

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ – АГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ

Фурсова П.В., Ризниченко Г.Ю., Погосян С.И.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

В ряде северных морей, например, в Карском море, под влиянием географических особенностей складываются специфические условия обитания фитопланктона: в верхнем слое для микроорганизмов доступен солнечный свет, а в нижнем – необходимые элементы минерального питания. Полученные во время рейсов 2016-2021 гг исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» данные по изучению фотосинтетических характеристик микроводорослей указывают на сложную пространственно-временную динамику популяции фитопланктона. Так, исследование проб флуоресцентными методами показывает, что среди клеток фитопланктона из верхнего слоя присутствуют организмы, адаптированные к темноте, и, наоборот, часть клеток, поднятых с глубины, демонстрируют адаптированность к свету. что свидетельствует об интенсивных вертикальных перемещениях микроводорослей.

Для изучения и анализа динамики возможных механизмов установления подобного распределения популяции фитопланктона создается агентная модель в среде NetLogo. Среда обитания представляет собой двумерную целочисленную решетку, разделенную на 2 слоя. Каждая ячейка решетки характеризуется двумя величинами: интенсивностью света и содержанием питательных веществ. В верхнем слое содержание питательных веществ принимается равным нулю, интенсивность света падает по вертикали в соответствии с экспоненциальным законом. В нижнем слое освещенность отсутствует, питательные вещества распределены равномерно. Популяция клеток водоросли разбита на 2 субпопуляции – клетки, находящиеся в верхнем слое среды и нижнем. Состояние каждого агента описывается двумя характеристиками, ограниченными сверху: удельной массой и внутриклеточным содержанием минеральных веществ. Кроме того, агенту присваивается особая характеристика «адаптация к свету/темноте», определяющая эффективность работы фотосинтетического аппарата клетки. Для каждой клетки прописываются возможные действия и правила перехода из одной субпопуляции в другую.

Модель демонстрирует качественное согласие с экспериментальными данными. Можно наблюдать различные соотношения клеток в водных слоях – преимущественное расположение популяции в верхнем или нижнем слое, а также распределение численности клеток с двумя максимумами. Со временем в каждой субпопуляции устанавливается некоторый уровень доли «иначе» адаптированных клеток.

В дальнейшем в описании клетки-агента будет учитываться ее физиологическое состояние (молодая клетка после деления, клетка в процессе адаптации к новым условиям среды, адаптированная клетка). В соответствии с этим будут уточнены и параметризованы функциональные зависимости для каждого процесса модели. Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500060-0.