

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Краснякова Ивана Васильевича*  
**«Математическое моделирование роста инвазивной карциномы при динамическом изменении фенотипа клеток»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности *1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*

Диссертационная работа Краснякова И. В. посвящена моделированию роста инвазивной карциномы при динамическом изменении фенотипа. Работа является довольно актуальной так как задачи моделирования возникновения и роста злокачественных опухолей немаловажны для биологии и медицины.

Основная научная значимость диссертации заключается в разработке математической модели гетерогенной карциномы позволяющей проследить динамику развития опухоли от её зарождения до появления метастазирования. Это позволяет воспроизводить при имитационном моделировании скрытую от врача динамику карциномы, которая включает процессы формирования морфологических структур опухоли, а также индивидуальные или коллективные формы миграции раковых клеток. Кроме этого, стоит отметить, что предложенная модель включает в себя динамическое изменение фенотипа раковых клеток, который определяется локальными свойствами клеточной среды и влияет на глобальное структурообразование при канцерогенезе.

Практическая полезность и значимость работы заключается в том, что разработанная математическая модель позволяет проследить динамику развития опухоли. Для этого впервые предлагается использовать меры энтропии и сложности морфологических форм опухоли, оценка которых может быть организована с помощью шпатель-преобразования. Более того, в работе показано, что данные спектров этих величин могут быть использованы для автоматической классификации опухолей с помощью систем искусственного интеллекта. Таким образом, предложенный алгоритм классификации структур инвазивной карциномы в перспективе может быть использован онкологами-клиницистами при анализе цифровых изображений гистологических срезов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов по злокачественному структурообразованию, полученных при численных экспериментах, обеспечивается удовлетворительным качественным соответствием с морфологическими формами, наблюдаемыми при клинических исследованиях.

Основные результаты диссертации опубликованы в 25 научных работах, среди них 1 свидетельство о регистрации программного комплекса, 7 статей опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК и в изданиях, входящих в базу цитирования Web of Science и / или Scopus, 17 статей в сборниках научных трудов и материалов конференций.

По содержанию автореферата можно сделать следующее замечание:

1. Раковая клетка как организм...не слишком сильное заявление с биологической или медицинской точки зрения?

## 2. Энтропия в духе Шеннона, предполагает модификацию формулы?

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Выводы, положения и заключения, представленные в автореферате, в необходимой степени обоснованы. Содержание автореферата соответствует представленной специальности.

В целом, по достигнутым научным и практическим результатам, уровню их апробации, степени обоснованности, достоверности и новизны считаю, что диссертационная работа Краснякова И.В. «Математическое моделирование роста инвазивной карциномы при динамическом изменении фенотипа клеток» соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Красняков Иван Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доцент кафедры общей физики  
ФГАОУ ВО «Пермский государственный  
национальный исследовательский университет»,  
кандидат физико-математических наук К.А. Рыбкин

31 октября 2022 г.

Я, Рыбкин Константин Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Рыбкин Константин Анатольевич, кандидат физико-математических наук (специальность 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы), доцент кафедры общей физики ПГНИУ, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», кафедра общей физики,

E-mail: k.rybkin@gmail.com.

Подпись Рыбкина Константина Анатольевича; удостоверяю:

С  
А

