

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.011.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНСТИТУТ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Дата защиты 20 апреля 2016 г. протокол № 8

О присуждении Зубаировой Ульяне Станиславовне

ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Компьютерное моделирование морфодинамики в меристемах растений с учётом морфогенетической регуляции и биомеханических свойств клеток» по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика принята к защите 19.02.2016, протокол № 5, диссертационным советом Д 003.011.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», (630090, Новосибирск, пр.ак.Лаврентьева, 10). Диссертационный совет Д 003.011.01 утвержден ВАК 15.01.2010, приказ ВАК № 1-7 и переутвержден Министерством образования и науки РФ 11.04.2012 года, приказ № 105/нк.

Соискатель: Зубаирова Ульяна Станиславовна, 1985 года рождения. В 2008 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск.

С 01.10.2008 г. по 22.10.2014 г. Зубаирова У.С. обучалась в очной аспирантуре ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории биоинформатики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории биоинформатики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель: **Николаев Сергей Васильевич** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории эволюционной биоинформатики и теоретической генетики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск.

Официальные оппоненты:

- 1) **Чуб Владимир Викторович** – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физиологии растений Биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», г. Москва
- 2) **Омельянчук Леонид Владимирович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией клеточного цикла Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт молекулярной и клеточной биологии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург. В своем положительном заключении, подписанном профессором кафедры Прикладная математика и заведующей лабораторией Математическая биология и биоинформатика Института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», д.б.н. Самсоновой М.Г. и утвержденном и.о. проректора по научной работе ФГАОУ ВО «СпбГПУ» О.С. Ипатовым, указано, что «диссертационная работа У.С. Зубаировой «Компьютерное моделирование морфодинамики в меристемах растений с учётом морфогенетической регуляции и биомеханических свойств клеток», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика, является законченным научным исследованием, посвященным исследованию методами компьютерного моделирования влияния морфогенетической регуляции и биомеханики клеток на рост и морфодинамику меристематических тканей растений, растущих в одном направлении. В работе получены новые результаты, важные для понимания механизмов роста и формообразования растительных тканей, а также для планирования экспериментов для изучения молекулярно-генетической системы регуляции этих процессов. Диссертационная работа выполнена на высоком теоретическом уровне, является законченным, актуальным и достоверным исследованием. Полученные результаты, а также выводы и рекомендации, сформулированные автором, имеют большое значение для науки и практики. Все это позволяет заключить, что по актуальности проблемы, методическому уровню, объему представленного материала и научной новизне полученных результатов исследование У.С. Зубаировой отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства

Российской Федерации. N 842 от 24.09.2013г, предъявляемым к диссертациям, выдвигаемым на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика. Отзыв заслушан и утверждён на заседании лаборатории Математическая биология и биоинформатика Института прикладной математики и механики Санкт-Петербургского политехнического университета, протокол № 10 от 30.03.2016».

Соискатель имеет 22 опубликованных работы по теме диссертации, общим объемом 107 страниц, в том числе 8 статей, опубликованных в научных рецензируемых изданиях и 1 глава в монографии, 1 глава в учебном пособии и 12 тезисов в материалах всероссийских и международных конференций.

Наиболее значительные статьи по теме диссертации:

1. Николаев С.В., **Зубаирова У.С.**, Фадеев С.И., Мйолснесс Э., Колчанов Н.А. (2010) Исследование одномерной модели регуляции размеров возобновительной зоны в биологической ткани с учётом деления клеток // *Сибирский журнал индустриальной математики*, том 13, № 4 (44) С. 70-82.
2. Николаев С.В., **Зубаирова У.С.**, Пененко А. В., Мелснесс Э. Д. (E. D. Mjolsness), Шапиро Б. Е. (B. E. Shapiro), Колчанов Н. А. (2013) Модель регуляции структуры ниши стволовых клеток в апикальной меристеме побега *Arabidopsis thaliana* // *Доклады Академии Наук*, том 452, № 3, С. 336–338.
3. **Зубаирова У.С.**, Голушко С.К., Пененко А.В., Николаев С.В. (2014) L-система для моделирования плоских одномерно растущих растительных тканей // *Вавиловский журнал генетики и селекции*, том 18, № 4/2, С. 945-952.

4. **Zubairova U.**, Golushko S., Penenko A., Nikolaev S. (2015) A computational model of the effect of symplastic growth on cell mechanics in a linear leaf blade // *Journal of Bioinformatics and Computational Biology*. Vol. 13, No. 1 P.1540005 (15 pages). **IF 0.931**.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все положительные. Отзывы прислали:

1. Миронова В.В. – к.б.н., заведующая сектором системной биологии морфогенеза растений, «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН» (г. Новосибирск). Замечания: «... не до конца продумана формулировка цели работы и положения, выносимого на защиту №2. Уточнение об однонаправленном росте меристематической ткани в цели работы кажется излишним и не совсем понятным. Строгое исполнение этого условия не наблюдается ни в одной меристеме растений, на мой взгляд лучше было бы перечислить какие именно меристемы (побега, листа однодольного растения) исследуются. Положение №2 содержит сленговое выражение «автономная пролиферация клеток», что затрудняет понимание его смысла; не понятно также, что стоит за формулировкой «биологически значимая вариабельность». В автореферате осталось недостаточно аргументированным исследование механизма латерального ингибирования при закладке трихом в листе однодольного. Механизм латерального ингибирования в этом процессе был предложен давно, поэтому от читателей может ускользнуть новизна работы, которая, по-видимому, заключается в том, что процесс был недостаточно изучен у однодольных».
2. Ратушняк А.С. – д.б.н., заведующий лабораторией биомедицинской информатики Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН (г. Новосибирск).

3. Пененко В.В. – д.ф.-м.н., заведующий лабораторией математического моделирования гидродинамических процессов в природной среде Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН СО РАН (г. Новосибирск).
4. Пшеничникова Т.А. – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник сектора генетики качества зерна, «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН» (г. Новосибирск).
5. Перцев Н.В. – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Омского филиала института математики имени С.Л. Соболева СО РАН (г. Омск).
Замечание: «термин «вероятность разрушения пространственной структуры» не очень понятен из текста; возможно, следовало бы оценивать «время до разрушения пространственной структуры...»; отсутствуют ссылки на результаты тестирования разработанного программного комплекса; это в некоторой мере снижает достоверность приведённых результатов вычислений».
6. Голушко С.К. – д.ф.-м.н., заведующий лабораторией анализа и оптимизации нелинейных систем Института вычислительных технологий СО РАН (г. Новосибирск).
7. Белоусов Л.В. – д.б.н., профессор кафедры эмбриологии Московского государственного университета (г. Москва).
8. Бандман О.Л. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (г. Новосибирск). Замечание: «замечание рекомендательного характера: главный результат диссертации, сформулированный как «Разработан пакет программ...» предполагает, что в тексте (не только диссертации, но и реферата) должны быть приведены технические реализационные характеристики пакета, а именно: на каком компьютере выполнялась реализация (производительность, память), проблемы использования системы Mathematica, время реализации программ».

9. Краснобаева Л.А. – к.ф.-м.н., доцент кафедры физики с курсом высшей математики ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Томск).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в области математической биологии, имеют публикации в ведущих биологических журналах и дали свое письменное согласие быть оппонентами. Ведущая организация является одним из ведущих Институтів в нашей стране по созданию математических моделей в биологии и биоинформатике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **разработаны** компьютерные модели пространственно распределённой молекулярно-генетической регуляции морфодинамики растительных тканей, учитывающие биомеханические свойства клеток и позволяющие изучать закономерности процессов формообразования органов растений, для которых характерен однонаправленный рост. **Предложена гипотеза** о роли латерального ингибирования в формировании пространственного распределения клеток-трихом в продольном ряду клеток листа пшеницы в процессе роста.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что впервые **изучена** устойчивость пространственной структуры ниши стволовых клеток в апикальной меристеме растущего побега арабидопсиса к возмущениям, вызываемым ростом и делением клеток. **Показано**, что стабильность структуры зависит от соотношения характерного времени распространения морфогенов по клеткам центральной зоны ниши стволовых клеток и средней продолжительности клеточного цикла.

Изучены закономерности однонаправленного симпластного роста эпидермиса линейной листовой пластинки в рамках представления о клетке

как об осмотической ячейке в полупроницаемой упруго-пластической оболочке. **Показано**, что динамика механических параметров клеток в условиях симпластного роста ткани существенно отличается от таковой для свободно растущих клеток и характеризуется биологически значимой вариабельностью механического напряжения и осмотического давления в клетках.

Изучены закономерности пространственного распределения клеток-трихом на листе пшеницы. **Показано**, что характерные экспериментально наблюдаемые паттерны распределения клеток-трихом в продольном ряду могут быть получены в рамках гипотезы, описывающей механизм «латерального ингибирования» при определённых размерах зоны роста листа и кинетике деления клеток.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработана методика моделирования и **создан** пакет программ «Морфодинамика растительной ткани», которые могут быть использованы для построения компьютерных моделей роста различных тканей и органов растений и изучения закономерностей их формообразования.

Созданы три оригинальные компьютерные модели: 1) регуляции структуры ниши стволовых клеток в апикальной меристеме побега с учётом роста и деления клеток, 2) однонаправленного роста эпидермиса линейного листа с учётом биомеханических свойств клеток и 3) формирования пространственного паттерна клеток-трихом на листе пшеницы, которые могут быть использованы для проведения *in silico* экспериментов и последующего планирования экспериментальных исследований по изучению динамики осмотических и тургорных давлений в клетках, а также молекулярно-генетических особенностей регуляции опушения листа у разных сортов пшеницы в связи с особенностями их произрастания в различных эколого-физиологических условиях. Дальнейшее развитие этих

моделей позволит применять их для решения задач по гено- и биоинженерии растений с целью их оптимизации для биотехнологических целей.

Результаты диссертационной работы представляют интерес для научно-исследовательских организаций биологического и сельскохозяйственного профиля, занимающихся проблемами биологии и биомеханики развития растений, биофизических аспектов их стрессоустойчивости, генетики, физиологии и селекции злаковых растений; результаты также могут быть использованы в образовательном процессе при чтении лекций по математическому моделированию для студентов естественнонаучных и физико-математических специальностей университетов.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы как разработанные автором методика и пакет программ для моделирования морфодинамики растительной ткани, основанные на авторской модификации формализма дифференциальных L-систем («склеенные» L-системы), так и описанные в литературе современные методы моделирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила высокую воспроизводимость полученных данных и хорошее соответствие результатов вычислительных экспериментов с опубликованными экспериментальными данными. Интерпретация полученных результатов учитывает данные, полученные ранее другими исследователями по рассматриваемой тематике.

Личный вклад автора заключается в создании функций пакета «Морфодинамика растительной ткани» в системе *Mathematica* и его применении для построения моделей, подбора параметров, обработки изображений и получения данных для верификации и проведения вычислительных экспериментов, а также в анализе, обобщении и интерпретации полученных результатов, их апробации на различных конференциях и семинарах и написании публикаций по теме диссертационной работы.

Полученные соискателем научные данные соответствуют п.1 «Математическое и компьютерное моделирование живых систем: субклеточных структур, клеток, органов, систем органов, организмов, популяций, биоценозов» паспорта специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Зубаировой У.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, абзац 2, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 20 апреля 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Зубаировой Ульяне Станиславовне учёную степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 7 докторов наук по специальности, участвующих в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 23, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета,
академик РАН



В.К. Шумный

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Т.М. Хлебодарова

20.04.2016 г.