

ПОПУЛЯРНОЕ РЕЗЮМЕ К СТАТЬЕ В.И.ГРАБОВСКОГО "МОДЕЛЬ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА РЕСУРСА: ВЕДЬМИНЫ КРУГИ В НАМИБИИ".

Грабовский В.И.

ЦЭПЛ РАН, Москва

Около 40 лет ведутся дискуссии о механизмах образования удивительного ландшафта - ведьминых кругов (ВК), десятки тысяч которых покрывают засушливые равнины Намибии, тянущиеся вдоль побережья от Анголы до Южной Африки. Среди многих гипотез об их происхождении наиболее обоснованы две: насекомые и самоорганизация. Согласно первой из них, насекомые (главным образом, термиты) создают благоприятный для себя микроклимат, препятствуя росту растений в окрестности гнезда, исключая тем самым транспирацию и сохраняя почвенную влагу; согласно второй - растительность проявляет способность к самоорганизации в условиях дефицита влаги и проявляет общие свойства реакции Тьюринга - образует пространственные структуры. В этом случае ВК являются частным случаем самоорганизации пространственных структур в условиях дефицита ресурса. Широко известны другие варианты распределения растительности в условиях дефицита влаги. Это различные полосы растительности, перемежающиеся открытыми участками. На западе и востоке Африки их называют тигровым кустарником (tiger bush), в Чихуахуанской пустыне в Мексике - "моготом" (mogote), в пустынях Австралии - "мулга" (mulga). Именно такие и подобные им структуры возникают в моделях растительного покрова в аналитических моделях самоорганизации. Однако, некоторые существенные его свойства, например, динамика, остаются за кадром моделей самоорганизации. Так, ВК в Намибии внезапно появляются (рождаются), существуют длительное время, оставаясь практически неизменными, и так же неожиданно, как появляются - исчезают. До сих пор ВК в массе были известны только в Намибии, где обитают определенные виды песчаных термитов, активность которых некоторые исследователи связывают с возникновением ВК. По мнению сторонников "термитной" гипотезы, если ВК являются результатом общих свойств диссипативных систем, то должны быть распространены гораздо шире одного региона (Намибии). Эти несоответствия предсказания моделей и реальности служат основой для критики моделей самоорганизации.

В работе предложена простая клеточно-автоматическая модель растительного покрова в условиях дефицита ресурса, которая в едином параметрическом поле воспроизводит не только пространственные паттерны растительности, но и их характерную динамику: возникновение, развитие, стагис и исчезновение. В модели, на основе простых локальных правил взаимодействия агентов реализуется пригожинский принцип усиления флуктуаций. Локальные случайные флуктуации обилия дефицитного ресурса развиваются в макроструктуры: различные паттерны распределения растительного покрова. В модели рассмотрены два ключевых параметра: скорость метаболизма растений и величина притока дефицитного ресурса (воды). Агенты (условно, "растения") равномерно распределяются в узлах ортогональной решетки, каждый из которых может быть либо занят агентом (быть "живым"), либо быть свободным ("мертвым"). На каждом такте времени все узлы решетки снабжаются равным (с небольшими случайными вариациями) количеством ресурса, который потребляется агентами и используется для роста. При этом агенты продолжают расти (остаются "живыми") если, и только если суммарный ресурс, включающий биомассу "живых" соседей, в некотором фиксированном радиусе превышает пороговую величину (порог выживания). В противном случае агент погибает, отдавая свою биомассу локальному

окружению. Рождение нового агента происходит в том случае, если в пустом узле сумма локального ресурса превысит порог выживания. В этом случае наиболее массивный агент в локальном окружении "прорастает" в пустой узел, поровну разделяя с ним свою биомассу.

Оказалось, что в окне допустимых сочетаний параметров величины притока ресурса и скорости метаболизма, 42% площади занимают режимы, продуцирующие сплошной растительный покров, 16% - ВК, 24% - полосы растительности, перемежающиеся открытым грунтом, 6% - островки растительности и 12% - полностью лишенный растительности грунт. Более того, ВК демонстрировали характерный "жизненный цикл" - рождение, созревание, зрелость и гибель (зарастание). Этот результат снимает одно из ключевых возражений противников гипотезы самоорганизации как причины существования ВК.

Вторым "ударом" для оппонентов было недавнее обнаружение ВК в Западной Австралии (Getzin et al., 2016). Таким образом, в давнем противоборстве двух направлений в объяснении ВК и других "странных" распределений растительности побеждает гипотеза самоорганизации растительного покрова.