

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМЕДЛЕНИЯ РОСТА НЕВАСКУЛЯРИЗИРОВАННОЙ, СОЛИДНОЙ ОПУХОЛИ. АНАЛИЗ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Диброва А.П., Колобов А.В.¹

МФТИ, 141700, город Долгопрудный, Институтский пер. 9, 8(985)7245463,
anna_dibrova@mail.ru

¹ Физический институт имени П. Н. Лебедева. РАН, 119991, город Москва, Ленинский проспект д.53, (499)1326978, kolobov@lpi.ru

В ближайшее время смертность от онкологических заболеваний в развитых странах догонит уровень смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Несмотря на существенное развитие экспериментальных методик, они не дают всеобъемлющей картины роста и прогрессии (развития) злокачественных новообразований. В этой связи за последнее время интерес к математическому моделированию развития опухоли существенно вырос.

В данной работе изучается математическая модель солидной (компактной) опухоли, растущей в нормальной ткани. Опухолевые клетки делятся с постоянной скоростью в случае избытка питательных веществ (глюкоза и кислород) и гибнут при их недостатке. Также мы учитываем, что клетки опухоли могут убивать нормальные клетки ткани. Для этого они выделяют специальные протеолитические ферменты, которые лизируют мембрану нормальных клеток. По мере роста опухоли количество питательных веществ, которое определяется диффузией, в центре уменьшается, в результате потребления внешними клетками, и центральным клеткам не хватает питательных веществ. Это приводит к тому, что клетки гибнут, формируя область мертвых клеток, которую называют некротическим ядром (центром). Уменьшение некротической области происходит за счет того, что мембраны мертвых клеток разрываются и возможен отток воды (уменьшение объема) через поверхность опухоли. Мы не учитываем собственную подвижность клеток опухоли, считая ее малой. Однако в ткани возникают конвективные потоки клеточных плотностей, за счет деления (увеличения объема) клеток опухоли в плотной несжимаемой среде (уравнение непрерывности). Данная модель решалась численно в одномерном линейном и сферически-симметричном случаях. Исследовались зависимость скорости увеличения размеров опухоли от различных параметров модели и режимы замедления и полной остановки ее роста.