

УДК 579.61

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ МОРФОЛОГИИ БАКТЕРИЙ НА  
ОСНОВЕ АСМ-ДАНЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ К  
АНТИБИОТИКАМ**

**Банков А.А. (ИТМО), Жуков М.В. (ИАП РАН)**

**Научный руководитель – кандидат технических наук, м.н.с., Жуков М.В.  
(ИАП РАН)**

**Введение.** Под воздействием антибиотиков бактерии могут изменять свои биофизические свойства и биохимическое поведение. Для изучения биологических объектов широко используется метод атомно-силовой микроскопии (АСМ), поскольку он обладает высоким разрешением, позволяет исследовать рельеф, механические свойства и позволяет проводить измерения в различных физиологических условиях. АСМ помогает выявить изменения в морфологии и размере отдельных клеток ещё до того, как бактерии начнут размножаться [1]. Анализ изменений формы и адгезионных характеристик бактерий при воздействии антибиотиков дает возможность оценивать их чувствительность к препаратам. Однако, для повышения точности интерпретации данных необходимы эффективные алгоритмы обработки АСМ-изображений. Исследования показывают, что применение программных решений, таких как Gwyddion и Wolfram Mathematica, позволяет улучшить анализ параметров бактерий [2].

**Основная часть.** В качестве тестовых образцов использовались штаммы *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus fermentum*, обработанные антибиотиком "Левомецетин". Образцы сканировались в полуконтактном режиме на микроскопе NTEGRA Aura. Разработка алгоритма обработки АСМ-изображений включает несколько этапов: сегментацию бактерий, анализ изменений их формы и размеров, оценку адгезионных свойств клеточной мембраны. В процессе анализа в Gwyddion тестировались различные методы сегментации, обработка изображений и устранение артефактов. Оптимальным оказался метод водораздела при наличии большого количества мусорных частиц и артефактов, т.к. позволил четко выделить границы клеток и исключить посторонние объекты. При обработке чистых областей с бактериями оптимален метод порогового значения, так как он позволяет выделить бактерий с меньшим количеством шагов обработки. Wolfram Mathematica использовалась для выделения и автоматического подсчета геометрических параметров бактерий, при этом были обнаружены и устранены ограничения в учете бактерий, находящихся на границе изображения. Результаты анализа показали, что воздействие антибиотика приводит к значительным изменениям морфологических характеристик бактерий: длина клеток уменьшилась более чем на 50%, высота увеличилась, а сила адгезии снизилась. Эти данные хорошо согласуются с исследованиями морфологии бактерий, проведенными с помощью АСМ [3]. Это свидетельствует о правильном выборе метрик для обработки АСМ-изображений.

**Выводы.** Разработанный алгоритм обработки АСМ-данных позволил повысить точность интерпретации изменений морфологии бактерий под действием антибиотиков. Методика включает сегментацию изображений, анализ биофизических параметров и устранение артефактов. Внедрение предложенного алгоритма в диагностические практики может значительно ускорить определение устойчивости микроорганизмов и повысить достоверность результатов.

**Список использованных источников:**

1. Vasala A., Hytönen V. P., Laitinen O. H. Modern tools for rapid diagnostics of antimicrobial resistance //Frontiers in cellular and infection microbiology. – 2020. – Т. 10. – С. 308.
2. Soon R. L. et al. Effect of colistin exposure and growth phase on the surface properties of live *Acinetobacter baumannii* cells examined by atomic force microscopy //International journal of antimicrobial agents. – 2011. – Т. 38. – №. 6. – С. 493-501.
3. Ierardi V. et al. *Klebsiella pneumoniae* antibiotic resistance identified by atomic force microscopy //Journal of biosciences. – 2017. – Т. 42. – С. 623-636.