

## Восстание нанороботов

В своей книге «Машины создания: Грядущая эра нанотехнологии» К.Э. Дрекслер – американский физик и теоретик молекулярной нанотехнологии – описывает гипотетическую ситуацию неограниченного размножения самовоспроизводящихся нанороботов и последующий за этим «конец света». Согласно этому сценарию нанороботы, которые запрограммированы на непрерывное создание собственной копии из окружающего биологического материала через каждые 1000 секунд, выходят из под контроля и поглощают всю доступную биомассу Земли. Оценить минимальное время (в часах) наступления «конца света» в случае реализации такого апокалиптического сценария (**3 балла**). На сколько километров от исходной точки смогут распространиться нанороботы за первые сутки от начала «восстания»? (**5 баллов**). Масса каждого наноробота равна  $m_0 = 1 \cdot 10^{-25}$  кг. Биомассу Земли принять равномерно распределенной по поверхности и равной  $M = 2 \cdot 10^{15}$  кг. В расчетах Землю считать шаром с радиусом  $R = 6371$  км.

### Решение:

«Размножение» нанороботов прекратится в тот момент, когда вся биомасса будет «переработана», что и будет означать наступление «конца света». Если предположить, что скорость распространения нанороботов ничем не ограничена (что будет соответствовать минимальному времени их распространения), то для вычисления искомого времени достаточно определить их количество в момент наступления «конца света», как отношение всей биомассы Земли к массе одного робота. Следовательно, к этому моменту будет произведено  $N = M/m_0 = 2 \cdot 10^{40}$  нанороботов. Учитывая, что за время  $t$  секунд количество самовоспроизведенных нанороботов равно  $n = 2^{t/1000}$ , искомое время  $\tau$  можно найти из равенства:  $N = 2^{\tau/1000}$ , откуда:  $\tau = 1000 \cdot \log_2 N \approx 133877$  сек  $\approx 37$  часов.

Для ответа на второй вопрос будем считать, что нанороботы распространяются одинаково по всем направлениям, «замещая» собою окружающую биомассу. Таким образом, их поверхностная плотность должна оставаться постоянной в любой момент времени и равной плотности распределения биомассы по поверхности Земли  $M/S_3 = M/4\pi R^2 \approx 3,921$  кг/м<sup>2</sup>. Пусть  $L$  – расстояние (длина дуги окружности), пройденное нанороботами по поверхности Земли (вдоль какого-либо направления) к данному моменту времени. Тогда площадь поверхности шарового сегмента, занятого нанороботами к этому времени:  $S_{\text{шар.сегм.}} = 2\pi R h = 2\pi R^2 (1 - \cos \alpha)$ , где  $\alpha$  – угол, соответствующий дуге  $L$ :  $\alpha = L/R$ . Учитывая, что масса самовоспроизведенных нанороботов равна  $m_0 n$ , для их поверхностной плотности получаем формулу:

$$\rho_{\text{пов}} = m_0 n / S_{\text{шар.сегм.}} = m_0 \cdot 2^{t/1000} / 2\pi R^2 (1 - \cos (L/R))$$

Тогда из равенства  $\rho_{\text{пов}} = M/4\pi R^2$  получаем:

$$m_0 \cdot 2^{t/1000} = M/2 (1 - \cos (L/R)),$$

откуда:  $L = R \arccos (1 - (2/M) m_0 \cdot 2^{t/1000})$ .

Подставляя в это выражение  $t = 86400$  сек, получаем, что за первые сутки роботы распространятся на расстояние:

$$L \approx 9 \cdot 10^{-4} \text{ км.}$$

Т.к. полученное значение оказалось достаточно малым, то в расчетах можно было пренебречь кривизной поверхности Земли и считать, что через сутки после восстания нанороботы будут занимать круг площадью  $\pi L^2$ , причем их масса будет равна  $m = m_0 \cdot 2^{86400/1000} \approx 10,2$  кг, что, учитывая найденную выше поверхностную плотность, дает следующую формулу для нахождения пройденного расстояния:  $L = 2R ((m_0 \cdot 2^{86400/1000})/M)^{1/2} \approx 9 \cdot 10^{-4}$  км.