

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМ КОЛЛЕКТИВНОЙ МИГРАЦИИ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Красняков И.В., Брацун Д.А., Писмен Л.М.<sup>1</sup>

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия,  
614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева 11, +7 (342) 2-391-414,  
krasnyakov\_ivan@mail.ru, dmitribratsun@rambler.ru

<sup>1</sup>Технион – Израильский технологический институт, Израиль, 32000, Хайфа,  
pismen@technix.technion.ac.il

Недавние исследования рака показали, что опухоль – это не просто гомогенное накопление трансформированных деградировавших клеток. По-сути, опухоль – это своеобразный орган (или даже организм), клетки которого дифференцируются в зависимости от выполняемых ими задач, а вся система в целом функционирует, подчиняясь внутренней логике развития опухоли [1,2].

Предлагаемая математическая модель рассматривает карциному как гетерогенное образование, состоящее из клеток разных фенотипов, которые выполняют различные функции в опухоли. Ткань может развиваться посредством механизмов клеточного деления и интеркаляции. Фенотип каждой клетки определяется её окружением и может динамически изменяться вследствие эпителиально-мезенхимального и обратного к нему мезенхимально-эпителиального переходов [3]. При этом фенотип самой опухоли устанавливается в самом начале численного эксперимента и не меняется в ходе моделирования. Таким образом, в работе рассматриваются хорошо дифференцированные формы коллективной миграции карциномы молочной железы, которые в реальной медицинской практике встречаются достаточно редко, так как представляют собой чистые фенотипы рака молочной железы. Полученные в ходе моделирования структуры коллективной миграции сравниваются со структурами, ранее идентифицированными в клинических исследованиях (солидная, папиллярная, криброзная) [2]. Для каждого вида структуры изучена динамика клеточной популяции, а также приведена численная оценка их сложности и энтропии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26/174.2

### Литература

1. Egeblad M., Nakasone E.S., Werb Z. Tumors as organs: complex tissues that interface with the entire organism // *Dev. Cell*. 2010. – vol. 18, no. 6. – P. 884-901.
2. Sinn H.P., Kreipe H. A Brief Overview of the WHO Classification of Breast Tumors, 4th Edition, Focusing on Issues and Updates from the 3rd Edition // *Breast Care (Basel)*. 2013. – vol. 8, no. 2. – P. 149-54.
3. Красняков И.В., Брацун Д.А., Писмен Л.М. Математическое моделирование роста карциномы при динамическом изменении фенотипа клеток // *Компьютерные исследования и моделирование*. 2018. – т. 10, № 6. – С. 879-902.