

сти наблюдений, очевидно, что присутствие меди стимулирует компенсаторные изменения, в то время как кадмий угнетающе действует на кальций-зависимый протеолиз.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Программы Президента «Ведущие научные школы» НШ-3731.2010.4, РФФИ № 08-04-01140-а, Программы Президиума РАН «Биоразнообразие»,*

## **АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛИНИИ *DAPHNIA MAGNA* STRAUS В ОТВЕТ НА ДЕЙСТВИЕ СЛАБОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ТЕЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ПОКОЛЕНИЙ**

**В.В. Крылов**

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
Борок, Россия  
kryloff@ibiw.yaroslavl.ru

Адаптивные процессы в популяциях при действии слабых низкочастотных магнитных полей (МП) практически не описаны. Такие процессы, предположительно, могут протекать в ситуации, когда организмы не могут покинуть зону действия МП.

Эксперименты с целью выявления возможности адаптивных изменений в биологических системах в ответ на действие МП проводились в два этапа. В качестве объекта исследования использовалась культура *Daphnia magna*, Straus. Условия культивирования дафний соответствовали стандартной методике биотестирования. МП (240 Гц, 75 мТ) создавалось в паре колец Гельмгольца. Эффективность МП с такими параметрами была установлена ранее в экспериментах с этой же линией дафний.

1 этап – длительное непрерывное действие МП. По 10 потомков одной самки *D. magna* помещали в две идентичные ёмкости. Одна ёмкость была подвержена длительному непрерывному действию МП, другая находилась в контрольных условиях. Обе линии развивались 10–12 дней, затем по 10 особей из второго выводка рачков перемещали в такие же ёмкости и в те же условия, что производителей. Таким образом произвели смену 8 поколений в каждой линии дафний. Учитывали общую численность и биомассу, для морфометрических показателей (длина тела от головы до основания хвостовой иглы, расстояние от глаза до основания хвостовой иглы, длина хвостовой иглы, максимальная высота створок) рассчитывали обобщённую дисперсию (generalized variance) и индекс Животовского ( $\mu$ ).

Действие МП на протяжении 1–5 поколений приводило к большей морфометрической разнородности в экспериментальной линии по сравнению с контролем. Затем, в 6–8 поколениях распределения исследуемых признаков и показатель внутривидового разнообразия приближались к контрольным значениям.

Общая численность дафний в линии, экспонировавшейся в МП, на протяжении 1–5 поколений была ниже, чем в контроле. Позднее, в 6–8 поколениях численность дафний в экспериментальной линии приближалась к контрольным значениям. Биомасса в экспериментальной линии напротив была близка к контрольной в 1, 2 поколениях, а с 3 по 8 поколение стабилизировалась ниже контрольных значений.

Описанные изменения в экспериментальной линии соответствуют адаптационным изменениям в биологических системах при действии различных факторов. Флуктуации различных параметров среды ведут к колебаниям частоты встречаемости морф. Во время изменения условий увеличивается полиморфизм особей в популяции. Вероятно, животные в экспериментальной линии проходили этап адаптивных изменений в ответ на действие МП. Эти изменения характеризовались увеличением разнородности по сравнению с контролем на начальном этапе. Затем, вероятно, уже модифицированная линия, на уровне 6–8 поколений характеризовалась сходными с контролем значениями обобщённой дисперсии признаков и  $\mu$ . При этом размерные показатели производимого потомства, а, следовательно, и общая биомасса были стабильно ниже контрольных при несущественной разнице в численности. Возможно, в экспериментальной линии происходили физиологические преобразования в сторону замедления скорости развития рачков. Описанные изменения, без выявления

адаптивной значимости, вполне можно отнести и к действию онтогенетического шума. Для прояснения этого вопроса был проведён второй этап экспериментов.

2 этап – выявление адаптивных изменений в экспериментальной линии *D. magna*. С девятым поколением рачков из контрольной и экспериментальной линии были проведены отдельные тесты по описанной ранее схеме (Крылов, Биология Внутренних Вод, 2008). Во время тестов смертности среди производителей не наблюдалось. Различий между экспериментальной и контрольной линиями в отношении сроков появления первого потомства, периодичности в появлении потомства, и количества жизнеспособного потомства производимого самкой за 21 день обнаружено не было. Разница в численности производимого потомства между вариантами в линиях была недостоверна.

Для оценки влияния условий содержания дафний на протяжении 8 поколений, условий при созревании 9 поколения рачков, условий во время репродуктивного периода и взаимодействия этих факторов на размеры новорожденных потомков до первой линьки (10 поколение), был проведён многофакторный дисперсионный анализ. Показано, что на размеры новорожденных влияли условия содержания рачков в течение 8 поколений ( $F=386.9$ ,  $p<0.01$ ). В целом, более крупные особи рождались у самок из экспериментальной линии. Длительное действие МП приводило к изменениям, аналогичным тем, что наблюдаются в естественных условиях при действии неблагоприятных факторов. Кроме того, было обнаружено влияние условий созревания 9 поколения самок, взаимодействия условий содержания в течение 8 поколений и условий во время репродуктивного периода 9 поколения рачков, а также взаимодействия условий созревания и условий во время репродуктивного периода 9 поколения самок на размеры новорожденных ( $F=10.9$ ,  $p<0.01$ ;  $F=45.3$ ,  $p<0.001$ ;  $F=21.8$ ,  $p<0.001$  соответственно). Рачки из контрольной линии производили крупное потомство в контрольных условиях, но более мелкое, если во время репродуктивного периода на них действовали МП. Дафнии из линии, которая на протяжении 8 поколений развивалась в МП, напротив, производили крупное потомство в условиях действия МП и более мелкое, если репродукция проходила в контрольных условиях.

Действие МП на самок из контрольной линии во время репродуктивного периода приводило к увеличению доли мертворожденных потомков. У самок из экспериментальной линии доля мертворожденных особей напротив, была ниже, если производители во время репродуктивного периода находились в условиях действия МП.

Таким образом, биологически более качественное потомство рождалось тогда, когда его производство проходило в тех условиях, в которых рачки жили прежде на протяжении восьми поколений. Можно предположить, что внутри партеногенетической линии дафний происходили физиологические модификации приспособительного характера в ответ на действие слабого низкочастотного МП.

## **ADAPTIVE CHANGES IN *DAPHNIA MAGNA* STRAUS (CRUSTACEA, CLADOCERA) CAUSED BY WEAK LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELD.**

**V.V. Krylov**

Institute of Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Russia  
kryloff@ibiw.yaroslavl.ru

We have carried out an experimental study revealing presence of a general adaptive pattern in response to weak low-frequency magnetic field (MF). Clonal line of *Daphnia magna* Straus parthenogenetic females was subject to long continuous action of 240 Hz, 75  $\mu$ T MF. Exposure for the first five generations led to higher heterogeneity in line of experimental animals compared with control. Then, at 6–8 generations distributions of studied morphometric characteristics (population diversity) became close to control values. At the same time, size and total biomass of daphnids exposed to MF were lower than that of control's while abundance difference was insignificant. Such changes correspond to the concept of adaptations in biological systems. In order to find possible adaptive changes in the experimental line of *D. magna* caused by continuous MF action separate tests were performed using the ninth generation of crustaceans from the control and experimental lines. It was shown that daphnia from the experimental line produced more viable and well-grown offspring in conditions of MF action comparing with the control. Therefore, continuous MF action may yield adaptive changes and this should be taken into consideration when evaluating this factor's influence upon ecosystems.