

Заключение диссертационного совета МГУ.01.01 по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 21 марта 2019 г. №\_2\_ о присуждении Косу Павлу Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация "Структура компактных конформаций линейных полимерных цепей" по специальности 02.00.06 "Высокомолекулярные соединения" принята к защите диссертационным советом МГУ.01.01, протокол № 11 от 13 декабря 2018г.

Соискатель Кос Павел Игоревич, 1991 года рождения, в 2014 году окончил физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова". В 2018 году Кос П.И. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" по кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета.

Соискатель работает инженером на физическом факультете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова".

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Чертович Александр Викторович, ведущий научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова".

Официальные оппоненты:

1. Рабинович Александр Львович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории экологической биохимии Института биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия,
2. Полоцкий Алексей Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории № 7 Теории и моделирования полимерных систем Института высокомолекулярных соединений РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,

3. Стукан Михаил Реональдович, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, руководитель проектов Московского научно-исследовательского центра Шлюмберже, г. Москва, Россия, дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 35 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 02.00.06 "высокомолекулярные соединения" по физико-математическим наукам. Все статьи индексируются в базах Scopus, Web of science, RSCI.

Перечень основных публикаций.

1. A. Chertovich и P. Kos, «Crumpled globule formation during collapse of a long flexible and semiflexible polymer in poor solvent», *The Journal of Chemical physics*, т. 141, № 13, с. 134 903 (1 – 7), 2014.
2. S. V. Ulianov, E. E. Khrameeva, A. A. Gavrilov, I. M. Flyamer, P. Kos, E. A. Mikhaleva, A. A. Penin, M. D. Logacheva, M. V. Imakaev, A. Chertovich, M. S. Gelfand, Y. Y. Shevelyov и S. V. Razin, «Active chromatin and transcription play a key role in chromosome partitioning into topologically associating domains», *Genome research*, т. 26, № 1, с. 70—84, 2016.
3. A. A. Gavrilov, Y. Y. Shevelyov, S. V. Ulianov, E. E. Khrameeva, P. Kos, A. Chertovich и S. V. Razin, «Unraveling the mechanisms of chromatin fibril packaging», *Nucleus*, т. 7, № 3, с. 319—324, 2016.
4. С. Разин, А. Гаврилов, П. Кос и С. Ульянов, «Самоорганизация хроматиновой фибриллы в топологически-ассоциированные домены», *Биоорганическая химия*, т. 43, № 2, с. 115—123, 2017. На автореферат поступило 2 отзыва, оба положительные, с замечаниями.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в области физики высокомолекулярных соединений, наличием специальных знаний в сфере моделирования полимерных систем и наличием публикаций на соответствующие темы.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании совокупности выполненных автором исследований получены научные результаты и решены научные задачи, имеющие значение для понимания общих явлений и закономерностей, относящихся к физике высокомолекулярных соединений. К таким задачам относятся коллапс линейной полимерной цепи, структура

поликристаллического материала, а также пространственная организации хроматина в ядре клетки.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку.

1. Показано, что структура фрактальной глобулы не может быть получена при коллапсе полимерной цепи в плохом растворителе на масштабе длины субцепи меньше длины зацеплений  $s \leq N_e$ . Однако на масштабе длины субцепи больше длины зацеплений  $s > N_e$  складчатая структура некоторое время сохраняется, а степенной показатель  $\gamma$  в зависимости расстояния между концами субцепи от её контурной длины  $R(s) \sim s^\gamma$  принимает значения в интервале  $0 < \gamma < 1/3$ .

2. Доказано, что при коллапсе одиночной жесткоцепной макромолекулы её конформация является стержнеобразной на масштабе длины субцепи меньше размера глобулы  $s < N^{1/3}$  и складчатой на масштабе длины субцепи больше размера глобулы  $s > N^{1/3}$ .

3. Обнаружено, что в ходе кристаллизации концентрированного раствора многих полимерных цепей формируется поликристаллический материал, где каждый кристаллит состоит из нескольких цепей, а одна цепь может входить в несколько кристаллитов.

4. Показано, что процесс кристаллизации состоит из двух стадий: рост количества кристаллических зародышей и последующее их слияния с вовлечением соседних аморфных участков. Существует оптимальная концентрация полимера ( $\approx 90\%$ ) для получения наиболее крупных кристаллитов. При этой концентрации соблюдается баланс между плотностью сетки зацеплений и наличием достаточного количества полимерного материала в окружающем объеме.

5. Доказано, что структура компактной конформации, формируемая мультиметаксополимером с насыщающимися взаимодействиями, позволяет описать пространственную организацию хроматина. Ключевую роль в упаковке играет разделение хроматина на активный и неактивный. Неактивный хроматин организован в топологически ассоциированные домены, а активный хроматин находится на поверхности доменов или между ними.

На заседании 21 марта 2019г. диссертационный совет принял решение присудить Косу П.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 02.00.06 "Высокомолекулярные

соединения", участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя диссертационного совета МГУ.01.01  
профессор

А.С. Илюшин

Ученый секретарь диссертационного совета МГУ.01.01  
кандидат физико-математических наук

Т.В. Лаптинская

Дата оформления заключения

25 марта 2019г.

Подписи профессора А.С. Илюшина и доцента Т.В. Лаптинской заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета  
физического факультета МГУ  
профессор

В.А. Карavaев