

Для исследования изменения оптических свойств в ИК-диапазоне кристаллов системы  $\text{KN}_{2x}\text{D}_{2(x-1)}\text{PO}_4$  при изотопическом замещении водорода дейтерием применялся новый метод спектроскопии — спектроскопия спонтанного параметрического рассеяния (СПР) света. Этот метод позволяет исследовать оптические свойства кристаллов в широком частотном диапазоне, в частности в области фундаментальных колебаний кристаллической решетки, а также исследовать динамику решетки.

В работе были получены частотно-угловые спектры СПР кристаллов  $\text{KN}_{2x}\text{D}_{2(x-1)}\text{PO}_4$ , степень дейтерирования которых изменялась от  $x=0$  до  $x=0,98$ . На основе этих спектров была измерена дисперсия обыкновенного показателя преломления  $n(\nu)$  в диапазоне частот  $2000\text{—}4000\text{ см}^{-1}$ , а также зависимость показателя преломления от концентрации дейтерия. Измерена дисперсия  $\frac{dn(\nu)}{dx}$  на частоте  $4100\text{ см}^{-1}$ , которая равна  $0,4 \times 10^{-1}$  и на частоте  $3250\text{ см}^{-1}$  —  $0,7 \times 10^{-1}$ , т. е. растет при приближении к частоте водородного колебания.

Исследования фонованого спектра показали изменения сил осцилляторов и перераспределение интенсивностей линий колебаний решетки в диапазоне  $1200\text{—}2000\text{ см}^{-1}$  при изменении степени дейтерирования, а также влияние колебаний ОН и ОД-связей на колебания других молекул элементарной ячейки кристалла.

Кафедра  
квантовой радиофизики

Поступила в редакцию  
24.05.78

УДК 577.3.001.57

**В. Е. ТОПНИКОВ**

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С КРУГОВОРОТОМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Теоретически исследуется экологическая система, состоящая из одного вида фотосинтезирующих растений — фитопланктона  $\Phi$  и одного вида бактерий  $B$ . В отличие от работы [1] рассматриваемый круговорот азота и фосфора разомкнут. Фитопланктон употребляет в пищу неорганические вещества  $M_N$  и  $M_P$ , находящиеся в экосистеме, а бактерии питаются органическими соединениями — детритом  $D_N$  и  $D_P$ , образующимся в результате жизнедеятельности живых организмов. Такая экологическая система описывается шестью нелинейными дифференциальными уравнениями первого порядка, которые определяют кинетику каждой из переменных  $B$ ,  $\Phi$ ,  $D_N$ ,  $D_P$ ,  $M_N$ ,  $M_P$ .

В соответствии с принципом Либиха в стационарном состоянии лимитирующим будет тот элемент, доступные количества которого наиболее близки к необходимому минимуму [2]. Как показано в работе [3], рост биомассы по лимитирующему элементу можно задавать с помощью введения функций

$$\psi(D_N, D_P) = \min \left\{ \frac{D_N}{K_1 + D_N}, \frac{D_P}{K_2 + D_P} \right\},$$

$$\varphi(M_N, M_p) = \min \left\{ \frac{M_N}{K_{10} + M_N}, \frac{M_p}{K_{20} + M_p} \right\},$$

где  $K_1, K_2, K_{10}, K_{20}$  — константы насыщения Михаэлиса.

Для положительности стационарного состояния необходимо, чтобы удельные скорости роста биомасс фитопланктона и бактерий превосходили скорости убыли биомасс, связанные со смертностью и прижизненными выделениями.

Также отношение содержания фосфора к азоту в бактериях должно быть больше, чем в фитопланктоне.

В результате исследования на устойчивость стационарного состояния получено

$$\gamma > \frac{1}{3}(\gamma_0 + 2),$$

где  $\gamma$  и  $\gamma_0$  указывают, какая часть продуктов жизнедеятельности приходится на детрит.

Биомассы фитопланктона и бактерий зависят от скоростей потока тех элементов, по которым осуществляется лимитирование.

Известно, что вблизи поверхности океанов водоросли вытесняют бактерии. Введя в рассмотрение круговорот кислорода и исследуя на устойчивость стационарное состояние, когда бактерий нет, найдено условие вытеснения бактерий. Бактерии вытесняются при малых выделениях продуктов жизнедеятельности водорослей, быстром автолизе детрита и, следовательно, большом потреблении кислорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полякова М. С. «Журн. общей биологии», 1979, 40, 4 (в печати).
2. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975.
3. Алексеев В. В. Динамические модели водных биогеоценозов. Вып. 1. — «Человек и биосфера». М., 1975.

Кафедра  
общей физики и волновых процессов

Поступила в редакцию  
17.05.79