

для балансировки классов с группами ХБП и здоровых пациентов. Для каждой итерации использовалось свое значение seed для генератора случайных чисел, что обеспечивало независимость выборки.

Результаты пяти итераций представлены в таблице 1 (значения записаны как среднее $\pm$ среднеквадратичное отклонение). Для оценки качества мультиклассовой классификации использовались стандартные метрики: точность общая (accuracy), точность (precision), полнота (recall) и F1-мера (F1-score). Поскольку задача включает три класса, применялось макро-усреднение (macro).

Таблица 1 – Результаты классификации SVM на пяти итерациях

Итерация	Точность общая (не требует macro)	Средняя точность по классам	Средняя полнота по классам	Средняя F1-мера по классам
1	$0,79 \pm 0,06$	$0,79 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,06$
2	$0,80 \pm 0,05$	$0,81 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$
3	$0,78 \pm 0,05$	$0,78 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,05$	$0,77 \pm 0,05$
4	$0,83 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,07$
5	$0,81 \pm 0,04$	$0,81 \pm 0,04$	$0,81 \pm 0,04$	$0,80 \pm 0,05$

Анализ полученных результатов показывает, что метод опорных векторов демонстрирует устойчивую точность классификации на уровне $80.1\% \pm 5.5\%$ при различном случайном отборе пациентов из группы ХСН.

Список использованных источников

1. Noncommunicable diseases // World Health Organization. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases> (дата обращения – 15.10.2025).

2. Zhang, L. Raman spectroscopy and machine learning for the classification of breast cancers / L. Zhang // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2021. Vol. 264. Article 120300.

Сергеева Анастасия Михайловна, студ. гр. 6402-120304D, amsergeevaa@yandex.ru.
Христофорова Юлия Александровна, к.физ.-мат.н., доцент каф. ЛБС khristoforova.yua@ssau.ru.

УДК 57.08

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ БИООБЪЕКТОВ В ЗАКРЫТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕГО ФЛУОРИМЕТРА

В.И. Крохмаль, В.Н. Гришанов

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Оптические методы контроля состояния живых организмов широко используются в фундаментальной и прикладной науке: медицине, биологии,

сельском хозяйстве, биофизике, экологии, природопользовании и других областях знания. Оптические методы особенно актуальны для контроля биообъектов в закрытых экосистемах (ЗЭС), частным случаем которых являются наноспутники, чем и был обусловлен выбор самих биообъектов, способных жить и развиваться в ограниченном пространстве наноспутника.

В качестве объекта для отработки методов оптического контроля за состоянием биообъектов в ЗЭС была выбрана линия зеленых водорослей рода *Trebouxia*. Обоснованием служат следующие свойства этих водорослей: 1) они являются фикобионтами в составе лишайников, способных выдерживать резкие перепады факторов среды, вплоть до условий открытого космоса; 2) водоросли проявляют высокую устойчивость к перепадам температур, влажности, УФ-излучению, обезвоживанию, способность расти на различных субстратах.

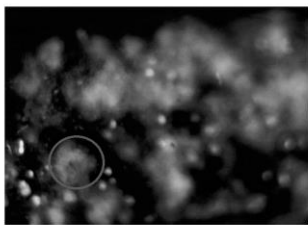
Имитация ЗЭС достигалась помещением биообъектов в контейнер из стекла [1], с полипропиленовой пробкой, объемом 2 мл, высотой 46 мм и диаметром 9 мм. В качестве субстрата был использован кварцевый песок. Жидкая среда - модифицированная основная среда Болда.

Показателем жизнедеятельности зеленых водорослей является хлорофилл, который флуоресцирует в красном диапазоне спектра при возбуждении его ультрафиолетовым излучением. Визуализирующий флуориметр обеспечивает облучение образца светодиодом с пиковой длиной волны 365 нм и регистрацию кадров флуоресцентных изображений и изображений в белом свете. Эксперимент состоял в регистрации пар изображений (флуоресцентного и в белом свете) образцов через прозрачную стенку контейнера с недельной периодичностью. Примеры пар изображений 2-х образцов с интервалом в месяц приведены на рисунках 1 и 2.

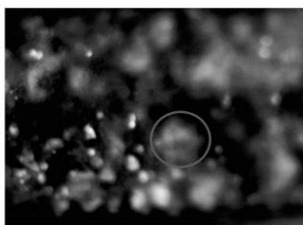
Рисунок 1 демонстрирует устойчивое состояние ЗЭС в течение месяца, что вполне достаточно для проведения экспериментов на наноспутнике, т.е. если факторы космического пространства не отразились негативно на биообъекте, то подобранные условия вполне пригодны для его продолжительного существования. Рисунок 2 позволяет заключить, что обезвоживание среды обитания, вызванное разгерметизацией контейнера, привело к угасанию жизнедеятельности водоросли, что отчётливо проявилось на флуоресцентных изображениях. Кроме того, следует отметить высокую воспроизводимость положения контролируемых объектов от съёмки к съёмке.

Извлечение количественной информации из зарегистрированных цветных изображений, в частности, подсчёт ненулевых пикселей красной компоненты флуоресцентных изображений производилось в среде Mathcad.

Обработана методика моделирования ЗЭС и системы контроля состояния биообъектов в ЗЭС. Диагностическим признаком состояния биообъекта может служить сумма значений пикселей красной компоненты флуоресцентного изображения.



Контейнер в начальном состоянии в белом свете



Контейнер в конечном состоянии в белом свете

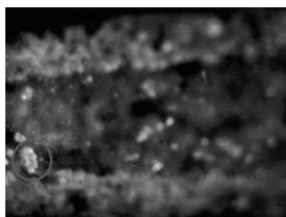


Контейнер в начальном состоянии в ультрафиолетовом свете

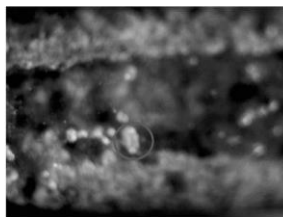


Контейнер в начальном состоянии в ультрафиолетовом свете

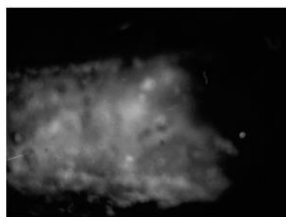
Рисунок 1 - Изображения 1-го образца в начальном и конечном состоянии в белом и ультрафиолетовом свете



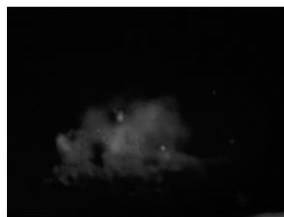
Контейнер в начальном состоянии в белом свете



Контейнер в конечном состоянии в белом свете



Контейнер в начальном состоянии в ультрафиолетовом свете



Контейнер в начальном состоянии в ультрафиолетовом свете

Рисунок 2 - Изображения 2-го образца в начальном и конечном состоянии в белом и ультрафиолетовом свете

В качестве дополнительного диагностического признака может выступать суммарное количество ненулевых пикселей, динамика которых от

изображения к изображению позволит делать прогнозы разрастания популяции микроорганизмов или её деградации.

Список использованных источников

1. Крохмаль, В.И. Применение визуализирующего флуориметра для оценки состояния биологических объектов в закрытых экосистемах [Электронный ресурс] / В.И. Крохмаль, А.И. Попов, В.Н. Гришанов. - XXII Всероссийская молодежная Самарская конкурс-конференция по оптике, лазерной физике и физике плазмы: сборник тезисов (Самара, 12–16 ноября 2024 г.) [Электронное издание]. – М.: Тривант, 2024. – С. 160 – 162.\

Крохмаль Владимир Игоревич, студ. гр. 6231-120404D, baki.retard@gmail.com
Гришанов Владимир Николаевич, к.т.н., доцент, доцент каф. ЛБС, vladgrishanov@yandex.ru

УДК 543.421/424

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ В БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ БИОПЛЁНОК ЗАДНЕЙ СТЕНКИ ВЛАГАЛИЩА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОТИВОМИКРОБНЫМ СРЕДСТВОМ

Д.Н. Артемьев, А.А. Карманова

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: Рамановская спектроскопия, бактериальный вагиноз, *Gardnerella vaginalis*, биоплёнка, терконазол, 785 нм.

Биоплёнки являются одной из главных причин хронических и рецидивирующих бактериальных заболеваний, в числе которых и бактериальный вагиноз (БВ). Они обладают повышенной устойчивостью ко многим антибиотикам из-за внеклеточного матрикса или EPS-матрикса, который образует барьер, защищающий бактерии. В связи с этим усложняется контроль, диагностика и лечение БВ у женщин. Перспективным методом быстрой и неразрушающей диагностики является спектроскопия комбинационного рассеяния (КР), позволяющая получать информацию о составе биологических веществ [1].

В данной работе проведен анализ Рамановских спектров вагинальных биоплёнок *Gardnerella vaginalis* при длине волны возбуждения 785 нм. Исследованы три типа образцов: контроль (биоплёнка без препарата), чистое действующее вещество — терконазол, а также контроль после воздействия на него терконазолом. Выполнена предобработка: вычитание фона стекла, SNV-нормализация и удаление флуоресцентного фона. Также выявлено уменьшение интенсивности Рамановских пиков с обнаружением новых. Метод КР-спектроскопии позволяет визуализировать компонентные