

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Костарев К.В., Брацун Д.А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия,
614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева, д. 11, Тел.: +7 (342) 2-391-283,
KVKostarev@pstu.ru

Коллективное поведение позволяет живым существам успешно решать разнообразные задачи: защита от опасностей, эффективное использование доступных ресурсов и приспособление к изменениям окружающей среды. Известным примером механизмов коллективного поведения является биоконвекция, которая наблюдается в растворах с анаэробными бактериями. Инстинктивное движение бактерий по градиенту кислорода приводит среду к фазовому переходу второго рода, запуская макроскопическое упорядоченное движение элементов среды. Биоконвекция встречается не только у бактерий. В данной работе исследуется адаптационное поведение императорских пингвинов (лат. *Aptenodytes forsteri*) во период зимовки в Антарктиде. Экспериментальные наблюдения авторов [1] показывают, что критически низкие температуры и шквальный ветер побуждают сотни особей собираться в плотные группы, внутри которых устанавливается комфортная температура. Когда пингвины формируют плотные группы, внутри них возникает циркуляция птиц от края толпы к её центру и обратно.

Мы предлагаем математическую модель данного явления, которая опирается на гипотезу о том, что эффективная подъемная сила в стае генерируется градиентом температуры. Особи представлены в виде совокупности дискретных тел, взаимодействующих друг с другом в соответствии с эффективным потенциалом, вид которого зависит как от физических эффектов, так и от социо-физических процессов в стае. Модель с индивидуальной динамикой элементов может воспроизвести большинство наблюдаемых явлений в стаях императорских пингвинов. Например, продемонстрирован фазовый переход к вихревому движению при понижении температуры внешней среды. Поведение пингвинов сходно с явлениями в гранулированной среде, в которой также могут сосуществовать разные агрегатные состояния. В среду внедряется контролируемый агент, который способен выступать в качестве катализатора или ингибитора процесса самоорганизации. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (грант № FSNM-2023-0003).

Литература

1. Richter S., Gerum R., Winterl A., Houstin A., Seifert M., Peschel J., Fabry B., Le Bohec C., Zitterbart D. P. Phase transitions in huddling emperor penguins // *J. Phys. D Appl. Phys.* 2018. Vol. 51. No. 21. 214002.