали, что сложные биомедицинские приборы могут создаваться и распространяться сообществом разработчиков по доступным ценам [2]. Развивая этот импульс, проект OpenFlexure Microscope продемонстрировал, как принципы открытого аппаратного обеспечения могут быть применены к микроскопии. OpenFlexure Microscope — это полностью открытый, напечатанный на 3D-принтере цифровой микроскоп с субмикронной точностью позиционирования, стандартными оптическими элементами и цифровой регистрацией изображений на базе Raspberry Pi, разработанный в Университете Бата [3]. Конструкция ориентирована на локальное производство и низкую стоимость, одновременно обеспечивая автоматизированную фокусировку и сканирование. Открытая публикация конструкторской документации, управляющего программного обеспечения и сопроводительной документации позволила широкой группе учёных и преподавателей собирать и модифицировать свои собственные микроскопы. Платформа OpenFlexure была принята более чем в 50 странах для разных задач, от образования до телемедицины. Распределенная модель разработки и обратная связь от пользователей ведет к непрерывному совершенствованию конструкции.

Осознав потенциал OpenFlexure, компания GSI поставила перед собой задачу разработать коммерчески распространяемую линейку

микроскопов на основе этой платформы. Нашей целью было сохранить дух открытого источника, низкую стоимость, модульность и высокую точность исходной конструкции, адаптировав систему для исследовательских и клинических задач. Мы сосредоточились на повышении надёжности, эргономики и контроле качества компонентов, а также на закладке возможностей для будущей интеграции передовых методов микроскопии (конфокальная микроскопия, суб-дифракционная (super-resolution) микроскопия, мультиспектральная микроскопия). Открытость платформы OpenFlexure существенно ускорила наш НИОКР-процесс: мы смогли сосредоточиться на улучшении механической стабильности и расширенной программной интеграции. Мы наладили сотрудничество с несколькими институтами в Грузии и за рубежом. Сотрудничество с Институтом физико-химической биологии им. А. Н. Белозерского МГУ позволило нам получить обратную связь о работе микроскопа в условиях функционирующей лаборатории: мы получали прямые отзывы от учёных как по аппаратной части, так и по программному обеспечению. Гибкий, ориентированный на пользователя процесс разработки иллюстрирует сильные стороны открытого аппаратного и программного обеспечения с открытым источником. Этот кейс подчёркивает взаимные выгоды академико-индустриального сотрудничества в области открытого аппаратного обеспечения: исследовательский партнёр получает ранний доступ к передовым инструментам, а компания — обратную связь о реальных потребностях пользователей. Такой подход может служить моделью использования проектов, развиваемых сообществом, для преодоления разрыва между лабораторными прототипами и широким практическим внедрением, необходимым для создания коммерчески жизнеспособных инструментов.

Работа частично проводилась в рамках госзадания МГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wenzel, T. (2023). Open hardware: From DIY trend to global transformation in access to laboratory equipment. PLOS Biology, 21(1): e3001931.

2. Nguyen, T. et al. (2018). From Lab on a Chip to Point of Care Devices: The Role of Open Source Microcontrollers. Micromachines, 9(8): 403.

3. Collins, J. T. et al. (2020). Robotic microscopy for everyone: the OpenFlexure microscope. Biomedical Optics Express, 11(5): 2447–2460.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ – ЗОЛОТО ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ

Осминкина Л.А.[1,2]

[1] *Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*
[2] *Институт Биологического Приборостроения РАН*
osminkina@physics.msu.ru

Наноструктуры на основе пористого кремния, модифицированные наночастицами золота (Au@pSi NPs), представляют собой многофункциональную платформу для диагностики и терапии онкологических заболеваний. Пористый кремний обеспечивает высокую биосовместимость, контролируемую биодеградацию и развитую поверхность, а интеграция золота придаёт композитам выраженные плазмонные и радиосенсибилизирующие свойства. Синтез Au@pSi NPs методами электрохимического или металл-стимулированного травления с последующим осаждением золота позволяет формировать структуры с настраиваемой пористостью, оптическим откликом и высокой стабильностью.

Золото обладает высоким атомным номером, что усиливает поглощение и рассеяние ионизирующего излучения, повышая генерацию вторичных электронов и активных форм кислорода (АФК). Это обеспечивает выраженный эффект радиосенсибилизации, который приводит к увеличению ДНК-повреждений и снижению выживаемости опухолевых клеток при облучении. Пористый кремний дополнительно способствует внутриклеточному накоплению композитов и может использоваться для совместной доставки химиопрепаратов, обеспечивая комбинированное радиохимиотерапевтическое действие.

Фотолюминесценция кремниевых нанокристаллов и плазмонный отклик золота делают Au@pSi NPs эффективными оптическими метками для визуализации и спектроскопического мониторинга. В совокупности эти свойства формируют основу для мультимодальной тераностики, объединяющей адресную доставку, визуализацию и усиленную радиотерапию опухолей.

Исследование поддержано темой гос. задания FMRM-2025-0007 (разработка наночастиц) и грантом РНФ №24-15-00137 (радиосенсибилизация).

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ БИОПЛАСТИКА НА ОСНОВЕ СОЕВОГО БЕЛКА

Лукин А.М., Дотлов М.М., Левченко А.Г., Согорин Е.А.[@]

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
[@]evgenysogorin@gmail.com

Растительные белки являются перспективным сырьём для производства биопластиков, например, плёнок. Ключевой задачей в этой области является разработка методов быстрой оценки потенциала белкового сырья, поскольку существующий подход требует трудоёмкого изготовления пробных образцов и последующего анализа их физических свойств (упругости, жёсткости, эластичности). Мы исследуем возможность применения дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) в качестве такого быстрого метода-предиктора. В основе этого лежит предположение, что тепловые эффекты, наблюдаемые при нагревании белка в пластификаторе (глицерине), коррелируют с образованием межмолекулярных связей, которые и определяют конечные физико-механические свойства материала.

Ранее методом ДСК нами было изучено поведение изолята соевого белка (ИБС; пищевой порошкообразный ингредиент; содержание белка 90–93%; смесь белков бобов сои) в глицерине. Обнаружены два тепловых процесса: эндотермический эффект (40–60 °C термограммы) – ранее не описанный в литературе и требующий дальнейшего изучения, и экзотермический эффект (выше 60 °C), который, согласно литературным данным, связан с образованием новых химических связей [1–3]. На данный момент нами установлено, что предварительная тепловая обработка ИБС при 95 °C приводит к снижению эндотермического и усилению экзотермического эффектов. Ферментативный гидролиз белка, напротив, ослаблял оба эффекта. Усиление экзотермического пика мы интерпретируем как индикатор увеличения количества вновь образующихся связей в системе. Основное практическое значение работы заключается в выдвижении гипотезы о прямой корреляции между величиной экзотермического эффекта ДСК и каким-то физико-механическим свойством биопластика. В случае нахождения этой корреляции в ходе дальнейших исследований, метод ДСК ИБС в глицерине может быть

предложен в качестве нового экспресс-способа оценки пригодности белкового сырья для производства биопластиков, что позволит значительно ускорить процесс разработки новых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукин А.М., Дотлов М.М., Поздняков Н.В., Шилов С.В., Садреева Р.Х., Белоклоков Д.С., Залятдинов А.А., Кононенко В.В., Согорин Е.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия пищевого растительного белка в смеси с глицерином // Биофизика. - 2024. - Т. 69. - №1. - С. 62-68.

2. Wang S., Sue H. J., Jane J. Effects of polyhydric alcohols on the mechanical properties of soy protein plastics //Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry. – 1996. – Т. 33. – №. 5. – С. 557-569.

3. Mo X., Sun X. S., Wang Y. Effects of molding temperature and pressure on properties of soy protein polymers //Journal of applied polymer science. – 1999. – Т. 73. – №. 13. – С. 2595-2602.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ

Улитин А.Б.

АО «Р-фарм»
ulitin@rpharm.ru

Высокопроизводительный скрининг антител привлекает широкое внимание своими быстрыми, эффективными и масштабируемыми возможностями в подготовке антител. С постоянным прогрессом в биоинформатике, структурной биологии, инженерии антител, искусственном интеллекте и автоматизации эти технологии все больше фокусируются на интеграции, автоматизации и искусственном интеллекте.

Технология фагового, дрожжевого, клеточного и рибосомального дисплея библиотек антител человека позволяет в режиме автоматизированных протоколов в течении месяца обнаруживать терапевтически приемлемые кандидаты к десяткам антигенов одновременно. Использование проточной цитометрии на базе FACS машин и микрофлюидные платформы обеспечивают превосходную точность сортировки клеток, производительность, аналитику и возможности интеграции в сложные роботизированные комплексы для непрерывной 24 часовой работы, по сравнению с hand-made традиционными методами. Высокопроизводительные системы полногеномного секвенирования выявляют любые эволюционные изменения в комплексных смесях антительных библиотек, проведенных через циклы оптимизационного мутагенеза.

Кроме того, в этом докладе будут суммированы наиболее продуктивные и перспективные высокопроизводительные технологии скрининга и анализа свойств антител до стадии производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang, XD., et al. High-throughput strategies for monoclonal antibody screening: advances and challenges. J Biol Eng 19, 41 (2025). https://doi.org/10.1186/s13036-025-00513-z

2. Hunt AC.et al. A high-throughput, automated, cell-free expression and screening platform for antibody discovery, 2021, bioRxiv, https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.11.04.467378v1

УСТАНОВКА ДЛЯ EX VIVO-МОНИТОРИНГА СТИМУЛ-ЗАВИСИМОЙ СЕКРЕЦИИ АТФ ВКУСОВЫМ ЭПИТЕЛИЕМ

Хохлов А.А.[@], Рогачевская, О.А., Черкашин А.П.

Институт биофизики клетки РАН
[@] khokhlov_aa@pbcras.ru

Аденозинтрифосфат (АТФ) — один из основных нейротрансмиттеров периферической вкусовой системы [1, 2]. Для количественной оценки высвободившегося АТФ на уровне одиночных вкусовых клеток нами использовался метод клеток-биосенсоров АТФ [3], однако выделение одиночных вкусовых клеток сопряжено с достаточно жесткими ферментативными и механическими воздействиями, что затрудняет сохранение функциональности апикальной мембраны и клеток в целом. Кроме этого, в экспериментах на одиночных клетках невозможно стимулировать только апикальную мембрану клеток, поскольку аппликация растворов происходит ко всей поверхности клетки, что приводило к проявлению неспецифических эффектов вкусовых стимулов [4]. По этой причине представлялось целесообразным выполнять исследования вкусовой трансдукции на уровне ткани (вкусового эпителия), для получения которой апикальные мембраны клеток и ассоциированные на ней молекулярные структуры подвергаются значительно меньшим воздействиям и сохраняют свою функциональность. Этот подход был применен в работе Фингера с соавторами [1], изучавших секрецию АТФ фрагментами языкового эпителия с помощью камеры Уссинга [5], которая позволяла аппликировать стимулы на апикальную сторону ткани эпителия и отбирать раствор, омывающий базолатеральную сторону эпителия, для последующего анализа люциферин-люциферазным методом на люминометре. Этот метод, благодаря практически абсолютной специфичности люциферазы по отношению к АТР и высокому квантовому выходу хемолюминесцентной реакции [6], позволил измерить пикомолярные количества диффузного АТФ в общем объеме базолатерального раствора и статистически продемонстрировать рост выброса АТФ фрагментами эпителия в ответ на однократную стимуляцию смесью горьких веществ по сравнению с фрагментами без вкусовой ткани [1], но не отражал динамический поток АТФ в реальном времени и фактически был лишен внутреннего контроля по схеме «контроль-воздействие-контроль». С целью

устранения этого недостатка, описанный выше метод, был нами модифицирован и разработана экспериментальная установка, состоящая из камеры и микрофотометра [8], которая обеспечивает возможность стимуляции вкусовыми веществами апикальной части эпителия и регистрацию динамики АТФ, выбрасываемого тканью, в режиме реального времени. Установка также позволила в течение длительного времени непрерывно наблюдать базовый уровень АТФ для оценки жизнеспособности вкусовой ткани ex vivo, проводить эксперименты на одном препарате эпителия по схеме «контроль-воздействие-контроль» и регистрировать высвобожденный эпителием АТФ в ответ на серию стимулов в различных условиях: при смене ионного состава омывающих ткань растворов и подаче ингибиторов [9]. Используя этот подход нам удалось впервые продемонстрировать важную роль ДАГ-зависимого входа свободного кальция в генерации выброса АТФ вкусовой тканью в ответ на аппликацию горьких веществ [10]. Кроме того был зарегистрирован выброс АТФ в ответ на аппликацию смеси жирных кислот, которые в настоящее время рассматриваются как отдельная вкусовая модальность, и изучена динамика выброса в присутствии специфичных синтетических агонистов и антагонистов рецепторов жирных кислот млекопитающих.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 24–74–10082.

ЛИТЕРАТУРА

1. Finger T.E., Danilova V., et al. // Science. 2005. V. 310 (5753). P. 1495.

2. Roper S.D., Chaudhari N. // Nat. Rev. Neurosci. 2017. V. 18 (8). P. 485.

3. Romanov R.A., Rogachevskaja O.A., et al. // EMBO J. 2007. V. 26 (3). P. 657.

4. Romanov, R.A., Churbanov, G.D., et al. // Biochem. Moscow Suppl. 2013. Ser. A7. P. 242.

5. Ussing H.H., Zerahn K. // Acta. Physiol. Scand. 1951. V. 23. P. 110.

6. Paley, M.A., Prescher, J.A. // Med Chem Commun. 2014. V. 5. P. 255.

8. Хохлов А.А., Рогачевская О.А., Колесников С.С. // Приборы и техника эксперимента. 2023. № 2. С. 155.

9. Хохлов А.А., Рогачевская О.А. // Биологические мембраны. 2021. Т. 38. № 3. С. 225.

10. Cherkashin A.P, Rogachevskaja O.A., et al. // Pflugers Arch - Eur J Physiol, 2023. V. 475, P.1009.

МЕТОД ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЧЕРЕЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЛИПОФУСЦИНА

Чаплыгина А.В.[1] , Жданова Д.Ю.[2@]

[1]*Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН*
[2]*Институт Биофизики клетки РАН*
[@] *shadowhaoe@yandex.ru*

Митохондриальная динамика (МД), включающая процессы слияния, деления и митофагии, является ключевым механизмом поддержания клеточного гомеостаза. Непрерывные циклы слияния и деления, обеспечивают распределение повреждений и удаление дисфункциональных фрагментов [1,2]. Нарушения этих процессов описаны при болезни Альцгеймера (БА) [3-5], и приводят к энергетической дисфункции, накоплению β-амилоида, повышению уровня активных форм кислорода (АФК) и нарушению лизосомально-аутофагических систем и формированию липофусцина (ЛФ) — неразлагаемого продукта окисления липидов и белков, отражающего локальный уровень АФК и степень митохондриальной деградации [6].

ЛФ удобен для количественной оценки благодаря его аутофлуоресценции [7]. Для проверки причинно-следственной связи между дисфункцией процессов слияния–деления и накоплением липофусцина применены два подхода: (i) фармакологическое нарушение МД в интактных первичных нейрально-астроцитарных культурах гиппокампа; (ii) модуляция МД в первичных культурах гиппокампа 5xFAD-мышей. Для регуляции МД применяли ингибитор деления Mdivi-1, промотор слияния MFP M1, экзогенный цинк и WY14643 как активаторы деления. Оценивали изменения митохондриальной морфологии, накопление липофусцина, уровень бета-амилоида (Aβ42) и образование АФК. Общее состояние культур характеризовали по морфологическим признакам.

Во всех экспериментах уровень липофусцина чётко коррелировал с продукцией АФК и отражал направление сдвига митохондриальной динамики. В 5xFAD-культурах, в которых увроень липофусцина и АФК выше чем в интактных, [8] модуляторы, усиливающие слияние (MFP M1, Mdivi-1), снижали уровень липофусцина, АФК и Aβ42 и одновременно уменьшали астроглиоз,

восстанавливая долю нейронов. Модуляторы, индуцирующие фрагментацию, демонстрировали противоположный эффект: цинк в высоких дозах и WY14643 повышали уровень липофусцина и АФК и усиливали патологическую реорганизацию клеток; низкие концентрации цинка давали частичный клиренс и умеренное снижение липофусцина. В интактных культурах [9] характер зависимостей сохранялся: усиление слияния (MFP M1) уменьшало уровень липофусцина, тогда как смещение МД к чрезмерной фрагментации (Mdivi-1, Zn, WY14643) повышало уровень липофусцина и АФК и приводило к морфологическим изменениям, сближающим фенотип со 5xFAD-моделью.

Таким образом, липофусцин выступает быстрым индикатором нарушений МД: рост его уровня однозначно ассоциирован с фрагментацией митохондрий, повышением уровня АФК и патологической перестройкой клеточной архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bell S.M., Barnes K., De Marco M., Shaw P.J. et all. // Biomedicines. 2021. 11. 9(1). 63.
2. Adebayo M., Singh S., Singh A.P., Dasgupta S. // FASEB J. 2021. 35. e21620.
3. Chaplygina A., Zhdanova D. // Curr. Alzheimer Res. 2025. 21. 9. 607-614.
4. Akhter F., Chen D., Yan S.F., Yan S.S. // Prog. Mol. Biol. Transl. Sci. 2017. 146. 341–361.
5. Araujo A.P.B., Vargas G., Hayashide L. de S., Matias I. et all. // Front. Cell. Neurosci. 2024. 18. 1496163
6. Li W., Wang H.J., Tan Y.Z. et al. // Exp. Cell Res. 2021. 1. 403 (1). 112585.
7. Seehafer S.S., Pearce D.A. // Neurobiol. Aging. 2006. 27, 4. 576–588
8. Chaplygina A., Zhdanova D. // Front. Biosci. (Landmark Ed.) 2025. 30. 9. 44648.
9. Chaplygina A.V., Zhdanova D.Y. // Aging Pathobiol. Ther. 2024. 6. 8–17.

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕПТИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ АНАЛОГА ГЛЮКАГОНОПОДОБНОГО ПЕПТИДА-2

Головина В.Ю.[1] , Черкашина Л.А.[1,2@]

[1]*ООО «БигБиоБенг»,*
[2]*Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН*
[@]*lidiia-cherkashina@yandex.ru*

Интеины – белки, способные выщеплять себя из полипептида и сшивать две оставшиеся аминокислотные цепи, что открывает множество возможностей для выделения и очистки белков. Но несмотря на большую популярность интеиновых методов в лаборатории, на производстве они пока не нашли своего применения.

В качестве объекта, на котором было решено отработать интеиновую технологию, подходящую для промышленного масштабирования, был выбран аналог глюкагоноподобного пептида-2 (ГПП-2) – тедуглутид. В медицине этот пептид применяется для лечения синдрома короткой кишки – заболевания, связанного с удалением тонкого кишечника или его исключения из процессов переваривания и всасывания.

Разработанный метод основывается на нижеизложенных принципах. Рекомбинантный химерный белок, состоящий из интеина Ssp DnaB и целевого пептида тедуглутида, сверхэкспрессируется в выбранном штамме-продуценте E.coli в виде телец включения, т.к. условия в цитоплазме E.coli способствуют процессу самоотщепления интеина, что приводит к потере целевого пептида. Полученные тельца включения выделяют и отмывают, а затем подвергают рефолдингу в условиях, которые также способствуют отщеплению интена в ренатурированном химерном белке (ацетатный буфер с добавлением сорбитола, pH 7.0). Процесс рефолдинга-расщепления занимает 72 ч при температуре +4^{o}C. Затем раствор, содержащий целевой пептид и интеиновую примесь, очищают на двух этапах хроматографии: ионообменной (выход белка 96%, чистота 90%) и обратно-фазовой (выход белка 80%, чистота 95%). Таким образом, нами был разработан процесс, который позволяет получать 40 мг тедуглутида с 1 л среды. Масштабируемость процесса была показана проведением ферментации в объёмах до 50 л и получением 100 мг очищенного пептида.

ПОЛУЧЕНИЕ КОЖНЫХ БИОЭКВИВАЛЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕЙКИ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА РАЗДЕЛЕ «ЖИДКОСТЬ-ВОЗДУХ»

Шевалье Д.А.[@], Ревокатова Д.П., Давид Аленкар де Сена Перейра Фредерико, Шпичка А.И., Тимашев П.С.

ПФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Институт регенеративной медицины
@ shevale_d_a@student.sechenov.ru

Ограничение классических методов культивирования в двумерной системе заключается в неизбежном погружении всех клеток или ткани в среду. Однако для многих структур организма, таких как эпителий дыхательных путей, эпидермис, роговица, полный контакт с средой не дает возможность клеткам правильно дифференцироваться и успешно воспроизводить in vitro параметры нативной ткани. Для правильного воспроизведения физиологичных условий этих тканей необходимо культивирование на границе «жидкость-воздух». В настоящий момент это решается, с помощью модификаций коммерческих планшетов, например Transwell, при этом основным ограничением к их применению является цена и однократная эксплуатация.

Для решения задачи культивирования в системе «жидкость-воздух» нами была разработана ячейка, позволяющая многократное применение с дополнительной возможностью протока среды. В нашей конструкции также предусмотрено использование различных мембран для возможных последующих исследований биоэквивалента in vivo. Вся конструкция сделана из силикона, что подходит для стерилизации методом автоклавирования.

Для подтверждения работоспособности данной ячейки мы поставили цель воспроизвести кожный биоэквивалент. Для получения дифференцированных кератиноцитов необходим контакт с воздухом и снабжение питательной средой сквозь коллагеновую мембрану, находящуюся под слоем клеток. В коже под эпидермисом находится дерма, образованная из соединительной ткани и внеклеточного матрикса. Основным типом клеток данного слоя являются фибробласты. В наших исследованиях мы использовали иммортализованные клеточные линии кератиноцитов (HaCaT) и дермальных фибробластов (hDF-hTERT). Фибробласты были сформированы в сфероиды и наносились на мембрану в слое фибринового гидрогеля. На 7 сутки поверх слоя фибробластов

добавляли кератиноциты и давали им 3 дня, чтобы закрепиться на поверхности гидрогеля после чего среду с верхней части камеры отбирали и клетки в ячейке переходили в условия культивирования на разделе «жидкость-воздух». Клетки снабжались питательной средой сквозь коллагеновую мембрану и слой гидрогеля. Среда постоянно циркулировала сквозь проточную ячейку находясь под оптимальным давлением, необходимым для прохождения сквозь мембрану. На 7, 14 и 21 дни культивирования после перехода на режим «жидкость-воздух» ячейку разбирали, производили анализ жизнеспособности биоэквивалента методом окраски на Live/Dead используя кальцеин-АМ, кератиноциты были предварительно окрашены мембранным красителем PKH26. Для проточной цитометрии гель лизировали протеиназой К. По результатам проточной цитометрии было показано, что более 90% фибробластов и кератиноцитов оставались живыми. Таким образом культивирование в разработанной ячейке не снижает жизнеспособность клеток.

Из кожного биоэквивалента также на 7, 14 и 21 день культивирования после перехода на режим выделяли суммарную РНК. В качестве контроля использовали культуру кожного биоэквивалента, полученного в ячейке, но без перехода культивирования на раздел «жидкость-воздух». Результаты анализа rtPCR на экспрессию генов виментин (VIM), лорикрин (LOR), филаггрин (FLG) и цитокератины 5, 10 и 14 (KRT-5, -10, -14) показали, что в фибробластах экспрессия виментина находится на сравнительно одинаковом уровне на всех сроках анализа, что свидетельствует о равномерности разрастания фибробластов в базальном слое и преимущественном питании кератиноцитов. экспрессия KRT-5, -14 (маркеры базальных кератиноцитов) приблизительно равномерно накапливается в обеих группах к 14 дню, но под действием условий «среда-воздух» идет на спад к 21 дню. В тоже время накопление экспрессии KRT-10 (вступивших в дифференцировку кератиноцитов), а также LOR и FLG (маркерs терминально дифференцированных кератиноцитов) есть только в группах, находящихся на разделе «жидкость-воздух». Данные ПЦР-анализа также были визуализированы конфокальной микроскопией на 21 день после перехода на режим «жидкость-воздух».

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» на базе Сеченовского Университета.

МЕТОД АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ИЗУЧЕНИИ МЕТАЛЛ-СВЯЗЫВАЮЩИХ БЕЛКОВ

Шевелёва М.П. [@] , Пермяков С.Е.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
[@] marina.shevelyova@gmail.com

Ионы металлов играют важнейшую роль в функционировании биологических систем [1]. Многие биологические процессы являются металл-зависимыми. Хорошо известна роль металлов во многих патологических процессах организма. Высокие концентрации металлов токсичны для живых систем. Поэтому количественное определение содержания металлов в пробах биологических образцов и связанная с этим задача количественной характеризации процесса связывания ионов металлов биологическими молекулами являются одной из фундаментальных проблем биологии. Для решения этих задач разработан целый спектр методов элементарного анализа, одним из которых является атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС). ААС – метод количественного определения содержания химических элементов в пробах по отдельным линиям атомного спектра поглощения элемента, позволяющий определять концентрацию около 70 элементов, металлов и некоторых металлоидов. Нами разработан способ применения метода ААС с электротермической атомизацией пробы в применении к изучению процесса связывания белками ионов металлов. Предел обнаружения металла в зависимости от элемента составляет 0,01–10 мкг/л, что позволяет покрыть диапазон физиологических концентраций наиболее значимых ионов металлов. В сочетании с равновесным диализом, реализованным в микропланшетном формате, разработанный метод позволяет получать информацию о стехиометрии связывания белка с металлом, а также величинах равновесных констант их взаимодействия, в том числе, в присутствии других металлов. Достоинством разработанного метода является его применимость к изучению взаимодействий, не сопровождающихся серьезными конформационными изменениями молекулы белка, детектируемыми альтернативными (оптическими, теплофизическими, и пр.) методами. Метод апробирован нами на отдельных Ca^{2+}-связывающих белках. Так, с использованием сайт-направленного мутагенеза нами изучена роль «серого» и «черного» кластеров мотива «EF-руки» в поддержании структурно-

функциональных свойств β-парвальбумина крысы [2]; установлено различие сродства двух связывающих центров α-парвальбумина к Ca^{2+} и Sr^{2+}, исследована роль консервативного остатка Cys18 β-парвальбумина [3], определена стехиометрия связывания Ca^{2+} и Zn^{2+} нейрональным кальциевым сенсором-1 (NCS-1) [4]. Показано соответствие данных метода равновесного диализа в сочетании с ААС данным других методов изучения связывания металлов белками. Также метод ААС может быть использован для контроля содержания металлов в белковых препаратах. Так, нами разработана процедура декальцификации образцов NCS-1, позволяющая снизить степень загруженности белка кальцием до 5% [4]. Аналогичным образом, мы исследовали содержание меди в образах гемоцианина камчатского краба на разных стадиях его линочного цикла [5]. Высокая чувствительность метода позволяет использовать микрообъемы пробы, что востребовано при анализе содержания металлов в ценных образцах животных тканей. Так, нами разработана методика анализа цинка во внутриглазной жидкости и сетчатке человека, что позволило выявить критическую роль Zn^{2+} в патогенезе увеита [6] и глаукомы [7]. Таким образом, разработанный нами методический подход является универсальным способом решения широкого круга задач в области структурно-функциональных исследований металл-связывающих белков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пермяков Е.А. // Металлсвязывающие белки: структура, свойства, функции. М.: Научный мир, 2012. 544 с.

2. Permyakov S.E., Vologzhannikova A.A., *et al.* // Cell Calcium. 2018. 75. P. 64.

3. Vologzhannikova A.A., Khorn P.A., et al. // Biomolecules. 2021. 11. P. 66.

4. Tsvetkov P.O., Roman A.Yu., *et al.* // Front. Mol. Neurosci. 2018. 11. P. 459.

5. Moiseeva S.A., Moiseev S.I. // (в печати).

6. Chistyakov D.V., Tiulina V.V., *et al.* //. International Journal of Molecular Sciences. 2024. 25. P. 12910.

7. Chistyakov, D.V., Belousov, A.S., Shevelyova, M.P. et al. // Commun Biol. 2025. 8. P. 965.

ФЕРМЕНТНЫЕ, КЛЕТОЧНЫЕ И ДНК-БИОСЕНСОРЫ В ФАРМАКОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Шумянцева В.В.[@] , Булко Т.В., Агафонова Л.Е., Масамрех Р.А., Филиппова Т.А., Кострюкова Л.В., Кузиков А.В.

Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича
[@] viktoria.shumyantseva@ibmc.msk.ru

Поиск новых подходов к определению кинетических параметров и специфичности ферментов является актуальной задачей для исследования и практического применения биокатализаторов. Электрохимические **цитохром Р450-сенсоры** были исследованы как в режиме **биосенсоров** для регистрации субстрат-ингибиторного потенциала и поиска потенциальных лекарств среди новых химических соединений, так и для исследования сложного и многостадийного каталитического механизма цитохромов Р450 с целью регуляции каталитической активности биологически активными соединениями или терапевтическими препаратами. Разработаны подходы для использования цитохром Р450-электродов в режиме электрохимических **биореакторов** для электроферментативного синтеза биологически активных соединений. Исследованы электрокаталитические цитохром Р450 3А4 и Р450 2С9 системы как наиболее функционально-значимые изоформы в режиме перехода от 2Д к 3Д сенсору за счет включения фермента в **нанопоры** на рабочем электроде, образованные регулярными нанопоровыми мембранами анодного оксида алюминия (Anodisc 13) или порообразующего белка стрептолизина О, а также биоконъюгаты ферментов с флавиновыми нуклеотидами, как модели электрон-транспортной цепи переноса электронов. Исследованы биосенсоры на основе бактосом как эффективных моделей систем микросомального окисления, содержащие цитохромы Р450 3А4 и 2С9. Разработанные подходы позволили увеличить эффективность электрокаталитических цитохром Р450-систем на 20-200%. Разработана двухэлектродная система, работающая в двух диапазонах потенциалов, для оценки каталитической активности цитохромов Р450 3А4, 2С9, 2С19, 19А1, 2Е1. Разработан **ферментный сенсор** для анализа каталитической активности аспарагиназы *Erwinia carotovora* в системах с иммобилизованным ферментом. В присутствии субстрата аспарагина регистрируется концентрационно-зависимое снижение интенсивности

сигналов электроокисления белка, что позволило рассчитать значение электрохимической константы Михаэлиса, которая была сравнима с этим параметром для реакции в растворе. Для трипсина, коронавирусной протеазы M^{pro}, а также бета-лактамазы разработаны подходы с использованием **субстратных сенсоров** на основе электродов с иммобилизованными субстратами («обратный тип электродов»). Предложен метод анализа каталитической активности рестриктаз и нуклеаз, основанный на анализе сайт-специфической фрагментации ДНК. **ДНК-сенсоры** исследованы для анализа и выяснения механизмов взаимодействия лекарственных препаратов с ДНК как эффективный инструмент фармакогеномики. Рассчитаны константы связывания лекарств с ДНК по отдельным гетероциклическим основаниям (гуанин, аденин, тимин). Анализ кинетических, термодинамических и электрохимических параметров позволяет классифицировать механизмы взаимодействия в системе ДНК-лиганд. Определены ДНК-опосредованные коэффициенты токсического влияния препаратов на ДНК. Разработаны биосенсоры для исследования токсического эффекта лекарственных препаратов на клеточные линии Wi38, MCF-7, HepG2, MDA-MB-231.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период, 2021–2030 годы (№ 122030100168-2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Pronina V.V., Shumyantseva V.V. //Next Materials. 2025. T.9. 101070.

2. Agafonova L.E, Zhdanov D.D., Gladilina Yu.A., Shisparenok A.N., Shumyantseva V.V. //Heliyon. 2024. T.10. e25602.

СИСТЕМА ДЛЯ ФИКСАЦИИ МЕЛКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ С МОНИТОРИНГОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ «АНТИКУСЬ»

Эрлих Т. В.

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
tatianaerlikh@yandex.ru

Современной экспериментальной медицине нужна надёжная система для фиксации мелких лабораторных животных для проведения хирургических и физиологических исследований [1–3]. Традиционные устройства ограничивают доступ к зонам манипуляций и повышают риск инфицирования [4, 5]. Разработанная система «Антикусь» обеспечивает иммобилизацию мелких грызунов, свободный доступ к операционному полю и мониторинг основных физиологических параметров.

Целью работы было создание эргономичного устройства, позволяющего фиксировать животное без чрезмерного стресса, проводить хирургические вмешательства и одновременный сбор данных пульса и температуры, а также подключать электроэнцефалографические электроды. Корпус устройства изготовлен из биосовместимого полилактида; есть разъемы для вариабельного подключения датчиков. В стенках предусмотрены отверстия для сенсоров частоты сердечных сокращений и температуры, а разъёмы обеспечивают подключение электродов для нейрофизиологического мониторинга. Испытания на 180 мышах (28–35 г) показали надёжную фиксацию в позициях на животе и спине, хороший доступ к месту проведения операций и отсутствие выпадения из устройства. Интегрированные сенсоры позволяли непрерывно регистрировать сердечную активность без нарушения процедуры. Сравнение с известными аналогами [1–5] показало улучшенную эргономику и расширенный спектр манипуляций.

Таким образом, система «Антикусь» обеспечивает безопасность и удобство при проведении инвазивных и нейрофизиологических исследований на мелких лабораторных животных, сокращает риск инфекции и стресс у животных, расширяет возможности экспериментальной хирургии, фармакологии и нейронаук.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2284167. Устройство для фиксации мелких лабораторных животных. 2006.

2. Патент 216185. Устройство для фиксации лабораторных животных. 2023.

3. Pritchard W.R., Burgess R.G. Small Animal Restraining Device with Physiologic Sensor Mount: патент 20080168951. 2008.

4. Хоменко Р.М. и др. Устройство для проведения экспериментов на мелких животных. Патент 219018. 2023.

5. Бекетов Е.Е. и др. Компактное модульное устройство для фиксации мелких экспериментальных животных без наркоза. Патент 209728. 2022.

СЕКЦИЯ ››› Оборудование и методы исследования в области наук о земле

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОГО РАВНОВЕСИЯ ФОРМ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Баранов И.П.

Институт биологического приборостроения РАН
georeolog@gmail.com

В науке под равновесием понимается состояние, в котором находится какое-либо тело или система под воздействием равных, противоположно направленных сил. Примерами проявления равновесия являются: в космосе – отношения между Солнцем и планетами; в физике – устойчивое, неустойчивое и безразличное состояния, правило равновесия рычага; в математике – системы уравнений; в механике – правило моментов; в химии – щелочно-кислотное и окислительно–восстановительное равновесия; в географической оболочке – круговорот воды, воздушных масс, горных пород и биологического вещества; в биосфере – в стабильности, саморегуляции и самоочищении; в стабильности экосистем через видовое разнообразие; в гомеостазе – как состояния динамического равновесия природной системы; в геологии – в изостазии (литостатическое или изостатическое равновесие) [1].

Разработанный автором способ определения пространственно-структурного равновесия [2, 3] позволил установить, что формы природных объектов уравновешены в пространстве и во времени. Первыми объектами изучения стали литодинамические структуры, отображенные на картах «пластики рельефа» [5]. Использование точек максимальной положительной и максимальной отрицательной кривизны позволил выявить каркасы повышений и понижений. Дальнейшая дифференциация каждого из каркасов на положительные и отрицательные вектора дала основание к измерению и расчету пространственно-структурного равновесия. В процессе эксперимента автором были использованы следующие литодинамические структуры: северо-запад европейской части России, Донецкая Республика, Республика Крым, дно Азовского моря [4], долина р. Брахмапутра и возвышенная часть водосборного бассейна р. Вольта в Гане. Везде суммы положительных и отрицательных векторов стремились к нулю. Это касается и тех структур, где было рассчитано равновесие каркасов понижений и повышений. Было установлено, что оползневые тела какое-то время продолжают оставаться частью основной структуры, хотя и отделенными от нее на некоторое расстояние [3]. Так же

установлены потенциальные оползневые объекты, которые в ближайшие десятилетия приобретут статус оползневых и будут активно отделяться от материнской структуры в целях ее уравновешивания. Наиболее явно это просматривается на крутых склонах гор и вдоль береговой линии.

В пределах литодинамической структуры, расположенной в бассейне р. Вольта, были выделены структуры более низкого порядка, которые так же были уравновешены. Таким образом, в более сложных структурах и системах литосферы более простые составные части так же автономно уравновешены. Этим самым сохраняется жизнеспособность всей системы. В то время, как в малой части будет нарушено равновесие, остальные будут продолжать функционировать, создавая цельность вышестоящей системы. Фактически безжизненная литодинамическая система проявляет свойства живого организма, в котором все процессы протекают значительно медленнее, но по тем же законам, что и в биосфере. Помимо этого, автором по изгибам рек и их притоков было установлено, что все природные водотоки так же стремятся к равновесию. Расчеты по основному стволу, кроне деревьев и их листьев показали аналогичные результаты. Это дает основание сделать предварительные выводы: все в природе стремится к равновесию и этот принцип может быть в полной мере подсчитан и использован человеком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короновский Н.В. Изостазия. // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. № 11. С. 73 – 78.

2. Баранов И.П. Выявление равновесия природных систем на основе метода пластики рельефа. // Материалы 8-ой международной конференции молодых ученых. 2004. С. 169–170.

3. Баранов И.П. Методика определения пространственно-горизонтального равновесия литодинамического каркаса земной коры. // География и природные ресурсы. 2025. №3. С. 146 – 153.

4. Баранов И.П. Изучение дельтовых структур Крымско-Азовского региона. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2023. Т. 9 (75) № 2. С. 125 – 139.

5. Степанов И.Н. // Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 230 с.

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОГО РАВНОВЕСИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДЫ

Баранов И.П.

Институт биологического приборостроения РАН
georeolog@gmail.com

Основную часть своей жизни представители биосферы проводят в спокойном состоянии. Чрезмерная активность и неоправданный риск ведут к потере энергии, увеличению шанса погибнуть. Поэтому каждый вид находит свою нишу, безопасную для жизни, с достаточным питанием. Так каждый биологический объект ищет и достигает своего равновесия. В науке под равновесием понимается состояние, в котором находится какое-либо тело или система под воздействием равных, противоположно направленных сил. Но равновесие проявляется не только в поведении, но и во внешних формах большинства представителей животного мира. Такое равновесие можно назвать симметрией, которое означает «соразмерность», «совместная мера». В биологии симметрия – закономерное расположение равных по размеру частей тела или форм живого организма, либо совокупности живых организмов относительно центра или оси симметрии. Тип симметрии определяет не только общее строение тела, но и возможность развития систем органов животного. Так, если условно разделить тело животного на две половины, правую и левую, то такую форму симметрии называют билатеральной [3]. Данный тип симметрии свойственен подавляющему большинству видов, в т.ч. человеку [4]. Конечно, в природе и, в частности, в живой симметрия не абсолютна и всегда содержит некоторую степень асимметрии. Даже если крона деревьев внешне представляется симметричной, то в приближении видны существенные отличия в размещении и формах ветвей. Сложенная вдвое симметричная на первый взгляд листовая пластина окажется не симметричной по внутренней схеме жилок.

Но можно ли подсчитать и облечь в числа показатели равновесия? Симметрия не всегда может быть явно проявлена или отсутствует совсем. И какова природа самого равновесия?

Разработанный автором способ определения пространственно-структурного равновесия [1, 2] на примере литодинамических структур позволил установить, что формы литосферы уравновешены в пространстве и во времени. При этом, литодинамические структуры

имеют древовидную форму организации. Аналогичные формы заложены в орографических и гидрографических сетях. Такой же древовидный принцип структурирования наблюдается и у самих объектов биологии. Это относится к кустарниковой и древесной растительности, их стволам и кронам, а также листовым пластинам.

Для того, чтобы доказать или опровергнуть, что формы растений не случайны и развиваются по законам равновесия, было проведено 12 экспериментов: рассмотрены шесть крон и шесть листовых пластин. Расчеты пространственно-структурного равновесия крон деревьев (двух кленов, тополя и березы) показали, что итогом суммирования «правых» и «левых» векторов стали значения: 0,03 см; -0,04 см; 0,33 см; 0,74 см; 0,81 см и 0,02 см. По листовым пластинам кленов, вяза, фиалки и рейнутрии сахалинской данные расчетов следующие: 0,22 см; 0,08 см; 0,02 см; 0,16 см; 0,06 см и 0,002 см.

Во всех случаях разница между суммами положительных и отрицательных векторов была близка к нулю. При этом отдельно взятый лист исследуемого дерева так же был уравновешен.

Стремление природы достигнуть равновесия в структуре своих объектов может быть обусловлено: равномерным и одновременным обеспечением питания; безопасностью жизни. Регенерация и мгновенная передача информации у растений близка к функциям нервной системы и инстинкта. Изучение природных принципов равновесия может быть применено человеком: в химии, в генетике, в биогенной инженерии, строительстве, программировании и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов И.П. Выявление равновесия природных систем на основе метода пластики рельефа. // Материалы 8-ой международной конференции молодых ученых. 2004. С. 169–170.

2. Баранов И.П. Методика определения пространственно-горизонтального равновесия литодинамического каркаса земной коры. // География и природные ресурсы. 2025. №3. С. 146 – 153.

3. Зотеева Е.А. // Ботаника: морфология и систематика растений: учебное пособие. Екатеринбург, 20196. 76 с.

4. Серебрякова Т.И. Воронин Н.С. Еленевский А.Г. // Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений: учебник. М., 2007. 543 с.

РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Малышев, В.В. [@], Алексеева, Т.В., Алексеев, А.О.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

[@] *vladmalyscheff@yandex.ru*

Для определения химического состава поверхностного слоя различных материалов методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) применяется элементное картографирование. Этот метод позволяет проводить неразрушающее сканирование распределения химических элементов с заданным миллиметровым шагом, что дает возможность создавать картограммы химического состава исследуемого объекта. Для картографирования химического состава почвенных и геологических образцов могут применяться как дорогостоящие стационарные микро-рентгенофлуоресцентные спектрометры так и портативные рентгенофлуоресцентные анализаторы (пРФА). Однако применение последних возможно только с использованием дополнительных установок, которые позволяют зафиксировать измерительное устройство или образец и проводить исследования с заданным шагом. Для решения данной проблемы было создано мобильное настольное сканирующее устройство для рентгенофлуоресцентного картографирования химического состава геологических и почвенных образцов. Устройство включает стойку для вертикального перемещения анализатора и координатный стол с установленной на нем системой крепления образца. Стойка для вертикального перемещения позволяет установить и зафиксировать пРФА. Регулировка положения анализатора по оси Y осуществляется с помощью рычага, который обеспечивает плотное прилегание анализатора к образцу и минимизировать потери сигнала и повысить точность измерений. Крепление анализатора на вертикальной стойке осуществляется при помощи двух скоб из нержавеющий стали, соединенных фиксирующими болтами, обеспечивающими жесткую фиксацию прибора и исключающую его случайное смещение в процессе работы. Внутренняя поверхность креплений снабжена мягким уплотнителем, предотвращающим механическое повреждение корпуса анализатора. Координатный стол оснащен подвижной платформой, что позволяет осуществлять регулировку положения

образца по оси X и Y. Перемещение платформы осуществляется по рельсовым направляющим с помощью двух винтовых механизмов, обеспечивающих точный шаг от 1 мм, что позволяет точно настраивать положение образца относительно анализатора по заданным координатам. На платформу устанавливается система крепления образца, которая представляет короб из оргстекла с установленными в стенках крепежными винтами, которые при затягивании обеспечивает защиту от смещения образца в ходе измерения. При работе с сыпучими или загрязненными образцами для предотвращения загрязнения окна детектора и возможного выхода пРФА из строя может применяться майларовая пленка. Использование разработанной установки позволило построить картограммы и изучить распределения химических элементов на примере гранитов среднего девона с корами выветривания (Павловский гранитный карьер, Воронежская область), минерализованных органических остатков в песчанике верхнего девона (Шпицберген, долина Тордален), микромонолита искусственной почвы.

БАЗЫ ДАННЫХ ПОЧВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАК СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Митенко Г.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
gen.mitenko@yandex.ru

Современные условия научной работы в почвоведении (преимущества цифровизации данных) существенно трансформирует традиционные полевые и лабораторные методы, которые дополняются информационными технологиями (дистанционные исследования, автоматизация отбора проб и т.п.). Центральное место в арсенале средств обработки такой информации занимают базы данных почвенных характеристик (БДПХ). Эти системы позволяют систематизировать, хранить, анализировать и визуализировать огромные массивы почвенной информации для научных исследований и реализации прикладных задач.

Современные базы данных в почвоведении выполняют ряд критически важных функций. Хранение, специализированная выборка из больших массивов данных, комплексный анализ, визуализация данных пользователя. Современная БДПХ обеспечивает централизованное хранение и использование развитых систем управления разнородной почвенной информации (физические, химические, биологические свойства, таксономические данные), стандартизация данных, временной мониторинг, пространственный анализ, прогнозное моделирование.

Типичная БДПХ включает следующие компоненты: метаданные — информация о методах отбора проб, точности измерений, источниках данных; пространственные данные — координаты точек опробования, контуры почвенных ареалов; атрибутивные данные — результаты анализов (pH, содержание гумуса, гранулометрический состав и др.); временные ряды — повторные измерения в одних и тех же точках; принадлежность к классификационным единицам.

БДПХ активно используются в следующих направлениях: почвенное картографирование — автоматизированное создание почвенных карт на основе пространственной интерполяции [1, 2, 4]; оценка плодородия — расчёт индексов плодородия и выявление лимитирующих факторов [2, 3]; экомониторинг — отслеживание

загрязнения тяжёлыми металлами, пестицидами и другими поллютантами [3]; климатические исследования — оценка пулов углерода в почвах и их роли в глобальном цикле углерода [1, 3]; агрономическое планирование — точное земледелие и дифференцированное внесение удобрений [3].

Несмотря на очевидные преимущества, использование БДПХ сопряжено с рядом сложностей: неоднородность данных — различия в методиках отбора и анализа проб; пространственная неоднородность — неравномерное распределение точек опробования; устаревшие данные — необходимость регулярного обновления информации; ограниченный доступ — некоторые национальные базы данных имеют закрытый характер; технические требования — высокие вычислительные мощности для обработки больших массивов.

Перспективы развития БДПХ связано с интеграцией с дистанционным зондированием (спутниковые данные, БПЛА), с применением искусственного интеллекта для автоматического анализа и прогнозирования, с созданием единых международных стандартов обмена почвенными данными, с развитием облачных платформ для коллективного использования данных. БДПХ открывают новые возможности для фундаментальных исследований и прикладного использования знаний. Дальнейшее развитие этих систем, особенно в направлении интеграции с технологиями Большие Данные (Big Data) и возможности обработки полученных данных с помощью искусственного интеллекта, обещает революционные изменения в понимании почвенных процессов и управлении почвенным покровом планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hengl T. et al. SoilGrids250m: global gridded soil information based on machine learning // Scientific Reports, 2017, 7:15894).

2. Batjes N. H. Harmonised soil property values for broad-scale modelling (WISE30sec) with estimates of global soil carbon stocks // Soil Use and Management, 2016, 32(1), 61–68).

3. Савин И. Ю. и др. Мониторинг почвенного покрова сельскохозяйственных земель России на основе ЕФИС ЗСН // Почвоведение, 2020, № 5, с. 523–534).

4. Minasny B. et al. Machine learning and digital soil mapping: a review // Geoderma, 2019, 338, 1–13).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ИССЛЕДОВАНИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЕССОВ-ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Кудреватых И.Ю.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
averkieva25@rambler.ru

Анализ гранулометрического состава является хорошо зарекомендовавшим себя инструментом в изучении пространственных характеристик эоловых отложений, что определяется неотъемлемой связью между размером зерен и процессами переноса вещества [1]. Для классификации осадочных сред (например, лессово-почвенных комплексов) и извлечения информации об изменениях палеосреды широко применяют методы математической статистики, которые базируются на простом статистическом анализе параметров [2], распределении размеров зерна по классификациям (grain size distribution (GSD) classification) [3] и многомерных методах [4]. Гранулометрический состав лессово-почвенных комплексов чаще всего оценивают по отклонению от заданного идеального распределения размеров зерна. При этом нормальное распределение редко применяют в анализе поскольку в размере частиц лессов преобладают крупные фракции, а мелких фракций очень мало. В этой связи для того, чтобы уделять одинаковое внимание как небольшим различиям в мелких фракциях, так и более сильным различиям в крупных применяется геометрическое масштабирование. Наиболее распространенным методом данного анализа является логарифмическая шкала содержаний Уддена-Вентворта. Наиболее применяемыми характеристиками распределения размеров зерна являются средний размер, медиана, разброс размеров вокруг среднего размера, симметрия или преимущественный разброс в одну сторону от среднего и степень концентрации зерна относительно среднего значения. Для расчета данных статистических параметров применяют два подхода: метод статистических моментов и графический метод Фолка и Уорда [3]. Так же для оценки взаимосвязи распределения размеров зерен эоловых отложений непосредственно с процессами переноса и седиментации осадочного материала часто используют кривые распределения на диаграммах С-М Пассеги (1964) [5].

Однако отмечают, что простые статистические методы ни в полной мере отражают факторы переноса обломочного материала (например, силу ветра, расстояние от зоны источника или засушливость зоны источника) [6]. Более детальной и совершенной моделью разделения гранулометрических компонентов стал метод моделирования конечных членов (end members, EM) [6], при котором алгоритм (параметрическим или непараметрическим методом) раскладывает гранулометрический состав по особенностям распределения в серии образцов с однопиковым набором параметра. Он позволяет эффективно разделять и идентифицировать смешанные компоненты отложений, указывая на различные механизмы и модели атмосферной передачи, а главное, учитывать ее расстояния. Основываясь на предположении, что размеры зерен осадков из разных источников и тех, которые связаны с разными процессами переноса, имеют определенный состав, этот метод позволяет численно разделять отложения на субпопуляции, связанные с динамическими процессами. Данный метод успешно применяется для изучения процессов переноса отложений, их происхождения и оценке изменений палеоклимата в разных областях распространения лессово-почвенных комплексов [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Vandenberghe J. Grain size of fine-grained windblown sediment: a powerful proxy for process identification // Earth Sci. Rev. 2013.V.121, P. 18-30.
2. Folk R.L. A review of grain-size parameters // Sedimentology. 1966. V.6. P.73–93.
3. Blott S. J., Pye K. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments //Earth Surf. Processes Landforms. 2001. V.26. P.1237–1248, doi:10.1002/esp.261.
4. Weltje G.J., Prins M.A. Muddled or mixed? Inferring paleoclimate from size distributions of deep-sea clastics // Sediment Geol. 2003. V.162. P.39–62.
5. Flemming B.W. The influence of grain-size analysis methods and sediment mixing on curve shapes and textural parameters: implications.for sediment trend analysis //Sediment Geol. 2007. V. 202. P.425–435.
6. Weltje G.J. End-member modeling of compositional data: Numerical-statistical algorithms for solving the explicit mixing problem // Math. Geol. 1997. V. 29. P. 503-549. doi: 10.1007/BF02775085.

ОПЫТ ЮНЦ РАН ПО РАЗРАБОТКЕ ПРИБОРОВ И ДАТЧИКОВ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ТОМ ЧИСЛЕ ФЛУОРИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Юрасов Ю.И. [@], Пляка П.С., Валов Г.В., Иванов В.А.

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН
[@] *yucomp@ya.ru*

Разработка и создание научного оборудования в области биологии и наук о земле является одним из приоритетных направлений для мониторинга окружающей среды. ЮНЦ РАН имеет успешный опыт по разработке **датчиков и устройств для мониторинга состояния окружающей среды и опасных природных явлений**, работающих в автоматизированном [1] (рис.1) и (или) беспилотном режимах [2] с возможностью удаленной передачи данных (http://meteo.ssc-ras.ru/#).

Рисунок 1. Автоматизированные комплексы в дельте Дона и в Таганрогском заливе (слева), САП «Водомерка» (справа)

Один из них, под названием Гидрометеопост «ИВОЛГА» [1] (рис. 2) предназначен для дистанционного мониторинга основных параметров воздушной среды, а также различных параметров водной среды в прибрежных зонах различных акваторий. Другой - для исследования окружающей среды на водоёмах - сверхмалое автономное плавсредство (САП) на основе корпуса мини-тримарана «Водомерка» [2] (рис. 1 (справа)). Особенно перспективно управляемое судно на мелководных и изолированных водоёмах, таких, как рыбоводные пруды, озёра, дельты рек, лиманы, каналы.

В ЮНЦ РАН были сконструированы датчики солености, проточные флуориметры, которые были установлены на научном

судне ЮНЦ РАН НИС «Денеб» и в водозаборной организации [1,3] (рис. 2). Погружной флуориметр проходит испытание на научно-экспедиционной базе ЮНЦ РАН в пос. Кагальник, а также датчик кислорода (рис. 2), в котором также используются флуоресцентные методы детектирования.

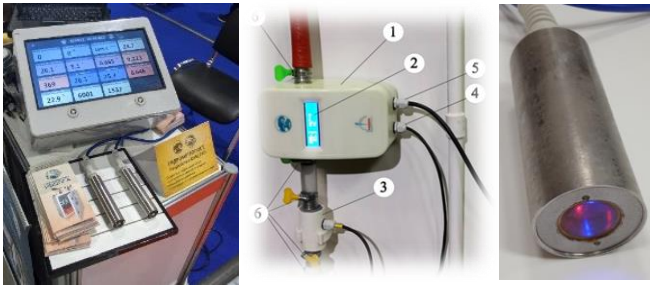


Рисунок 2. Гидрометеопост (ГМП) «ИВОЛГА» с датчиками солёности. Проточный флуориметр. Датчик кислорода

Все разработанные приборы и датчики используются для проведения исследований в области биологии и наук о земле.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН 125011700416-4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plyaka P., Glushchenko G., Gerasyuk V. et al. 2020. Investigation on the chlorophyll-a content of phytoplankton in the Sea of Azov and the Don River by the fluorescence method. https://www.intechopen.com/books/fluorescence-methods-for-investigation-of-living-cells-and-microorganisms/investigation-on-the-chlorophyll-em-a-em-content-of-phytoplankton-in-the-sea-of-azov-and-the-don-riv. DOI: 10.5772/intechopen.92996

2. Identification of semiaquatic avifauna species in shallow waters of the Don River delta using an autonomous remote-controlled midget floating craft / O. Khoroshev, R. Savitskiy, P. Plyaka et al. // E3S Web of Conferences : 8, Rostovon-Don, 19–30 августа 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 07012. – DOI 10.1051/e3sconf/202021007012. – EDN ZCTSVE.

3. Патент на полезную модель № 231272 U1 РФ, МПК G01N 21/69. Проточное флуориметрическое устройство со свободно падающей струей для измерения концентрации пигментов и взвешенного вещества в водной среде / П. С. Пляка, Г. Ю. Глущенко, А. В. Юдин, Ю. И. Юрасов; заявитель ЮНЦ РАН. – EDN JKUZAN.

СЕКЦИЯ ››› Приборы для физических и химических исследований

УСТРОЙСТВО ОЧИСТКИ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ КАМЕР ТИТРАЦИОННОГО КАЛОРИМЕТРА

Журавский Т.В.[1,2], Лепехин Ю.А.[1@]

[1] *Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН*
[2] *Пущинский филиал ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»*
[@] *trolichhpi@gmail.com*

На научно-технический уровень исследовательских приборов значительное влияние оказывает наличие вспомогательного оборудования, использующегося для выполнения различных подготовительных операций, необходимых для корректного проведения исследований. Такое оборудование, как правило, делает работу исследователя более производительной и комфортной.

Устройство очистки калориметрических камер в автоматическом режиме выполняет операции промывки специальными растворами и водой калориметрических камер титрационного калориметра с последующей их сушкой воздухом. Устройство имеет оригинальный промывочный узел, предусматривающий его использование в титрационном калориметре с функцией изучения тепловых процессов, протекающих в короткоживущих биообъектах, разрабатываемом в ИБП РАН.

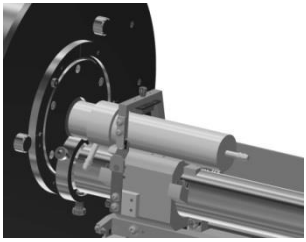
А)  Б)

Рисунок – 3D модели промывочного узла: А) - узел на титрационном устройстве: Б) - промывочный узел

Экспериментально определены основные параметры устройства, показано наличие в калориметрических камерах зон с разной степенью очистки, связанных с глубиной погружения игл в камеры.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДИЗАЙНА LAMP-ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАЛЯРИЙНЫХ ПЛАЗМОДИЕВ

Зимина А.А. [@], Гринев А.Б.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
[@]zimina2004@yandex.ru

Малярия остается одним из наиболее распространенных паразитарных заболеваний в мире, требующим быстрой и точной диагностики. Метод изотермической петлевой амплификации (LAMP) обладает высокой чувствительностью и специфичностью, однако дизайн праймеров для LAMP представляет значительную сложность из-за необходимости проектирования шести специфических олигонуклеотидов, комплементарных восьми участкам мишени. Существующие инструменты для дизайна LAMP-праймеров имеют ограничения в плане автоматизации, верификации специфичности и интеграции биоинформатических данных. Цель работы заключалась в разработке программного комплекса для автоматизированного подбора и валидации LAMP-праймеров для видоспецифической диагностики малярийных плазмодиев (Plasmodium falciparum, P. vivax, P. malariae, P. ovale). Разработанное ПО реализовано на языке Python с графическим интерфейсом пользователя (GUI) и включает следующие модули: [1] модуль анализа геномных последовательностей с автоматической загрузкой данных из NCBI GenBank; [2] алгоритм идентификации консервативных участков генома с использованием множественного выравнивания последовательностей; [3] модуль дизайна праймеров с учетом термодинамических параметров (температура плавления, содержание GC, вторичные структуры); [4] система in silico верификации специфичности методом BLAST против базы данных nt NCBI; модуль оценки потенциальных перекрестных реакций с геномами человека и непатогенных микроорганизмов. ПО использует алгоритмы машинного обучения для оценки вероятности успешной амплификации на основе физико-химических свойств праймеров. Интегрированы инструменты для расчета свободной энергии Гиббса образования димеров и шпилек, анализа полиморфизма целевых участков на основе данных о однонуклеотидных полиморфизмах (SNP) из геномных баз данных. В результате работы создан прог-ый комплекс, позволяющий сократить время подбора праймеров с недель до 2-3 часов. Проведена валидация

разработанных наборов праймеров для генов 18S rRNA, cytochrome b и STEVOR P. falciparum. In silico анализ показал 100% специфичность к целевым видам плазмодиев при отсутствии кроссреактивности с геномом человека. In silico валидация разработанных наборов праймеров для генов 18S rRNA, cytochrome b и lactate dehydrogenase проводилась на основе комплексного биоинформатического анализа. Анализ специфичности включал сравнение спроектированных последовательностей с 247 геномными последовательностями плазмодиев из базы GenBank методом множественного выравнивания (MUSCLE), что обеспечило 100% комплементарность к консервативным участкам целевых видов. BLAST-поиск против базы данных nt (>50 млн последовательностей) выявил отсутствие значимых гомологий с геномами человека, бактерий и других организмов (E-value >0.01), подтверждая видоспецифичность праймеров. Термодинамический анализ показал, что рассчитанные значения свободной энергии Гиббса (ΔG) для целевых комплексов праймер-матрица составляют от -35 до -42 ккал/моль, что согласуется с критериями высокоэффективной амплификации согласно работам Bhadra и соавт., устанавливающими ΔG <-30 ккал/моль как оптимальный диапазон. Моделирование кинетики LAMP-реакции методом Монте-Карло с использованием экспериментальных констант скоростей из публикаций Tomita и Notomi показало теоретическую способность амплификации 1-10 копий ДНК-матрицы при времени детекции 30-45 минут, что соответствует опубликованным данным для стандартных LAMP-систем. Программный анализ полиморфизма целевых участков на основе данных PlasmoDB показал, что варианты с частотой >5% не влияют на комплементарность праймеров, обеспечивая надежность детекции для циркулирующих штаммов. ПО это интегрированная платформа для рац-го дизайна LAMP-праймеров и может быть адаптирована для диагностики других инфекционных заболеваний. ПО распространяется с открытым кодом и доступно для науч. сообщества

ЛИТЕРАТУРА

1. Notomi T., Okayama H., Masubuchi H. et al. // Nucleic Acids Res. 2000. Т. 28. № 12. С. e63.

2. World Health Organization // World Malaria Report 2024. Geneva: WHO, 2024. С. 1-200.

3. Parida M., Sannarangaiah S., Dash P.K. et al. // Rev Med Virol. 2008. Т. 18. № 6. С. 407-421.

4. Kojom L.P., Singh V. // Malar J. 2020. Т. 19. № 1. С. 305.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ МЕТОДА УЛЬТРАМИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОЛОГИИ И ХИМИИ

Курьяков В.Н.

Институт проблем нефти и газа РАН
vladimir.kuryakov@ipng.ru

Метод ультрамикроскопии, благодаря специальному освещению лазером, позволяет визуализировать нанообъекты в жидкости, наблюдать за их движением, подсчитать их. При этом сами нанообъекты не видны – наблюдается рассеянное на них лазерное излучение. Характерный вид поля зрения ультрамикроскопа представлен на Рисунке 1. Каждый яркий объект на рисунке – рассеяние от одиночной наночастицы (НЧ). Объекты видны только в поле сфокусированного луча лазера.

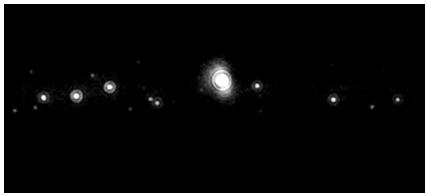


Рис. 1. Характерный вид поля зрения ультрамикроскопа. Наблюдение образца наночастиц SiO_2 радиуса 55 нм в воде

Нобелевская премия по химии за разработку данного метода была присуждена 100 лет назад, но широкого распространения метод пока не получил. Немногие знакомы с таким методом и его возможностями и еще меньше людей работали непосредственно с таким методом. При этом область применения данного метода очень широкая: НЧ любой природы (контроль синтеза и стабильности), прецизионный контроль чистоты жидкостей на содержание НЧ, изучение начальных стадий агрегации, исследование поведения коллоидных растворов НЧ в различных полях (например, в магнитном), внеклеточные везикулы, нанопузырьки (nanobubbles) и др.

Контроль чистоты воды

Исследования показали, что в воде первого типа, получаемой при помощи лабораторных систем очистки воды с обратным осмосом (Milli-Q, Аквалаб и др.), даже при удельном электрическом сопротивлении получаемой воды 18,2 МОм·см могут присутствовать

нежелательные НЧ неизвестной природы. Важно, что другими экспериментальными методами детектировать наличие таких НЧ низкой концентрации достаточно сложно [1]. При этом методом ультрамикроскопии их детектирование происходит в экспресс-режиме.

Процессы агрегации

Показано, что метод ультрамикроскопии существенно чувствительнее по концентрации НЧ, чем метод динамического рассеяния света [2]. Это позволяет исследовать самые начальные стадии процессов агрегации различных систем.

Внеклеточные везикулы

Ультрамикроскопия и ее разновидность в виде метода анализа траекторий наночастиц нашла широкое применение в исследованиях свойств внеклеточных везикул.

Биологические жидкости

Благодаря простоте и скорости проведения измерений и отсутствию дорогостоящих расходных материалов метод ультрамикроскопии перспективен в применении для исследований различных биологических жидкостей.

Измерение размеров наночастиц

На основе метода ультрамикроскопии разработаны два способа измерения размеров НЧ: из анализа их траекторий движения (Nanoparticle Tracking Analysis, NTA) – позволяющий измерять распределение частиц по размерам в образце; определение размера частицы, средней по массе – из анализа численной и массовой концентрации НЧ в образце.

Данная работа посвящена исследованию методом ультрамикроскопии водных растворов стандартных образцов наночастиц, проблеме контроля чистоты воды на содержание наноразмерных механических примесей и оценки применимости данного метода для исследований различных биологических объектов. Исследования выполнены на измерителе численной концентрации наночастиц NP Counter (ООО «НП ВИЖН», Россия), в основе которого лежит принцип ультрамикроскопии [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Popov K., Vainer Y., Kuryakov V., et.al. // Crystals, 2024, 14, 650.
2. Kuryakov V.N. // Actual Probl. Oil Gas, 2024, 15, 338–348.
3. Описание метода ультрамикроскопии: [сайт]. URL: http://npcounter.ru/ (дата обращения: 01.11.2025).

ТИТРАЦИОННЫЙ КАЛОРИМЕТР С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГИБКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КОРОТКОЖИВУЩИХ БИООБЪЕКТАХ

Сивашева Т.Н. [@], Моисеева С.П.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН;
[@]ta_siv@rambler.ru

В настоящее время в ИБП РАН выполняется проект, целью которого является создание экспериментального образца изотермического титрационного калориметра, обладающего уникальной возможностью гибкого изучения тепловых процессов, протекающих в короткоживущих биологических объектах.

За последние десятки лет на мировом рынке титрационных калориметров исследовательского класса доминировали приборы VP-ITC (производство компании MicroCal Inc., США) и Nano ITC (TA Instruments, США). В сравнении с зарубежными аналогами, разрабатываемый нами калориметр характеризуется оригинальной конструкцией калориметрических ячеек и особым способом введения в них раствора [1], что обеспечивает уникальные возможности прибора, недоступные для коммерческих приборов. Это достигается реализацией в приборе совокупности методов, ранее разработанных в ИБП РАН: метода выделения измерительного объема калориметрических камер с использованием системы тепловых шунтов, метода выравнивания концентрации добавки в измерительном объеме калориметрической камеры, метода введения добавки в калориметрическую камеру [2]. Как следствие, разрабатываемый калориметр является единственным титрационным калориметром, позволяющим проводить измерения тепловых эффектов без временной задержки на выравнивание температур вводимой добавки и калориметрической камеры (достигает десятков минут в коммерческих приборах), а также пригодным для изучения тепловых эффектов в условиях существенного различия в плотности и вязкости взаимодействующих растворов. Все это позволяет существенным образом расширить область применения метода титрационной калориметрии. Так, становится возможным проведение полноценного изучения теплопродукции в короткоживущих биообъектах [3], что востребовано при решении целого спектра научных и прикладных задач. В частности, возможно полноценное изучение теплопродукции

митохондриями, что востребовано при решении целого спектра задач в области растениеводства и медицине:

- изучение энергетических функций митохондрий растений, играющих ключевую роль в ответе растений на стрессовые воздействия биотической и абиотической природы, с целью поиска средств и технологий, направленных на снижение неблагоприятного воздействия экстремальных факторов природной среды на растения;

- исследования, направленные на выделение патологических процессов, характеризующихся нарушением клеточной энергетики; исследование взаимосвязей процессов старения и продолжительности жизни с нарушениями работы митохондрий.

С целью обеспечения быстрого ввода проб в калориметрические камеры в состав прибора введено оригинальное титрационное устройство, разработанное в ИБП РАН.

Реализация в приборе перечисленных методов и технических решений [1,4,5,6,7] позволяют нам создать прибор, который является единственным титрационным калориметром, реализующим уникальную на сегодняшний день возможность изучения тепловых процессов, протекающих в короткоживущих биообъектах, в частности, в митохондриях, при введении нескольких добавок различных реагентов в течение одного эксперимента.

Прибор может обеспечить импортозамещение обычных титрационных калориметров на российском рынке, а дополнительная возможность изучения тепловых процессов, протекающих в короткоживущих биообъектах, обуславливает его экспортный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kotelnikov G.V. at all // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2000, V.62, P.39-50.

2. Моисеева С.П., Котельников Г.В., Грабельных О. И. и др. // Научное приборостроение . 2018 . Т.28. № 3. С. 59-62.

3. Котельников Г.В., Моисеева С.П. //Научное приборостроение. 2016. Т.26. №3. С.3-9.

4. Патент RU 2618670 C1, 05.05.2017 Бюл. № 13.

5. Патент RU 2610853 C1, 12.02.2017 Бюл. №5.

6. Патент RU 2381464 C1, 10.02.2010 Бюл.№.4.

7. Патент RU 2845341 C1, 15.08.2025 Бюл. №23.

8. Заявка на изобретение №2025130481 от 05.11.2025 г.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ФАРФОР-УГЛЕРОД

Толстунов М.И. [@], Марченко Е.А.

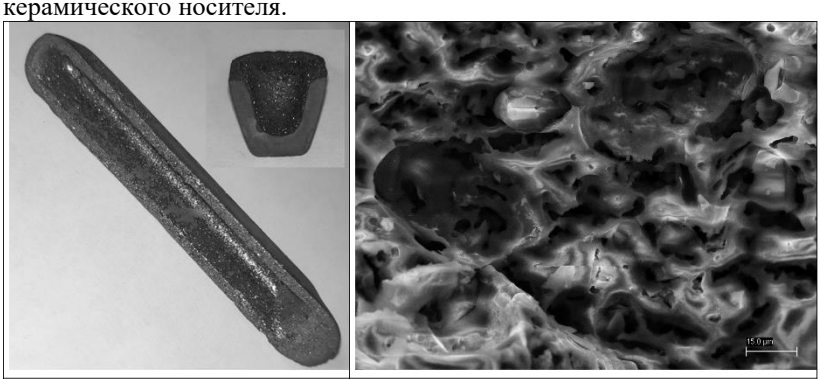
ФГБУН «Южный Научный центр Российской академии наук»
[@] miftol@yandex.ru

Углерод и материалы на его основе известны человечеству с древнейших времен и находят применение в различных отраслях народного хозяйства. Их основная часть используется в металлургической промышленности, однако значительное количество применяется и в медицине, например, в качестве сорбентов. Углеродные материалы в различных модификациях являются химически инертными. Графит, одна из форм углерода, способен проводить электрический ток, сохраняя при этом биосовместимость с организмом. Основную массу углеродных материалов производят из невозобновляемых ресурсов, однако существует много методов их получения. Одним из таких методов является пиролиз возобновляемого сырья в инертной атмосфере, в результате которого получают ценные продукты, используемые в органическом синтезе.

При нагревании пористой керамической подложки из оксида алюминия в трубчатой печи в процессе пиролиза удаётся получить композиционный токопроводящий керамический материал. Данный материал сочетает прочность оксида алюминия и электропроводность графита. В качестве подложки использовалась фарфоровая лодочка ЛС 2 ГОСТ 9147-80. Полиэтилентерефталат (ПЭТ) из пищевой упаковки помещали в лодочку и затем в трубчатую печь. Пиролиз проводили в атмосфере пиролитических газов при температуре 800^{o}C. Нагрев осуществляли со скоростью 600^{o}C/ч до заданной температуры с последующей выдержкой в течение 1 часа. Охлаждение проводили естественным образом до комнатной температуры. Температурный режим пиролиза был выбран на основании предварительного термического анализа, проведённого как в окислительной, так и в восстановительной атмосферах. Термический анализ выполняли на синхронном термоанализаторе STA 449 C Jupiter (NETZSCH) в корундовом тигле с крышкой при скорости нагрева 20К/мин.

После проведения всех манипуляций исследуемый пористый образец изменяет цвет с белого на черный, что свидетельствует о графитизации как поверхности, так и объёма подложки. При этом образец сохраняет пористую структуру, что открывает возможности

для его дальнейшей модификации. Скорость нагрева и продолжительность выдержки играют менее значительную роль в формировании свойств композиционного материала. Важно отметить, что при использовании отходов ПЭТ графитизация пористых материалов происходит уже после первого цикла, в отличие от сырья на древесной основе, для которого требуется более 5 циклов для получения материала со схожими свойствами. Данное явление можно объяснить тем, что ПЭТ переходит в жидкое состояние, пропитывая пористую структуру носителя. Последующий нагрев приводит к пиролизу и обуглероживанию как поверхности, так и объёма керамического носителя.



1 2

Рисунок 1. 1) Внешний вид и 2) Сканирующая электронная микроскопия объёма лодочки ЛС 2 по ГОСТ 9147-80 после графитизации отходами ПЭТ

Электрическое сопротивление полученного композиционного материала составляло 0,31 Ом/м, что позволяет использовать его в качестве нагревательного элемента в различных устройствах. Однако в окислительной атмосфере его рабочая температура имеет верхний предел. Согласно данным термического анализа, в окислительной атмосфере материал стабилен до температуры 500^{o}C. При нагреве свыше этой температуры наблюдается уменьшение массы на 1,6% с экзотермическим эффектом, что свидетельствует о протекании окислительных процессов.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН № 124022100017-6

СЕКЦИЯ ››› Приборостроение в биотехнологии

МИКРОФЛЮИДНОЕ УСТРОЙСТВО «ОРГАН-НА-ЧИПЕ» НА ОСНОВЕ ПЭТ С ПОРИСТОЙ МЕМБРАНОЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО БАРЬЕРА КИШЕЧНИКА

Белоусова Д.А.[1@], Алтынбаев Л.А.[1,2], Плешаков П.С.[1], Филатов Н.А.[1,2], Лысюк М.А.[2], Букатин А.С.[1,2,3]

[1]*СПбАУ РАН им. Ж. И. Алферова*
[2]*ООО «ФЛИКСБИО»*
[3]*Институт аналитического приборостроения РАН*
[@] *dbelousovaaa@gmail.com*

Микрофлюидные устройства «орган-на-чипе» — это биомиметические системы, содержащие микроканалы, выстланные живыми клетками человека, которые воспроизводят ключевые функциональные особенности живых органов для воссоздания интегрированной патофизиологии на уровне органов человека *in vitro*. Создание систем и устройств «орган-на-чипе» и «человек-на-чипе», ключевыми элементами которых станут искусственные модели органов, является научно значимым и актуальным для ускорения и удешевления процесса разработки новых лекарственных препаратов, а также подбора терапии для конкретного пациента.

Конструкция устройств «орган-на-чипе» представляет собой 2 параллельно расположенных микрофлюидных канала, разделенных проницаемой мембраной. Материалы, подходящие для изготовления элементов, составляющих итоговое устройство, в первую очередь должны быть биосовместимыми и оптически прозрачными. Основными материалами, удовлетворяющими этим условиям, являются полидиметилсилоксан (ПДМС), стекло и термопластики [1]. Однако сборка этих материалов в единое герметичное устройство зачастую является трудоемкой, затратной и мало масштабируемой [2]. В данной работе предложено изготавливать устройства «орган-на-чипе» из доступных материалов: полиэтилентерефталат (ПЭТ) и полиметилметакрилат (ПММА). Так верхний и нижний микрофлюидные каналы вырезаны из листа ПЭТ толщиной 0,3 мм, их разделяет трековая ПЭТ мембрана с размером пор ~ 0,4 мкм, 5 мкм, нижний канал герметизирует ПЭТ пластина, а верхний – пластина ПММА толщиной 10 мм, содержащая цилиндрические отверстия, служащие резервуарами для клеточной среды. Сборка такого устройства совершается посредством термической обработки, что

делает такой метод изготовления микрофлюдных устройств масштабируемым, простым и нецитотоксичным.

В качестве клеток была использована линия аденокарциномы толстой кишки человека Caco-2. Клетки культивировали в отсутствии CO_2 в питательной среде DMEM/F12 с HEPES с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки (FBS), 0,1% v/v гентамицина и 3% раствора HEPES для поддержания стабильного уровня pH.

Циркуляция среды в устройстве «орган-на-чипе» при долгосрочном культивировании осуществлялась с помощью специально разработанного прибора, представляющего собой качающуюся программируемую платформу, совместимую с инкубатором. Перфузия жидкости в микроканалах осуществляется за счет разницы гидростатических давлений в резервуарах со средой, находящихся на входах/выходах микрофлюидных каналов при наклоне платформы.

К 21 дню культивирования на поверхности мембраны клетки Caco-2 образовали монослой, что свидетельствует об успешном формировании модели эпителиального барьера кишечника. Жизнеспособность клеток в монослое составила более 90%.

ЛИТЕРАТУРА

1. van Der Helm M. W. et al. Microfluidic organ-on-chip technology for blood-brain barrier research //Tissue barriers. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. e1142493.

2. Low L. A. et al. Organs-on-chips: into the next decade //Nature Reviews Drug Discovery. – 2021. – Т. 20. – №. 5. – С. 345-361.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ БИОКОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЛИЧИНКАМИ *HERMETIA ILLUCENS*

Гладышева М.С.[@] , Молодкина Н.Р.

Университет ИТМО
[@] *msgladysheva@itmo.ru*

Глобальная проблема образования пищевых и органических отходов остается одним из ключевых экологических и социально-экономических вызовов современности. Согласно данным UNEP, в 2022 году в мире было выброшено 1,05 млрд тонн пищевых продуктов, из которых 60% приходится на домохозяйства, а остальное – на секторы розничной торговли и пищевого обслуживания [1]. Данное положение приводит к значительным потерям ресурсов, включая воду, энергию и земельные угодья, а также значительный вклад эмиссии парниковых газов [2]. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является биотехнологическая переработка отходов с использованием личинок мухи *Hermetia illucens* (чёрная львинка). Биоконверсия отходов с использованием данной технологии позволяет преобразовывать органику в ценные продукты, тем самым способствуя циркулярной экономике и устойчивому развитию.

Сегодня процесс биоконверсии на производственных площадках происходит вручную, выполняя культивирование биомассы в ящиках, что снижает эффективность, повышает трудоёмкость. Для достижения промышленной устойчивости требуется переход к автоматизированным системам управления процессом**,** включающим контроль микроклимата, влажности субстрата, аэрации и динамику роста личинок, чего можно добиться, способствуя созданию биореакторов для культивирования.

Анализ существующих предложений в рамках данной технологии показывает, что ключевыми параметрами для управления процессом биоконверсии являются температура, влажность субстрата, аэрация и равномерность распределения питательной среды [3–5].

В отличие от ручного культивирования в лотках, применение биореакторов позволяет обеспечить стабильность параметров среды и повысить управляемость процесса. Например, результаты эксперимента по влиянию влажности используемого субстрата доказали, что данный параметр является критическим фактором, влияющим на выживаемость и рост личинок *Hermetia illucens*: при

превышении 80% наблюдается ухудшение механической сепарации остатков, в то время как диапазон 70–75% обеспечивает оптимальные условия для биоконверсии [3]. Поддержание параметров возможно только при автоматическом регулировании микроклимата в закрытых реакторных системах. Кроме того, существуют положения, что интеграция датчиков микроклимата, систем аэрации и компьютерного зрения позволяет отслеживать динамику роста личинок и вносить корректировки в реальном времени. Такие подходы повышают выход биомассы до 20–30% по сравнению с ручным процессом, а также обеспечивают воспроизводимость и стандартизацию технологического цикла [6, 7].

Таким образом, переход к биореакторам и автоматизированным системам управления процессом биоконверсии является ключевым направлением развития данной биотехнологии, способствующим её масштабированию и интеграции в концепцию циркулярной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. UNEP. // Food Waste Index Report 2024. UN Environment Programme. 2024.

2. IPCC. // Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report. IPCC Reports. 2022.

3. Cheng J. Y. K., Chiu S. L. H., Lo I. M. C. // Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion. Waste Management. 2017. Т. 67. С. 315–323.

4. Palma L., Gligoric S., Koenig S., Carpin S. // Modelling and optimal control of growth, energy, and resource dynamics of Hermetia illucens in mass production environment. Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Т. 200. С. 107649.

5. Jucker C., Gligoric S., Koenig S., Carpin S. // An automated, modular system for organic waste utilization using Hermetia illucens larvae: Design, sustainability, and economics. Journal of Cleaner Production. 2022. Т. 379. С. 134727.

6. Ong J. S. Y., Suwannayod S., Sivakanthan S., De Silva A. D. N., Haddela P. S. // A semi-automated IoT-based cabinet for BSFL rearing. Proceedings of ICINT. 2022. С. 20–25.

7. Chia S. T., Amoshie D. A., Munashe D. // IoT and computer vision-based automated BSF incubator. Proceedings of IEEE ACDSA. 2024.

БИОЧЕРНИЛА НА ОСНОВЕ к-КАРРАГИНАНА С УЛУЧШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ 3D-БИОПЕЧАТИ

Кузьмин А.А.[1@] , Сун В.[2] , Ванг Р.[2] , Кириллов Б.А.[1] , Коломенский Д.С.[1] , Шуе Б.[2]

[1]*Сколковский институт науки и технологий*
[2]*Нанкинский университет*
[@] *Alexander.Kuzmin@skoltech.ru*

Современная регенеративная медицина и тканевая инженерия активно развиваются благодаря технологиям 3D-биопечати, однако слабые механические свойства биопечатных конструкций на основе природных полимеров ограничивают их применение [1, 2]. В рамках совместного сотрудничества между Центром технологий материалов Сколковского института науки и технологий (Россия) и Центром биофизики Нанкинского университета (Китай) ведётся работа по разработке биочернил с улучшенными механическими свойствами. Цель работы — оптимизация состава гидрогеля для 3D-биопечати на основе к-каррагинана с различными добавками для повышения прочности, жёсткости и эластичности биопечатных конструкций [3].

В качестве базового состава использовались биочернила на основе к-каррагинана (15 г/л), описанные в работе Маркеса и соавторов (2022) [3]. Для улучшения механических характеристик в состав вводились следующие добавки:

- допамин гидрохлорид (мономер) (2, 4, 6 и 8 мг/мл);
- полидопамин-альгинатный комплекс (2, 4, 6, 8 и 10 мг/мл);
- поливиниловый спирт (PVA) в комбинации с фениленбисбороновой кислотой (PBA).

Все компоненты растворялись в деионизированной воде (ddH_2O); для гидрогелей с допамин гидрохлоридом использовался буферный раствор Трис с pH 7.6, вместо воды. Растворение и гомогенизация проводились с использованием ультразвуковой ванны. Растворы разливались в формы для изготовления образцов для механических испытаний на растяжение и сжатие, которые оставлялись для гелеобразования на ночь при комнатной температуре.

Механические испытания проводились на универсальной испытательной машине INSTRON (модель 685C-2) с тензодатчиком на 10 Н. Сбор данных осуществлялся с помощью программного обеспечения Bluehill, а обработка — с использованием Python. Для

количественной оценки определялись предел прочности, удлинение при разрыве и параметры модели Одгена для описания гиперупругого поведения материала, включая модуль сдвига [4].

Проведённые испытания показали улучшение механических свойств композитных гидрогелей по сравнению с базовым составом. Добавление допамин гидрохлорида и полидопамин-альгинатного комплекса привело к увеличению жёсткости материала. Подбор концентраций позволил выявить составы с оптимальным балансом между жёсткостью и эластичностью, а также повысить прочность без выхода за допустимый для экструзии диапазон вязкости гидрогеля в жидком состоянии.

Таким образом, оптимизированные биочернила на основе к-каррагинана демонстрируют улучшенные механические свойства и повышают качество 3D-биопечати и способность биопечатных конструкций удерживать заданную форму, открывая перспективы для создания более функциональных биомедицинских изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang, Y. S.; Haghiashtiani, G.; Hübscher, T. et al. // 3D Extrusion Bioprinting. Nature Reviews Methods Primers, 2021, 1, 75.

2. Teixeira, M. C.; Lameirinhas, N. S.; Carvalho, J. P. F.; Silvestre, A. J. D.; Vilela, C.; & Freire, C. S. R. // A Guide to Polysaccharide-Based Hydrogel Bioinks for 3D Bioprinting Applications. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(12), 6564.

3. Jabeen, F.; Zil-E-Aimen; Ahmad, R.; Mir, S.; Awwad, N. S.; Ibrahium, H. A. // Carrageenan: Structure, Properties and Applications with Special Emphasis on Food Science. RSC Advances, 2025, 15(27), 22035–22062.

4. Marques, D. M. S.; Silva, J. C.; Cerro, A. P.; Cabral, J. M. S.; Sanjuan-Alberte, P.; Ferreira, F. C. // 3D Bioprinting of Novel κ-Carrageenan Bioinks: An Algae-Derived Polysaccharide. Bioengineering (Basel), 2022, 9(3), 109.

5. Ogden, R. W. // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 1972, 326, 565–584.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ НЕИНВАЗИВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ *TARAXACUM KOK-SAGHYZ* R., КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В АЭРОПОННОМ ФИТОТРОНЕ, В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Мартиросян Л.Ю.[1,2@], Гольдберг В.М.[1], Мартиросян Ю.Ц.[1,2]

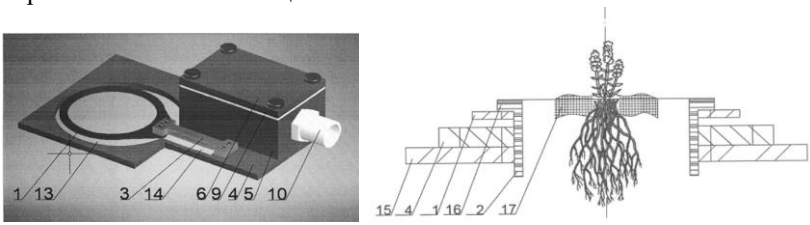
[1]*Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН,*
[2]*Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии*
[@]*levon-agro@mail.ru*

Разработана система непрерывного измерения динамики накопления биомассы растений, растущих в аэропонном фитотроне (рис. 1). Аэропонный фитотрон — это замкнутая система безсубстратного выращивания растений, которая позволяет точно контролировать условия окружающей среды. Система мониторинга и управления параметрами культивационной среды фитотрона включает непрерывное измерение динамики накопления биомассы исследуемых растений. Система измерения биомассы состоит из десяти независимых тензодатчиков, контроллера и соответствующего программного обеспечения. Это позволяет контролировать основные параметры роста, и, при необходимости, удалённо, управлять факторами роста и развития растений. Все параметры, влияющие на развитие, а также на динамику изменения биомассы растений, отслеживаются с помощью технологий Интернет вещей, облачных вычислений и удаленного мониторинга [1]. Точность измерений биомассы составляет 200 ± 0,1 г. Установка позволяет определять динамику роста на разных стадиях вегетации растения.

Возможность использования системы неинвазивного непрерывного определения биомассы показана на примере аэропонного выращивания каучуконосного растения кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* R.). Созданная система измерения динамики роста растений позволила получать информацию и анализировать продуктивность вегетирующих растений по разным фазам развития в зависимости от факторов культивационной среды, например, от химического состава питательного раствора, pH, температуры и удельной электропроводности питательного раствора. Также исследовали динамику роста и накопления целевых продуктов в зависимости от спектрального состава, интенсивности света,

фотопериода и газового состава среды культивирования. Данная разработка защищена патентом на полезную модель [2].

Разработанная нами система автоматического неинвазивного измерения биомассы растений, безусловно, может быть применена в исследованиях в области селекции, физиологии, биохимии растений, в разработке наиболее эффективных протоколов и технологий выращивания растений, как в лабораторных фитотронах, так и в условиях защищённого грунта. Далее на основе полученных данных можно будет выделять лучшие селекционные формы для создания промышленных плантаций.



А) В)

Рисунок 1. Схематическое изображение измерительного блока. А - тензодатчик с аналогово-цифровым преобразователем сигнала. В- фиксация растения в посадочно-измерительной лунке аэропонного фитотрона: 1) кольцевой держатель; 2) приспособление, фиксирующее растение; 3) тензодатчик; 4) основание; 5) влагонепроницаемый корпус для электронного блока; 6) крышка корпуса; 7) отверстия в крышке корпуса; 8) паз в крышке корпуса; 9) уплотняющий материал; 10) сальник гермоввода;11) кабель, соединяющий тензодатчик с электронным блоком; 12) кабель, соединяющий электронный блок с компьютером; 13) круглое отверстие; 14) продолговатое отверстие; 15) посадочная платформа; 16) отогнутая кромка приспособления 2, фиксирующего растение; 17) вкладыш для фиксации растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартиросян Ю.Ц., Мартиросян Л.Ю., Варфоломеев С. Д., Гольдберг В. М., Миних А. А., Рязанцев Д. М. Аэропонный фитотрон RU 196013.

2. Гольдберг В. М., Гусейнов Т. М., Соловьев А. А., Мартиросян Ю.Ц., Мартиросян Л.Ю. Устройство для измерения веса растений в фитотроне в режиме реального времени RU 212577.

МОДУЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО БИОРЕАКТОРА МАЛОГО ОБЪЕМА С МЕШАЛКОЙ

Миловидов Г.Д. [@], Безручко В.В., Сафонов А.С., Немашкалов В.А.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
[@]knorih@gmail.com

Эффективность биотехнологического процесса получения продуктов микробного синтеза напрямую зависит от физико-химических параметров среды, а также гидродинамических условий культивирования. К таким условиям следует отнести, прежде всего, профиль скоростей жидкости и равномерность распределения газовой фазы. Неоптимальные режимы культивирования могут приводить к формированию зон с недостаточным перемешиванием, локальному кислородному голоданию клеток и их механическому повреждению, что в конечном итоге снижает выход продукта. Поэтому, для контроля и поддержания заданных гидродинамических и физико-химических параметров лабораторные биореакторы оснащены автоматизированными системами управления (АСУ). Эти системы представляют собой комплекс технических и программных средств, включающий датчики, контроллеры и исполнительные механизмы, объединенные общей сетью.

Контроллеры являются центральным элементом любой АСУ. Они осуществляют непрерывный сбор данных с первичных датчиков, их обработку по заданным алгоритмам и формирование управляющих сигналов на исполнительные устройства (насосы, клапаны, двигатели) [1]. Архитектура современных контроллеров строится по модульному принципу и включает несколько ключевых функциональных блоков: центральный вычислительный модуль, блоки ввода-вывода сигналов от датчиков и к исполнительным механизмам, блоки связи и, в ряде случаев, специализированные модули для реализации сложных алгоритмов управления [2, 3]. Такая компоновка обеспечивает гибкость и масштабируемость системы.

На базе лаборатории биотехнологии ИБП РАН был разработан контроллер, предназначенный для управления работой лабораторного биореактора малого объема (1.5 л) с мешалкой. Аппаратная часть данного контроллера включает комплекс входных и выходных интерфейсов, обеспечивающих взаимодействие с технологическим оборудованием. Базовая конфигурация содержит три аналоговых

входа и 16 дискретных выходов, что позволяет производить прямое подключение основных датчиков для контроля температуры (Pt100) и электрохимических сенсоров растворенного кислорода и pH. Контроллер также оснащен специализированными каналами управления электродвигателем мешалки и термостатирования.

Коммуникационная подсистема контроллера базируется на интерфейсах RS-485, функционирующих в режиме Master/Slave с использованием протокола Modbus RTU. Данная архитектура позволяет организовывать сети для управления внешними устройствами, такими как дозаторы или дополнительные модули, и обеспечивает интеграцию в верхний уровень АСУ ТП. Конструктивно прибор выполнен с применением съёмных клемников, что повышает удобство его монтажа и обслуживания. Функционально контроллер включает: центральный микроконтроллер, энергонезависимую память для хранения данных и параметров, систему электропитания и интерфейсы RS-485. Уникальное программное обеспечение в микроконтроллере реализует полный цикл задач управления: от первичной калибровки измерительных каналов и математической обработки входящих сигналов до поддержания параметров процесса культивирования в автоматизированном режиме.

Исполнение базовых процедур работы лабораторного биореактора, таких как ферментация, управление насосами в различных режимах культивирования и точное поддержание заданных значений pH и температуры, является основной функцией устройства. В ходе первичных испытаний было установлено, что данный контроллер может применяться для решения локальных задач автоматизации, обеспечивая стабильность и воспроизводимость биотехнологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hitzmann B. Bioprocess monitoring and control MDPI, - 2020. 234 с.

2. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования Москва: Стандартинформ, - 2017. 232 с.

3. IEC 61499-1(2005) Function blocks - Part 1: Architecture 114 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ БИОРЕАКТОР МАЛОГО ОБЪЕМА ЛБ-1 С ПЕРКОЛЯЦИОННЫМ ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Тихомирова Т.С. [@], Лепехин Ю.А., Безручко В.В.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
[@]tihomirova.ts@pbcras.ru

Масштабирование микробиологического процесса, как обязательная часть биотехнологических исследований, заключается в последовательном переходе от лабораторных испытаний к биореакторному производству. Данную процедуру проводят поэтапно с постепенным увеличением объемов процесса и определением степени его влияния на конечный продукт. При этом на каждом этапе масштабирования используют специализированное биореакторное оборудование от лабораторного (1-10 л) до пилотного (до 100 л) уровня. Разработка подобных лабораторных биореакторов является перспективным направлением инженерных исследований.

В лаборатории биотехнологии Института биологического приборостроения был разработан способ реализации микробиологических и ферментативных процессов, перемешивание в котором осуществляется за счет возвратного тока жидкой фазы между двумя цилиндрическими емкостями под действием сжатого газа (воздуха) [1]. При этом насыщение питательной среды газами происходит в пленке жидкости. Каждый единичный объем перемешиваемой жидкости проходит критические точки турбулентности, что обеспечивает высокую степень гомогенности среды без образования напряжений сдвига, характерных для мешалок. Данный способ перемешивания применим в случаях культивирования микроорганизмов, чувствительных к механическому воздействию.

На основе данного типа перемешивания был также разработан макет лабораторного биореактора малого объема ЛБ-1. Конструкция ЛБ-1 предполагает сборку из набора элементов и рабочих узлов для конкретного биотехнологического процесса, возможность мобильной замены или добавления элементов конструкции при сохранении текущего функционального уровня. Согласно классификации биореакторов по типу конструкции, ЛБ-1 является биореактором колонного типа, предназначенного для погруженного и твердофазного культивирования. Объемный коэффициент массопередачи $k_L a$ для ЛБ-1 зависит от скорости перетока жидкой фазы между реакционным

емкостями, регулируемой объемным расходом перемешивающего воздуха. Без использования дополнительных инструментов для увеличения массопереноса k_La составил 4.5±0.1 $ч^{-1}$, что соответствует показателям для барботажной колонны с низким объемным расходом аэрирующего воздуха. Добавление в систему принудительной аэрации жидкой фазы в протоке и использования твердотельных насадок формы общей площадью 0.037 $м^2$ способствует повышению k_La до 8.4±0.3 $ч^{-1}$ [2]. Среди подключаемых рабочих узлов, доступных на данный момент, следует отметить проточный теплообменный элемент, контактный конденсатор с жидкостным охлаждением, паростерилизуемый мембранный насос, а также набор паростерилизуемых фитингов [3–6]. Дальнейшие работы сосредоточены на совершенствовании конструкции и системы автоматизированного управления, а также на расширении ассортимента элементов и рабочих узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ реализации ферментационных процессов и аппарат для его осуществления: пат. RU2596924C1 / Ю.В. Редикульцев, Н.В. Ширшиков, А.Б. Гаврилов, Е.В. Ходаков; заявл. 24.02.2015; опуб. 10.09.2016.

2. Tikhomirova T.S., Lepekhin Y.A., Taraskevich M.S. A percolation lab-scale bioreactor system LB-1 for cultivation of microorganisms sensitive to mechanical damages // Nauchnoe Priborostroenie. - 2024. - Vol. 34, No 1. P. 62–80.

3. Погружной теплообменник с жидкостным нагревом разъемной конструкции: пат. RU2814144C1 / Ю.А. Лепехин, Т.С. Тихомирова; заявл. 03.05.2023; опуб. 22.02.2024.

4. Разъемный корпус для мембранного фильтра: пат. RU2844778C1 / Ю.А. Лепехин, Т.С. Тихомирова, В.А. Немашкалов; заявл. 22.10.2024; опуб. 06.08.2025.

5. Дозатор жидкостный мембранный пневмоуправляемый паростерилизуемый: пат. RU2845176C1 / Ю.А. Лепехин, Т.С. Тихомирова, В.А. Немашкалов; заявл. 22.10.2024; опуб. 14.08.2025.

6. Контактный конденсатор с жидкостным охлаждением разъемной конструкции: пат. RU2796437 C1 / О.В. Пономаренко, Ю.А. Лепехин, Т.С. Тихомирова; заявл. 01.06.2022; опуб. 23.05.2023.

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БЕЛКОВ ГИПЕРТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ МЕТОДОМ СОБСТВЕННОЙ БЕЛКОВОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

Трунилина М. В.[@], Вологжанникова А. А., Кудряшов Т.А., Соколов А.С., Локтюшов Е.В., Лаптева Ю.С.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН
[@]masha.trunilina@mail.ru

Ферменты гипертермофильных бактерий благодаря высокой термостабильности, позволяющей им работать при высоких температурах, обладают огромным потенциалом использования в биотехнологических и промышленных процессах. Бактериальные N-ацетилтрансферазы GNAT-суперсемейства (GNAT) катализируют ацетилирование широкого спектра первичных аминов, включая аминокислоты, белки, антибиотики, токсины, структурные компоненты клеточных стенок [1], тем самым регулируя ключевые процессы метаболизма бактерий. GNAT рассматривают в качестве мишеней для лекарственного воздействия, а Nα-ацетилтрансферазы применяют для ацетилирования рекомбинантных белков и пептидов [2, 3]. В настоящей работе исследовали диапазон условий раствора, обеспечивающих структурную стабильность ферментов GNAT (THA0176, TTHA1209 и TTHA1799) из гипертермофильной бактерии *T. thermophilus,* с целью их применения для ацетилирования рекомбинантных белков. Изучаемые ферменты содержат остатки триптофана и тирозина, поэтому стабильность их структуры исследовали в широком диапазоне pH, температур и в присутствии гуанидин гидрохлорида (GdHCl) методом собственной флуоресценции белка [4] при возбуждении флуоресценции на 280 нм. Анализ данных проводили, используя пакет программного обеспечения, разработанного в ИБП РАН: ASCIItoSPC, SpecLab, LogNormal [5][6], FluoTD [5]. Результаты исследования стабильности рекомбинантных ферментов GNAT, наработанных в клетках *E. coli* штамма BL21(DE3), представлены в таблице 1. Полученные данные устанавливают диапазон условий раствора, при которых исследуемые ферменты не претерпевают структурных перестроек, отслеживаемых методом собственной флуоресценции.

Таблица 1. Стабильность третичной структуры ферментов TTHA1799, TTHA0176 и TTHA1209, оцененная методом собственной флуоресценции белка

Фермент	$T_{1/2}$, ºC	Диапазон pH стабильности структуры белка, ед.	$[GdHCl]_{1/2}$, M
TTHA1799	88±0,2	4-12	2,2±0,04
TTHA0176	74,0±0,5	3-9	3,5±0,02
TTHA1209	77,6±0,5	6-9	3,5±0,03

Таким образом, структура исследуемых ферментов стабильна в широком диапазоне условий раствора, что открывает перспективы их применения для ацетилирования различных субстратов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Burckhardt, R.M. and J.C. Escalante-Semerena, Small-Molecule Acetylation by GCN5-Related N-Acetyltransferases in Bacteria. Microbiol Mol Biol Rev, 2020. 84(2).

2. Chen, J., et al., Production of N(alpha)-acetyl Talpha1-HSA through in vitro acetylation by RimJ. Oncotarget, 2017. 8(56): p. 95247-95255.

3. Lapteva, Y.S., et al., In Vitro N-Terminal Acetylation of Bacterially Expressed Parvalbumins by N-Terminal Acetyltransferases from Escherichia coli. Appl Biochem Biotechnol, 2021.

4. Permyakov, E.A., Luminescent Spectroscopy of Proteins. 1993, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo: CRC Press, Inc.

5. Методсобственной люминесценциибелка The method of intrinsic protein luminescence: The method of intrinsic protein luminescence / E.A. Пермяков; [Рос. акад. наук, Ин-тбиол. приборостроения]. -Москва: Наука, 2003. -188, с. : ил.; 22.; ISBN 5-02-006453-X.6.

6. Marquardt, D.W., An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters .Soc.Indust.Appl.Math., 1963. 11(2): p. 431-441.

7. Permyakov, E. A. and E. A. Burstein. Some aspects of studies of thermal transitions in proteins by means of their intrinsic fluorescence. Biophys.Chem. 1984 19(3): 265-271.

СЕКЦИЯ ››› Новые материалы, конструкционные системы для разработки приборов и датчиков

ОРГАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ ТРАНЗИСТОР КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Кулешов Б.С.[1@] , Пойманова Е.Ю.[1] , Пономаренко С.А.[1,2], Агина Е.А.[1,3]

[1]Институт синтетических полимерных материалов РАН
[2]МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет
[3]МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет фундаментальной физико-химической инженерии
[@] b.kuleshov@ispm.ru

Органические полевые транзисторы с электролитическим затвором (ОПТЭЗ) вызвали значительный интерес в области биораспознавания благодаря своим уникальным свойствам: биосовместимости и гибкости. Еще одним ключевым преимуществом ОПТЭЗ является их чрезвычайно высокая емкость, которая может достигать сотен мкФ/см^2. [1]

Предлагаемый подход к созданию рецепторного слоя устройства основан на методе Ленгмюра-Шеффера и обеспечивает возможность создания платформы для распознавания ионов металлов за счет использования структур, содержащих аптамеры либо краун-эфирные группы, связывающиеся с универсальным полупроводниковым слоем. [2]

В ходе этой работы для изготовления рецепторного слоя устройств ОПТЭЗ для обнаружения ионов различных металлов были использованы различные материалы, в основном краун-эфиры и аптамеры. Результаты измерений были использованы для определения зависимости отклика полученных устройств от концентрации ионов металлов и для описания полученных закономерностей.

Данная работы выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект РНФ № 23-73-00103).

ЛИТЕРАТУРА

1. Piro, B., Mattana, G., & Reisberg, S. Transistors for Chemical Monitoring of Living Cells. Biosensors, 2018, 8(3), 65. https://doi.org/10.3390/bios8030065

2. Trul A.A., Sizov A.S., Chekusova V.P., et al. Organosilicon dimer of BTBT as a perspective semiconductor material for toxic gas detection with monolayer organic field-effect transistors. J Mater Chem C Mater. 2018;6(36):9649-9659. doi:10.1039/C8TC02447B

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ: ПОГЛОТИТЕЛЬНЫЕ ТРУБКИ TENAX-TA И АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ SP-1

Толстунов М.И., Марченко Е.А. [@]

Южный Научный центр Российской академии наук
[@]katarina_gora@mail.ru

В практике аналитической химии и промышленной очистки сорбционные методы играют ключевую роль. Двумя яркими представителями сорбентов с различными свойствами и назначением являются поглотительные трубки с материалом Tenax-TA и классический активированный уголь, например, марки SP-1. Несмотря на общую цель — концентрирование веществ, эти материалы кардинально различаются по своим характеристикам и сферам применения.

Материал Tenax-TA представляет собой полимер поли(2,6-дифенил-оксид). Его частицы имеют вытянутую шарообразную форму и разветвленную поверхность с относительно невысокой удельной площадью 36 м²/г. Ключевыми преимуществами Tenax-TA являются высокая термостабильность, позволяющая проводить термическую десорбцию при температурах до 450°C, и исключительная гидрофобность. Последнее свойство делает его незаменимым для отбора проб летучих органических соединений из влажного воздуха без риска потери эффективности. Именно поэтому Tenax-TA стал стандартом в газовой хроматографии для точного анализа широкого спектра органических веществ в атмосфере, воде и технологических газах.

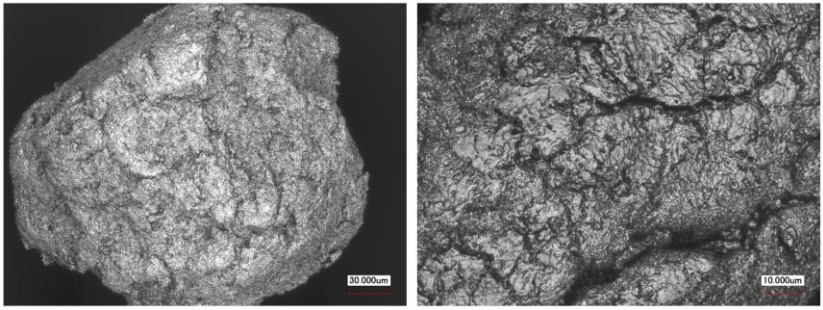


Рисунок 1: изображение частицы сорбента Tenax-TA

В отличие от него, активированный уголь SP-1 — это углеродный материал с чрезвычайно развитой пористой структурой, унаследованной от растительного сырья. Его главное достоинство — огромная удельная поверхность, достигающая 1300 м²/г, что обуславливает очень высокую общую сорбционную емкость. Однако этот сорбент гигроскопичен и теряет эффективность при высокой относительной влажности, что требует применения дополнительных осушителей. Термическая стабильность угля, как правило, ниже, чем у Tenax-TA.

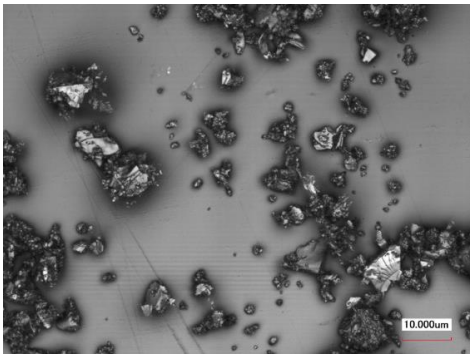


Рисунок 2: изображение частиц угля SP-1

Таким образом, выбор между этими сорбентами определяется конкретной задачей. Tenax-TA является специализированным инструментом для точного аналитического контроля в газовой хроматографии, где критически важны чистота фона, термостабильность и работа во влажных средах. Активированный уголь SP-1, в свою очередь, идеален для задач объемной сорбции в промышленных целях, таких как очистка воды или воздуха, где его гигантская площадь поверхности обеспечивает высокую емкость, а аналитическое выделение поглощенных веществ не является первостепенной задачей.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН № 124022100017-6.

РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТМЫВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ОСТАТКОВ НАТРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Халилова Д.Р., [1@] Халилов Р.И., [2]

[1]*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,*
[2]*Институт механики сплошных сред УрО РАН*
[@] *khalilova.dinaa@mail.ru*

Развитие атомной энергетики, связанное с реакторами на быстрых нейтронах [1], где в качестве теплоносителя используется жидкий натрий, сталкивается с проблемой очистки электромагнитных насосов [2] от остатков металла после испытаний, замены и планового ремонта. Существующие методы удаления натрия недостаточно эффективны и сопряжены с высокими рисками пожара и взрыва, что требует создания новых безопасных решений.

Для обоснования концепции проведен сравнительный анализ реагентов (спирты, вода) по кинетике реакции, экзотермичности, объёму выделяемого водорода, температуре кипения, технологичности, безопасности и утилизации побочных продуктов. По результатам термодинамических расчётов выбран изопропанол:

$$2\,Na + 2\,(CH_3)_2CHOH = 2\,(CH_3)_2CHONa + H_2\uparrow$$

Термохимические расчёты подтвердили, что тепловыделение при реакции с изопропанолом составляет 31,9 кДж/моль, что в 4,4 раза ниже, чем при реакции с водой (139,8 кДж/моль Na). Теоретический объём водорода одинаков (~48,7 л из 100 г Na), но кинетика реакции со спиртом медленнее, что обеспечивает контроль процесса. Очистка проводится при 40–60 °C, исключая перегрев оборудования.

Разработана принципиальная схема установки (рис.1): замкнутый контур циркуляции изопропилового спирта через промываемое оборудование с регулируемой подачей, баком-ресивером с термоконтролем, фильтрацией продуктов реакции, узлом сбора и удаления водорода в инертной атмосфере азота, а также системой дистанционного мониторинга температуры, давления и количества водорода.

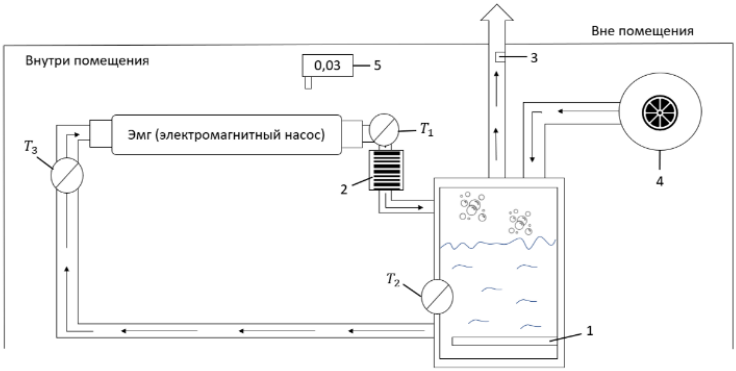


Рис. 1. Схема установки: 1 – нагревательный элемент; 2 – фильтр; 3 – датчик водорода; 4 – инертная атмосфера азота; 5 – датчик водорода в помещении; T_1, T_2, T_3 – датчики температуры.

Технология разрабатывается при поддержке испытательной лаборатории ООО «НИЦ МСС», предоставившей базу для исследований и изготовления опытного образца установки. Потенциальные потребители технологии — предприятия атомной энергетики и научные центры, работающие с натриевым оборудованием: Белоярская АЭС, НИЦ «Курчатовский институт», НИИАР, ОКБМ «Африкантов» и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев. Техническая физика быстрых реакторов с натриевым теплоносителем / Матвеев, Ю. С. Хомяков. – Москва: Издательский дом «МЭИ», 2012. – 356 с. – ISBN 978-5-383-00717-4. – EDN SUOPEN.

2. Khalilov, R. Annular linear induction pump for liquid sodium / R. Khalilov, I. Kolesnichenko // Magnetohydrodynamics. – 2015. – Vol. 51, No. 1. – P. 95-104. – DOI 10.22364/mhd.51.1.10. – EDN UFSYOD.

СЕКЦИЯ ››› Информационные технологии и искусственный интеллект в приборостроении

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ АГРОПРОИЗВОДСТВАМИ

Кочкаров А. А., Куликов А. К. [@]

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук»
[@]science.andrey.kulikov@gmail.com

Задача точного прогнозирования урожайности в умных фермерских хозяйствах крайне актуальна, о чем свидетельствует рост числа соответствующих стартапов. Для этого необходимы системы, которые решают комплекс задач: сбор и хранение данных, их обработка, уведомление оператора и автоматическая коррекция условий среды.

В результате анализа современных систем было принято решение разработать систему на основе методологии ML-Ops. Этот подход позволяет в реальном времени подбирать и обновлять модели машинного обучения под конкретные культуры и данные, а также обеспечивает гибкое развертывание моделей.

Аппаратная часть системы включает: Сенсоры и датчики (I2C, 1-Wire), Платы для обработки и отправки данных (NodeMCU и аналоги), Протокол MQTT для передачи данных, Облачное приложение для обработки и мониторинга, обеспечивающее масштабируемость.

Эксперимент: Эффективность ML-Ops

Для проверки эффективности ML-Ops был проведен эксперимент на стандартном наборе данных ирисов Фишера. Обучение модели проводилось в PyCharm без MLflow и с его использованием.

Без MLflow: Среднее время на этап разработки — 3,5 секунды. Дополнительно требовалось 10 минут на написание кода для анализа. Быстрая смена параметров для изучения была затруднена.

С MLflow: Получение итогового решения и сохранение моделей заняло менее 16 секунд.

Использование MLflow оказалось в 41,25 раза эффективнее стандартного подхода, который занимал около 11 минут.

Система диагностики заболеваний

На следующем этапе был создан программно-аппаратный комплекс для ранней диагностики болезней растений на основе Raspberry Pi 5 и веб-камер. С его помощью был собран датасет, использованный для дообучения нейронной сети YOLO v11.

Результаты: Модель показала высокую эффективность с

точностью 74,7% и полнотой 69,3%. Анализ графиков обучения подтвердил стабильную сходимость без переобучения.

В ходе исследования была разработана и протестирована ML-Ops система для умной фермы. Внедрение ML-Ops (на примере MLflow) позволило сократить время обучения и оценки моделей более чем в 40 раз. Дополнительно реализованный комплекс диагностики на основе YOLO v11 показал перспективность нейросетевых методов для мониторинга растений.

Предложенная архитектура объединяет аппаратуру для сбора данных, облачные технологии и современное машинное обучение. Это позволяет повышать точность прогнозов урожайности и обеспечивать раннее выявление заболеваний, что увеличивает эффективность вертикального земледелия и снижает риски.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhukov A.O.,Kulikov A.K.;Kartsan I.N., Optimization of the control algorithm for heterogeneous robotic agricultural monitoring tools,IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Innovative Development of Agrarian-and-Food Technologies, A O Zhukov et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ.

2. Жуков А.О., Куликов А.К., Суровцева Е.К. Разработка алгоритма распределения задач в группе гетерогенных робототехнических средств на основе экономических механизмов, РОБОТОТЕХНИКА И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА, 2018.

3. Rumiantsev, B.; Dzhatdoeva, S.; Sadykhov, E.; Kochkarov, A. A Model for the Determination of Potato Tuber Mass by the Measurement of Carbon Dioxide Concentration. Plants 2023, 12, 2962.

4. Rumiantsev, B.; Dzhatdoeva, S.; Zotov, V.; Kochkarov, A. Analysis of the Potato Vegetation Stages Based on the Dynamics of Water Consumption in the Closed Urban Vertical Farm with Automated Microclimate Control. Agronomy 2023, 13, 954.

5. Rumiantsev, B.V.; Kochkarov, R.A.; Kochkarov, A.A. Graph-Clustering Method for Construction of the Optimal Movement Trajectory under the Terrain Patrolling. Mathematics 2023, 11, 223.

6. Кочкаров А.А., Куликов А.К., Румянцев Б.В. Опыт применения и перспективы использования искусственного интеллекта в области агробиотехнологий // Горизонты математического моделирования и теория самоорганизации. К 95-летию со дня рождения С.П. Курдюмова. — М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2024. — С. 144-153.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА R/S КОМПОНЕНТ ЭКГ

Логачев Е.П.

Институт аналитического приборостроения РАН
zhenya.logachev.94@mail.ru

Разработанный в этой работе современный анализ R- и S-зубцов электрокардиосигнала опирается на междисциплинарный подход, объединяющий временно-частотные, фрактальные, топологические и статистические методы, а также дробное исчисление и машинное обучение. Цель – выявление скрытых колебаний, фазовой когерентности и переходных режимов сердечной динамики [1].

Базой для анализа служат классические спектральные методы, такие как преобразование Фурье. Для анализа нестационарных сигналов ЭКГ применяются временно-частотные методы: непрерывное вейвлет-преобразование, преобразование Габора и метод максимумов модулей вейвлет преобразования (WTMM) [2]. Современные алгоритмы адаптивной декомпозиции, такие как вариационная модовая декомпозиция (VMD) и полный адаптивный алгоритм эмпирической модовой декомпозиции с аддитивным шумом (CEEMDAN) [3], позволяют эффективно выделять локальные моды и скрытые осцилляции сигнала. Исследование синхронизации основано на оценке фазовой когерентности. Ключевыми метриками являются значение фазовой синхронизации (Phase Locking Value, PLV) и амплитудно-фазовая связь (Phase–Amplitude Coupling, PAC) [4]. Для извлечения мгновенной фазы и амплитуды используется преобразование Гильберта. Сердечная динамика обладает свойствами долговременной зависимости и мультифрактальности. Для их оценки применяются: детрендированный флуктационный анализ (DFA); R/S-анализ; детрентированныхй анализ кросс корреляций(DCCA) и его частичных кросс корреляций (DPCCA); мультифрактальный DFA (MFDFA) [5]. Для разделения спектра на стохастическую 1/f-компоненту и осцилляторную составляющую используется метод IRASA [6].

Дробное исчисление (Fractional Calculus) позволяет описывать динамику с памятью и масштабной инвариантностью [7]. Дробное преобразование Фурье (FrFT) и дробное преобразование Гильберта (FrHT) используются для выделения слабых колебаний и фазовых сдвигов, недоступных при стандартных производных. Нелинейная динамика R/S-компонент изучается через рекуррентный

квантитативный анализ (RQA) и бифуркационные диаграммы [8]. Фазовые портреты и аттракторы реконструируются на основе теоремы Такенса. Топологический анализ данных (TDA) и персистентные гомологии выявляют устойчивые топологические структуры и циклы в фазовой динамике [9]. Для выделения скрытых признаков применяются методы машинного обучения: t-SNE, UMAP и вариационные автоэнкодеры (VAE). В комбинации с временно-частотными признаками они формируют адаптивные модели распознавания фаз ЭКГ и отклонений в динамике. Комбинированный анализ на основе WTMM, DCCA, PAC, RQA и TDA, статистики обеспечивает целостное описание структуры и когерентности R/S-компонент. Такое объединение позволяет переходить от сигналов к геометрии фазовых взаимодействий, раскрывая механизмы скрытых колебаний и синхронизации в сердечной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.А. // Современная кардиология. 2023. Т. 10. № 2. С. 15-25.

2. Daubechies I. // IEEE Transactions on Information Theory. 1990. Т. 36. № 5. С. 961-1005.

3. Torres M.E. и др. // Proc. of IEEE ICASSP. 2011. С. 4144-4147.

4. Tort A.B. и др. // Journal of Neurophysiology. 2010. Т. 104. № 2. С. 1195-1210.

5. Kantelhardt J.W. и др. // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2002. Т. 316. № 1-4. С. 87-114.

6. Wen H., Liu Z. // Brain Topography. 2016. Т. 29. № 1. С. 13-26.

7. Podlubny I. // Fractional Differential Equations. San Diego: Academic Press, 1999.

8. Marwan N. и др. // Physics Reports. 2007. Т. 438. № 5-6. С. 237-329.

9. Edelsbrunner H., Harer J. // Computational Topology: An Introduction. Providence: American Mathematical Society, 2010.

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН: БИОМЕДИЦИНСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Лямина Ю.В.,[@] Зайцева А.Ю.

Институт аналитического приборостроения РАН
[@] julia.liamina@gmail.com

Мультиспектральные сенсорные системы видимого и ближнего ИК-диапазона представляют собой перспективное направление для неинвазивной диагностики нарушений микроциркуляции и тканевой оксигенации [1]. Метод основан на регистрации обратно-рассеянного света в диапазоне 410–940 нм с последующей обработкой данных. Модифицированный закон Бера–Ламберта позволяет оценить показатели оксигенации и кровенаполнения тканей. Применение методов интеллектуального анализа данных, включая снижение размерности и кластеризацию, обеспечивает выявление спектрально-временных паттернов, связанных с динамикой перфузии и оксигенации.

Проведенные исследования продемонстрировали возможность идентификации различных типов сосудистого ответа, оценки оксигенации и кровенаполнения тканей. Также были выявлены статистически значимые различия в спектральных характеристиках сигналов между группой пациентов с различными патологиями системы крови [2] и группой здоровых испытуемых. Перспективы работы связаны с клинической валидацией метода, оптимизацией спектральных характеристик и разработкой носимых форматов для длительного мониторинга пациентов.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-21-00404).

ЛИТЕРАТУРА

1. Keijzer I.N. et al. What is new in microcirculation and tissue oxygenation monitoring? // Journal of Clinical Monitoring and Computing. 2022. Vol. 36. P. 291-299.

2. Femia G. et al. Right ventricular myocardial infarction: pathophysiology, clinical implications and management // Rev Cardiovasc Med. 2021. Vol. 22. P. 1229-1240.

ПИКСЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Сараев А.С. [@], Бородинов А.Г., Манойлов В.В., Петров А.И.

Институт аналитического приборостроения РАН
[@] alex.niispb@yandex.ru

Секвенирование нового поколения (NGS) — один из фундаментальных методов современной геномики, обеспечивающий высокопроизводительный анализ генетического материала. В системах, таких как Illumina MiSeq и Нанофор СПС, процесс секвенирования включает регистрацию флуоресцентных сигналов от кластеров ДНК, которые захватываются в виде многоканальных изображений. Качество и точность последующей сборки генома в значительной степени определяются эффективностью обработки этих изображений, где даже малые ошибки могут привести к искажениям в данных.

Традиционные алгоритмы анализа фокусируются на распознавании целых кластеров, что часто вызывает проблемы при их низком качестве, высокой плотности или перекрытии. В результате возникают ошибки в определении границ и идентификации сигналов, снижая общую надежность конвейера обработки (pipeline). Для преодоления этих ограничений необходимы инновационные подходы, способные повысить устойчивость и точность обработки данных NGS.

Разработанный алгоритм вводит новаторский метод на основе пиксельного анализа изображений, где каждый пиксель в области интереса трактуется как автономный источник сигнала, независимо от кластерных границ. Такой подход минимизирует влияние артефактов, вариаций интенсивности и шума, обеспечивая устойчивую обработку даже в сложных условиях, включая низкое соотношение сигнал/шум. В сравнении с классическими методами, предложенный алгоритм демонстрирует повышенную точность в сценариях с перекрывающимися кластерами и неидеальными изображениями, что особенно актуально для ситуаций плотной загрузки реакционной ячейки.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ШИРОКОДОСТУПНОЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АМБУЛАТОРНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ

Казанцев А.П., Сенин А.А.

Институт аналитического приборостроения РАН
andrew82@pbcras.ru, telemed.ak@gmail.com

Доплерография внутрисердечной гемодинамики плода, применяемая со II триместра, является эффективным методом ранней диагностики патологий плода и осложнений беременности [1]. Для телемедицины требуется автоматизированная оценка внутрисердечного кровотока [2], а также недорогие технические решения, учитывая масштаб применения метода [3], [4], [5]. В ряде работ показана целесообразность использования персональных фетальных доплеров совместно с методами искусственного (ИИ) и вычислительного интеллекта (ВИ) [6], [7].

Основная процедура технологии заключается в проведении самой беременной в домашних условиях, при помощи фетального доплера и приложения на смартфоне, сеансов сбора и передачи данных, характеризующих состояние плода, в том числе и информации о текущей гемодинамике, в телемедицинский сервис для обработки и принятия решений. После автоматизированной обработки данных с применением ИИ и ВИ, генерируется протокол наблюдения, который вместе с данными самонаблюдения беременной лаконично выражает состояние плода и обеспечивает врачу-наблюдателю надежную базу для аргументированного принятия решения.

Для прототипа системы мониторинга нами разработано мобильное приложение для смартфона на платформе Android, записывающее и передающее данные в телемедицинский сервис, а также целый комплекс программ на LabVIEW, обрабатывающий данные, генерирующий протокол наблюдения для врача и выполняющий отправку протокола по электронной почте. Для решения задач ВИ, в частности, глубокого обучения нейросетей (Deep Learning), применялся фреймворк Caffe и вычислительные ресурсы видеокарты NVIDIA GTX 1060 6GB.

Дистанционный мониторинг плода по предложенной технологии был проведен для 78 женщин с одноплодной беременностью после подписания ими информированного согласия. Результаты мониторинга следующие:

1) антенатальная смертность отсутствовала;
2) 76 детей родились в срок, 2 – преждевременно.

В процентном отношении 2 недоношенных – это 2,6% от числа новорожденных. По разным источникам частота преждевременных родов по всему миру находится в интервале 5÷10%. Таким образом, частота преждевременных родов в наблюдавшейся популяции оказалась почти в 2 раза меньше наилучшего показателя 5% [5].

В настоящее время ведётся разработка нового клиентского приложения для платформ Android и iOS с применением кроссплатформенной технологии Flutter. Также разрабатывается WEB-портал врача и сервисы обработки данных с применением методов ИИ и ВИ и таких инструментов как комплексная платформа для машинного обучения TensorFlow.

Предполагается, что разрабатываемый подход обеспечит значимое продвижение в решении проблемы перинатальной заболеваемости. Предлагаемая низкозатратная технологическая платформа обладает высоким потенциалом для широкого внедрения, в частности в медицинских учреждениях с ограниченными ресурсами, как в нашей стране, так и за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева М.И. Доплерографическое исследование внутрисердечной гемодинамики плода при физиологическом его развитии во II-III триместрах беременности. // Ультразвуковая и функциональная диагностика, – 2005. – № 3. – С. 11-20.

2. Медведева Д.А., Казанцев А.П., Пономарёва Ю.Н., Чацкис Е.М., Сенин А.А., Минаев Н.С., Абрамов А.М. Имитационная модель доплерометрии внутрисердечного кровотока плода. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2016. – №6. – С. 38-44.

3. Kazantsev A., Ponomareva J., Kazantsev P. Development and validation of an AI-enabled mHealth technology for in-home pregnancy management. // Proc. of the 2014 International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering. Apr. 26-28, 2014, Sapporo City, Hokkaido, Japan. – Beijing: IEEE, 2014. – P. 927-931.

4. A. Kazantsev, A. Senin, J. Ponomareva, M. Mochalova. An mHealth Approach to Remote Fetal Monitoring. // Proceedings of 2014 Health Innovations and Point-of-Care Technologies Conference, 8-10 Oct., 2014, Seattle, Washington USA. – IEEE, 2014, pp. 239-242.

5. Казанцев А.П., Сенин А.А., Пономарева Ю.Н., Мочалова М.Н., Прошин Е.М. Подход к созданию массовой телемедицинской

технологии домашнего мониторинга плода. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2015. – №5. – С. 37-45.

6. A. Kazantsev, J. Ponomareva, P Kazantsev, R Digilov, and Ping Huang, “Development of e-health network for in-home pregnancy surveillance based on artificial intelligence,” in Proc. 2012 IEEE-EMBS Int.Conf. BHI, Hong Kong, 2012, pp. 82-84.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014612803. Цифровая запись и индикация аудиосигнала ультразвукового доплеровского зонда с передачей данных на удаленный сервер при мониторинге плода посредством мобильного устройства на платформе Android. / Сенин А.А., Казанцев А.П.; заявитель и патентообладатель ФГБУН ИБП РАН. - № 2013660694; заявл. 21.11.2013; опубл. 20.04.2014

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ

Скудин М.А.[1@] , Павлов Д.А.[1], Захарцев М.В.[1], Ошкин И.Ю.[1]
Салтыкова В.А.[1], Кочкаров А.А.[1]

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН
[@] skudin.ma@phystech.edu

Стабильность состава сложной промышленной бактериальной культуры в биореакторе определяет качество конечного продукта и экономическую эффективность процесса культивирования. Особое значение имеет мониторинг состава бактериальной культуры в условиях длительных производственных проточных режимов эксплуатации биопроцессов в нестерильных средах. Соотношение количества клеток различных видов бактерий и их морфотипов в микробной ассоциации представляет собой ключевой параметр качества. В качестве основного продуцента в промышленной метанотрофной ассоциации используется штамм *Methylococcus capsulatus* KN2, геном и физиологические особенности которого описаны в недавних исследованиях [1].

Традиционный метод микроскопии, основанный на ручном подсчёте клеток на микрофотографиях и последующем морфометрическом анализе бактериальной ассоциации, характеризуется высокой трудоёмкостью, субъективностью и низкой статистической надёжностью. Для интенсификации сбора данных и повышения надёжности контроля качества требуется: увеличение частоты анализа, расширение объёма обрабатываемых данных и полное исключение субъективности в интерпретации.

Эти задачи эффективно решаются с помощью методов компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Разработанная система на базе архитектуры YOLO11-seg [2] автоматически детектирует и сегментирует 9 морфотипов клеток промышленной метанотрофной ассоциации на изображениях, полученных с помощью световой фазово-контрастной микроскопии.. Для преодоления проблемы несбалансированности данных — особенно для редких классов, таких как *tetracocci* — использованы синтетические 3D-проекции и взвешенная функция потерь [3], что обеспечивает устойчивое распознавание даже малочисленных морфотипов.

В рамках решения задачи мониторинга промышленной метанотрофной ассоциации был разработан инструмент BactoScope AI, обеспечивающий не только количественный контроль состава культуры, но и прогностическую аналитику в реальном времени. Система автоматически распознаёт морфотипы бактериальных клеток и рассчитывает: соотношение клеток продуцента и гетеротрофных спутников, фракционный состав морфотипов как индикатор фаз клеточного цикла, площадь «тени» каждой клетки и на её основе — внутриклеточный объём [μm^3/клетка] и площадь поверхности [μm^2/клетка] для каждого класса.

Эти параметры напрямую коррелируют с метаболическими потоками, измеряемыми в биореакторе, и отражают физиологическую адаптацию клеток к условиям культивирования [1].

При интеграции с проточным микроскопом обеспечивается непрерывный мониторинг популяционной динамики — включая сдвиги в соотношении морфотипов, изменение геометрических параметров клеток и эволюцию фаз клеточного цикла. Это создаёт основу для раннего выявления лимитирования роста и позволяет своевременно корректировать режимы культивирования, предотвращая отклонения до их проявления в снижении продуктивности или качества конечного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Oshkin I. Y., Danilova O. V, etc. Expanding characterized diversity and the pool of complete genome sequences of Methylococcus species, the bacteria of high environmental and biotechnological relevance // Frontiers in Microbiology. – 2021. – art. 12.

2. Wang C. Y., Bochkovskiy A., Liao H. Y. M. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2023. – P. 10491–10500.

3. Zhu J. Y., Park T., Isola P., Efros A. A. Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – P. 2223–2232.

ПРОТОТИП МАКЕТА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧСС С ПОМОЩЬЮ МИЛЛИМЕТРОВОГО РАДАРА

Учамприна А.А.[1,2], Вицукаев А.В.[1,2@]

[1] *АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»,*
[2] *Московский авиационный институт (МАИ)*
[@]*vitsukaev.a@otd40.niip.ru*

Актуальность

Существующие контактные методы измерения ЧСС (тонометры, пульсометры и пр.) при работе операторов сложной техники ограничивают подвижность и искажают измерения из-за неплотного контакта, что приводит к необходимости бесконтактных методов наблюдения за ЧСС человека.

Решение

В качестве альтернативы существующим методам предлагается использовать радар миллиметрового диапазона (24/77 ГГц), принцип работы которого основан на эффекте Доплера. Данная технология позволяет с расстояния менее метра обрабатывать мельчайшие (единицы мм.) перемещения грудной клетки человека, вызванные сердцебиениям и дыханием.

Разработка прототипа

Для проверки метода был создан прототип имитатора сердцебиения на основе мембраны из силикона, мотора и редуктора, позволяющий обеспечить хорошую воспроизводимость измерений (Рис. 1). Прототип создаёт контролируемые ритмичные колебания в диапазоне 1-2 Гц, определяемые радаром.

Результаты

В ходе эксперимента радар детектировал движения имитатора сердцебиения, по результатам обработки принятого сигнала разработанным программным обеспечением, который определённо соответствует заданным параметрам регулятора частоты сердечных сокращений. Верификация на живом человеке показала соответствие.

Выводы и перспективы

Экспериментально подтверждена принципиальная возможность измерения частоты сердечных сокращений с помощью миллиметрового радара. Разработанный макет является основой для дальнейшего исследования и доработок программного обеспечения

для получения точных результатов. Планируется доработать макет и ПО для имитации дыхания.

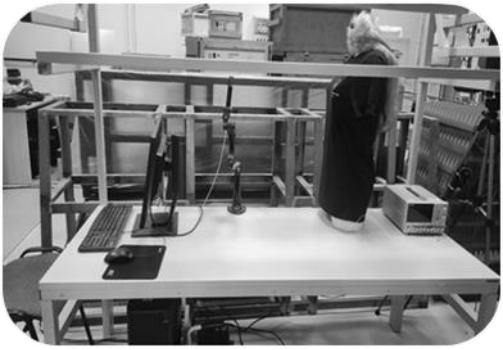


Рисунок 1. Прототип макета

ЛИТЕРАТУРА

1. Учамприна А. А. Контроль состояния оператора БПЛА с помощью датчиков движения // Авиация России: прошлое, настоящее, будущее: материалы VIII научно-практической конференции филиала «Стрела» МАИ (Жуковский, 20–21 ноября 2024 г.). Ч. 2. М.: Изд-во МАИ, 2025. 268 с.

2. Абрамов А. В. и др. Биорадиолокация // под ред. А. С. Бугаева, С. И. Ивашова. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. 396, [4] с.

3. Mareike Wendelmuth, Alexander Yarovoy, Francesco Fioranelli // Breathing rate estimation & apnea detection with multiple elevated and tilted FMCW radars 2025 г.

4. Nebojša Malešević, Vladimir Petrović, Minja Belić, Christian Antfolk, Veljko Mihajlović and Milica Janković // Contactless Real-Time Heartbeat Detection via 24 GHz Continuous-Wave Doppler Radar Using Artificial Neural Networks 21 апреля 2020 г.

5. Mohammad Shadman Ishrak, Fulin Cai, Shekh Md Mahmudul Islam, Olga Borić-Lubecke, Teresa Wu and Victor M. Lubecke // Doppler radar remote sensing of respiratory function 27 апреля 2023 г.

СЕКЦИЯ ››› Социально-экономические, политические и исторические аспекты развития научного приборостроения

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В XXI ВЕКЕ: ЭКОНОМИКА, ПОЛИТИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Марченко Е.А., Толстунов М.И.

ФГБУН «Южный Научный центр Российской академии наук»
katarina_gora@mail.ru

Современное научное приборостроение представляет собой стратегически важную отрасль, от развития которой напрямую зависит технологический суверенитет государств и их способность решать глобальные вызовы - от изменения климата до пандемий. Как показывают данные MarketsandMarkets [1], объем мирового рынка научного приборостроения в 2023 году достиг 80 млрд долларов с прогнозом роста до 112 млрд долларов к 2028 году (среднегодовой темп роста ≈7%). Этот рост напрямую коррелирует с увеличением глобальных расходов на исследования и разработки, достигших 1,7 трлн долларов по оценкам UNESCO [2].

Рисунок 1: структура рынка научного приборостроения

Структурный анализ рынка выявляет доминирование трех ключевых сегментов: молекулярная диагностика (≈30%), хроматография и спектрометрия (≈25%), микроскопия и наноанализ (≈20%). Экономическая эффективность разработки демонстрирует высокую инвестиционную привлекательность - как показывают наши расчеты, срок окупаемости проекта по созданию масс-спектрометра составляет ≈1,1 года при объеме инвестиций 50 млн долларов и годовом объеме продаж 150 единиц.

Рассмотрим упрощенную модель окупаемости разработки нового масс-спектрометра: затраты на НИОКР: $50 млн; себестоимость производства: $200 тыс. за единицу; цена продажи: $500 тыс. за единицу; прогнозируемый объем продаж: 150 единиц/год.

Расчет срока окупаемости: годовая прибыль = (500 000 $/ед. - 200 000 $/ед.) × 150 ед./год = $45 млн, срок окупаемости = 50 000 000 $ / 45 000 000 $/год ≈ 1.111 года.

Политический фактор приобретает все большее значение - санкционные ограничения 2022 года привели к сокращению экспорта оборудования в Российскую Федерацию на ≈65% [3], что стимулировало программы импортозамещения с финансированием ≈1,2 млрд долларов. Одновременно наблюдается значительный дисбаланс в распределении человеческого капитала: в странах ОЭСР плотность исследователей составляет 85 на 10 000 занятых против 15-20 в развивающихся странах [4]. Наши расчеты показывают, что увеличение финансирования технического образования на 15% дает прирост производительности в отрасли на ≈7% в среднесрочной перспективе.

Развитие научного приборостроения требует комплексного подхода, балансируя между коммерческой эффективностью, политической целесообразностью и инвестициями в человеческий капитал. Перспективы отрасли связаны с преодолением структурных дисбалансов и развитием международной кооперации в условиях растущей геополитической напряженности.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН № 124022100017-6

ЛИТЕРАТУРА

1. MarketsandMarkets. Аналитический отчет по рынку приборов за 2023-2028 годы. URL: https://www.marketsandmarkets.com/ (дата обращения: 08.11.2025)

2. UNESCO Science Report: Tracking Scientific Development. URL: https://www.unesco.org/en/articles/global-education-monitoring-report-summary-2023-technology-education-tool-whose-terms-hin (дата обращения: 09.11.2025)

3. Данные Федеральной резервной системы США по экспорту научных приборов. URL: https://fred.stlouisfed.org/series/IQ216 (дата обращения: 07.11.2025)

4. ОЭСР. Основные показатели науки и технологий 2023 URL: https://www.oecd.org/en/data/datasets/main-science-and-technology-indicators.html (дата обращения: 09.11.2025)

СИНТОЛ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

- Производство широкого спектра наборов реагентов и оборудования для выделения, амплификации, количественного анализа нуклеиновых кислот и их классического и массового параллельного секвенирования.
- Синтез олигонуклеотидов, зондов для ПЦР в реальном времени, модифицированных олигонуклеотидов (более 100 модификаций).
- Комплексное оснащение молекулярно-генетических лабораторий.
- Обучение молекулярно-генетическим методам исследований.
- Разработка наборов реагентов для молекулярно-генетических исследований на заказ.

www.syntol.ru
Тел. +7 (495) 984-69-93
Адрес: 127434, г. Москва, Тимирязевская, 42

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Всероссийской научной конференции «Биологическое приборостроение – перспективы разработок, развития и использования»

16+

Материалы издаются в авторской редакции.
Технический редактор – Пастухов И.В.
Подписано к использованию 05.12.2025 г.
Объем – 2,5 мБ.
Тираж – 10 электрон. опт. дисков (CD-R)

Издательство ИБП РАН
142290, Московская область,
г. Серпухов, г. Пущино, ул. Институтская, д. 7
Тел.: 8 (4967) 73-04-78
E-mail: ibp@ibp-ran.ru