

УДК 577.3

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ШУМА НА АДСОРБЦИЮ ЛИГАНДОВ НА ДНК

А.В. АРАКЕЛЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 18 июля 2006 г.)

Исследованы флуктуации числа адсорбированных на ДНК лигандов в случае, когда под воздействием внешнего шума флуктуирует количество лигандов в растворе. Вычислено среднее число адсорбированных на ДНК лигандов и показано, что при некотором соотношении между параметрами адсорбции и интенсивностью внешнего шума не происходит адсорбции лигандов на ДНК.

Практически все работы, в которых исследуются флуктуации числа связанных с ДНК лигандов, связаны с учетом внутренних флуктуаций [1-3] и лишь несколько работ посвящено исследованию внешнего шума на флуктуации числа связанных с ДНК лигандов [4]. Характер действия внешнего шума решающим образом зависит от того, к какому типу относится внешний шум – ланжевеновскому или мультипликативному. В работе [4] было исследовано влияние ланжевеновского шума на адсорбцию лигандов на ДНК.

В данной работе будет рассмотрен случай, когда под воздействием флуктуаций внешней среды флуктуирует количество лигандов в растворе и это приводит к тому, что шум оказывается мультипликативным. Как и в [3,4], адсорбцию и десорбцию лигандов на ДНК представим как квазихимическую реакцию связывания и распада лиганда с адсорбционным центром. ДНК представим в виде одномерного кристалла с N местами связывания, а лиганд, имеющий намного меньшие линейные размеры, при адсорбции занимает n мест на ДНК. Число свободных лигандов в растворе $c_f(t)$ можно представить в виде суммы среднего $\bar{c}_f$ и гауссовского белого шума $\xi(t)$ [5], среднее значение которого равно нулю, т.е. $\bar{\xi}(t) = 0$, $\bar{\xi(0) \cdot \xi(t)} = \delta(t)$, где $\delta(t)$ – дельта-функция:

$$c_f(t) = \bar{c}_f + \sigma_n \cdot \xi(t), \quad (1)$$

σ_n – интенсивность шума. Принимая, что число адсорбированных лигандов равно x , для случая малого заполнения легко показать, что уравнение, описывающее изменение во времени числа адсорбированных на ДНК лигандов, имеет вид

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= f_c(x) + \sigma_n \cdot g(x) \cdot \xi(t), \\ f_c(x) &= k_1 \overline{c_f} (N - (2n-1)x) - k_{-1}x, \\ g(x) &= k_1 (N - (2n-1)x),\end{aligned}\quad (2)$$

где k_1 и k_{-1} – константы скоростей образования и распада комплекса лиганда с ДНК. Чтобы не вводить новые обозначения в (2) и далее, знак черты усреднения над параметрами опущен, он оставлен лишь у параметра, флуктуирующего под воздействием внешнего шума. Поскольку флуктуирующий параметр аппроксимирован гауссовским белым шумом, то согласно [5] в этом случае стохастическое дифференциальное уравнение (2) интерпретируется в смысле Стратановича. Процедура получения из (2) уравнения среднего числа адсорбированных на ДНК лигандов подробно описана в работе [6]. Получив уравнение для среднего числа адсорбированных на ДНК лигандов и решив его, можно получить следующее окончательное выражение для стационарного значения числа адсорбированных на ДНК лигандов $\overline{x}_{st}$ в виде

$$\overline{x}_{st} = \frac{k_1 \overline{c_f} N - \frac{\sigma_n^2}{2} k_1^2 (2n-1) N}{k_{-1} + (2n-1) k_1 \overline{c_f} - \frac{\sigma_n^2}{2} k_1^2 (2n-1)^2}. \quad (3)$$

Из (3) видно, что при заданном уровне интенсивности внешнего шума адсорбция на ДНК отсутствует, когда число лигандов в растворе меньше некоторого определенного значения, которое определяется из условия равенства нулю числителя в выражении (3). Это значение равно

$$\overline{c_f}^* = \frac{\sigma_n^2 k_1 (2n-1)}{2}. \quad (4)$$

Из (4) следует, что с увеличением как интенсивности внешнего шума, так и k_1 эта область расширяется. При наличии внешнего шума число адсорбированных на ДНК лигандов меньше, чем при отсутствии шума. Эти результаты качественно отличаются как от влияния на адсорбцию ланжевеновского шума, так и от адсорбции в среде без шума [3,4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Бабаян, В.Аракелян, Г.Потикян, Р.Казарян. Биофизика, **46**, 1003 (2001).
2. Ю.Д.Нечипуренко, Г.В.Гурский. Биофизика, **48**, 773 (2003).
3. V.Arakelyan, Yu.Babayan, G.Potikyan. J. Biomol. Struct. Dyn., **18**, 231 (2000).
4. V.B.Arakelyan, S.G.Haroutiunian, H.V.Arakelyan, T.S.Haroutiunian. J. Biomol. Struct. Dyn., **20**, 135 (2002).
5. W.Horsthemke, R.Lefever. Noise-Induced Transitions. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, N. Y., Tokyo, 1984.
6. С.А.Ахманов, Ю.Е.Дьяков, А.С.Чиркин. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М., Наука, 1981.