

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ РОСТА ОБЪЁМА ОПУХОЛИ В ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ИММУННЫМ КОНТРОЛЕМ

Батова А.С., Бугай А.Н., Устинов Н.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Россия, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6, тел. +79622444009, batova@jinr.ru

Одной из ключевых задач математического моделирования опухолей является разработка математических моделей, способных не только качественно, но и количественно описывать динамику роста опухолей. Традиционно используемые модели, такие как экспоненциальная, логистическая или модель Гомперца, удобны для аппроксимации эксперимента, но не учитывают пространственную структуру опухоли, тогда как модели типа уравнения Фишера-Колмогорова-Петровского-Пискунова предполагают единственное устойчивое состояние, соответствующее полному заполнению пространства опухолевыми клетками, что ограничивает их применимость в задачах, связанных с прогнозированием результатов терапии.

В работе представлена пространственно-распределенная феноменологическая модель роста опухоли, учитывающая пролиферацию клеток, их пространственное распространение и контроль со стороны иммунной системы [1]. Принципиальной особенностью модели является наличие пороговой концентрации опухолевых клеток: если концентрация ниже порога, иммунная система способна полностью элиминировать опухоль; если выше — опухоль выходит из-под иммунного контроля и прогрессирует. Такое поведение качественно соответствует известным стадиям взаимодействия опухоли и иммунитета: элиминации, равновесия и ускользания [2].

Особое внимание в работе уделено применению модели к описанию экспериментов *in vivo*. Для этого разработан метод определения параметров модели на основе экспериментальных данных роста объема опухоли. Экспериментальная кинетика разделяется на раннюю экспоненциальную и последующую степенную фазы. С помощью метода наименьших квадратов из данных извлекаются численные значения показателей роста объема для каждой фазы. Полученные значения используются затем для восстановления параметров пространственно-распределенной модели, что позволяет количественно описать данные экспериментов.

Литература

1. Устинов Н.В., Батова А.С., Бугай А.Н. Математическое моделирование опухолевого роста *in vivo* при однократном и фракционированном облучении. // Материалы международной конференции «Актуальные проблемы радиационной биологии. Ускоренные заряженные частицы и нейтроны в радиобиологии. К 20-летию создания Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ, памяти Е.А. Красавина», Дубна: ОИЯИ, 2025. с. 148–150.
2. Schreiber R. D., Old L. J., Smyth M. J. Cancer immunoediting: integrating immunity's roles in cancer suppression and promotion // *Science* **331**, 6024, 2011, P. 1565-1570.