

УДК 551.46.09:628.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ДЕЙСТВИИ РТУТИ,  
КАДМИЯ И РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ  
НА ПРИБРЕЖНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

С. А. Патин, В. Н. Ткаченко, А. Ибрагим, Л. В. Федотова

ВНИРО

Нарастающее с каждым годом антропогенное изменение морской среды и появление в ней новых экологических факторов не может не привлекать внимание как гидробиологов, так и специалистов рыбохозяйственного профиля. Новые абиотические факторы (воздействие таких веществ, как нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды и др.) уже сейчас способны приводить к экологическим аномалиям в водной среде и заметно влиять на ход и результаты мероприятий, например, в области рыборазведения или акклиматизации гидробионтов.

При оценке биологических эффектов, вызванных загрязнением морской среды, следует исходить из возможности трех различных ситуаций. Одна из них предполагает прямые токсические воздействия на гидробионты, быстрое поражение основных физиологических систем, снижение плодовитости и численности организмов или их массовую гибель, что неоднократно отмечалось в различных странах. Ущерб от подобных явлений вполне очевиден и может быть выражен количественно, например, в тоннах погибшей рыбы. Вторая ситуация обусловлена токсическими эффектами на ранних стадиях онтогенеза гидробионтов, например, в условиях локального или регионального загрязнения районов нерестилищ. Биологические последствия таких ситуаций могут быть более серьезными, хотя и менее наглядными, чем, например, в случаях массовой гибели рыб.

Еще менее наглядны проявления экологической опасности, связанные с третьей ситуацией — нарушением первичной продуктивности и трофических связей, а также равновесия между авто- и гетеротрофными организмами под воздействием сравнительно низких (глобальных и региональных) концентраций токсикантов, что приводит в конечном счете к нарушению биотического круговорота и потере устойчивости морских экосистем. Особого внимания заслуживает, на наш взгляд, ингибирующее действие малых количеств токсикантов на фотосинтез морского фитопланктона.

Сведения о действии антропогенных и природных микрокомпонентов водной среды (тяжелых и переходных металлов, растворенного органического вещества, нефтепродуктов и др.) на процессы фотосинтеза и жизнедеятельность фитопланктона ограничены, а по Каспийскому

бассейну отсутствуют вообще. В то же время известные эколого-физиологические и токсикологические исследования (Menzel, Anderson, Rondke, 1970; Nuzzi 1972) указывают на возможность существенного, иногда лимитирующего влияния ряда веществ, присутствующих в морской среде в следовых или низких концентрациях, на первичную продукцию, численность и скорость деления одноклеточных водорослей.

В данной работе представлены результаты наблюдений за интенсивностью фотосинтетической ассимиляции углерода каспийским фитопланктоном в присутствии солей ртути и кадмия и растворенных нефтепродуктов. Поступление этих веществ в водоемы нарастает с каждым годом вследствие загрязнения и необходимо оценить биологические последствия этого процесса. Большинство таких исследований проводят с одноклеточными водорослями; данные опыты ставили на природных популяциях морского фитопланктона.

Пробы морской воды, отобранные с поверхности на расстоянии 500—800 м от берега\*, фильтровали через мельничный газ № 35 (для удаления зоопланктона), отстаивали (для удаления грубодисперсной минеральной взвеси), декантировали и разливали в стеклянные конические колбы порциями по 1 л. Затем добавляли соответствующие количества солей хлорной ртути, сернокислого кадмия и растворенных нефтепродуктов, которые готовили следующим образом: сырую нефть перемешивали с морской водой в соотношении 5:100 встряхиванием, а затем отстаивали в делительной воронке. Морская вода после отстаивания содержала 30 мг/л растворенных нефтепродуктов (по данным спектрофотометрических измерений).

Все колбы, в том числе контрольные (без добавки исследуемых веществ), экспонировали в течение шести суток при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  в условиях периодической смены искусственной освещенности (около  $10^4$  эрг/см<sup>2</sup>сек, 10 ч) и темноты (14 ч). Один раз в сутки из каждой колбы отбирали по 150 мл суспензии и водорослей и распределяли их порциями по 50 мл в трех колбах Эрленмейера, одна из которых была покрыта черным лаком. В каждую из отобранных аликвот вводили по 0,25 мл раствора  $\text{HC}^{14}\text{O}_3$  с активностью  $\text{C}^{14}$  около 0,4 мккюри и экспонировали их по 5 ч в люминисценте при освещенности около  $10^4$  эрг/см<sup>2</sup>сек. Затем отфильтровывали клетки через мембранный фильтр № 5 и измеряли бета-активность фильтра на установке ДП-100 с торцовым счетчиком СБТ-7. Активность фильтров, уменьшенную на величину фона и темновой фиксации углерода, относили к активности фильтров в контроле, которую принимали равной 100%.

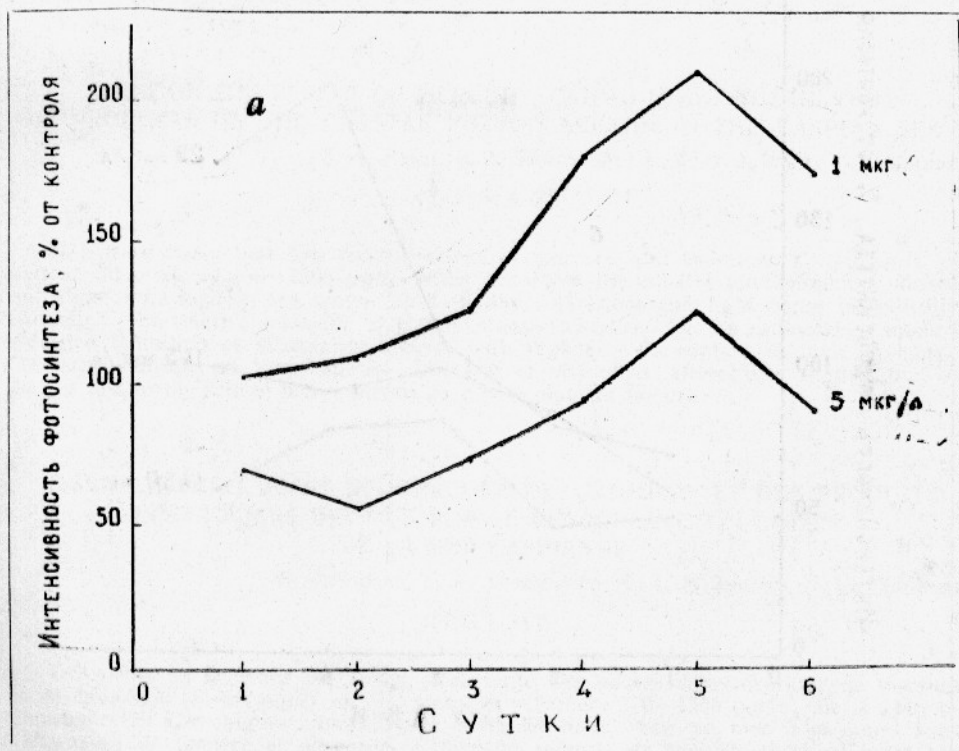
В составе исследованного фитопланктона преобладали следующие виды: *Euxyiaella cordata*, *Arthonizomenon flos-aquae*.

Результаты опытов приведены на графиках. Первое, что обращает на себя внимание при анализе полученных данных, — это нарастание относительной (по сравнению с контролем) скорости ассимиляции углерода со временем, которая достигла максимума на пятые сутки в опытах с добавлением металлов и на четвертые сутки в присутствии нефтепродуктов, а затем резко уменьшалась. Характерно, что нарастание фотосинтетической активности природного фитопланктона находилась в обратной связи с концентрацией ртути и кадмия в растворе. Особенно четкая стимуляция фотосинтеза зарегистрирована на пятые сутки после начала опыта при концентрации металла 1 мкг/л. Последующее угнетение жизнедеятельности водорослей, очевидно, связано с исчерпанием питательных веществ в морской воде и накоплением продуктов метаболизма клеток.

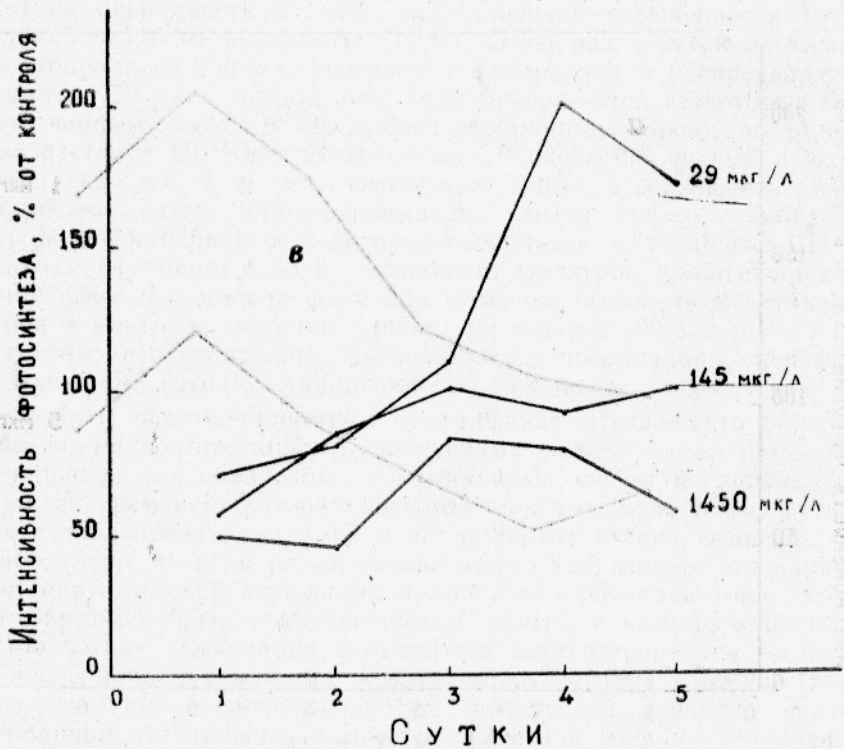
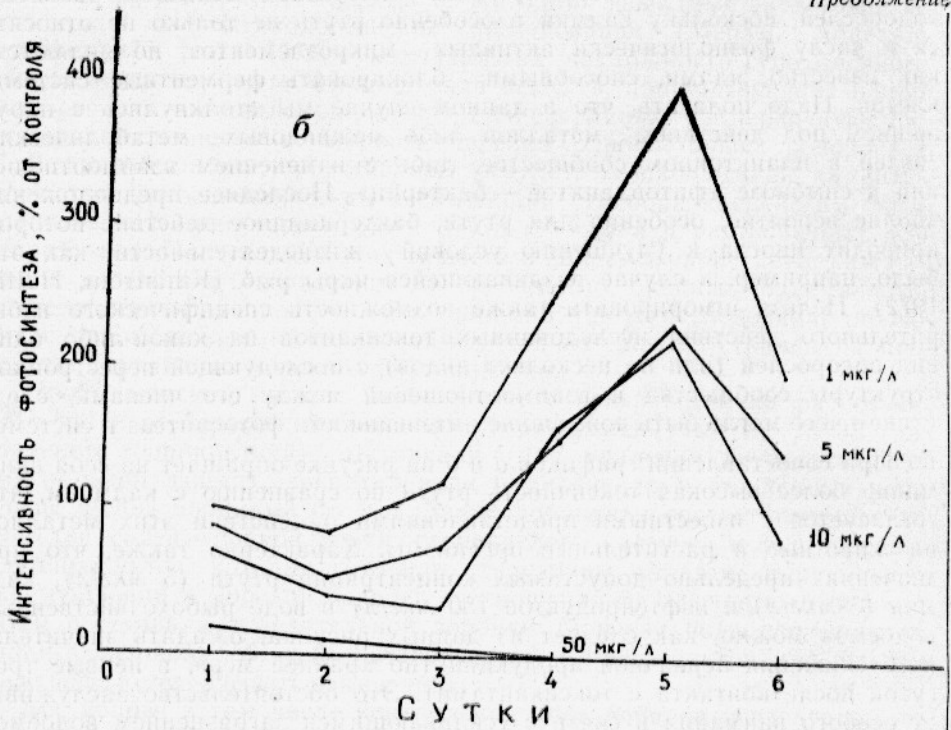
\* Экспериментальная база ДагКаспНИРХ, 30 км южнее Махачкалы, сентябрь 1972 г.

Гораздо менее очевидны причины отмеченной вспышки развития водорослей, поскольку кадмий и особенно ртуть не только не относятся к числу физиологически активных микроэлементов, но являются, как известно, ядами, способными блокировать ферментные системы клеток. Надо полагать, что в данном случае мы столкнулись с нарушением под действием металлов либо межвидовых метаболических связей в планктонном сообществе, либо с изменением взаимоотношений в симбиозе «фитопланктон — бактерии». Последнее предположение вполне вероятно, особенно для ртути, бактерицидное действие которой приводит иногда к улучшению условий жизнедеятельности, как это было, например, в случае развивающейся икры рыб (Kihlstrom, Hulth, 1972). Нельзя игнорировать также возможность специфического избирательного действия исследованных токсикантов на какой-либо один вид водорослей (или на несколько видов) с последующей перестройкой структуры сообщества и взаимоотношений между его членами, следствием чего могло быть повышение интенсивности фотосинтеза в системе.

При сопоставлении графиков *a* и *б* на рисунке обращает на себя внимание более высокая токсичность ртути по сравнению с кадмием, что согласуется с известными представлениями о действии этих металлов на животные и растительные организмы. Характерно также, что при значениях предельно допустимых концентраций ртути (5 мкг/л), кадмия (5 мкг/л) и нефтепродуктов (50 мкг/л) в воде рыбохозяйственных водоемов можно, как следует из данных рисунка, ожидать значительного снижения первичной продукции (по крайней мере, в первые трое суток после контакта с токсикантами). Это обстоятельство заслуживает особого внимания в связи с усиливающимся загрязнением водоемов и проблемой нормирования ПДК в водной среде.



Изменение относительной скорости ассимиляции углерода фитопланктоном:  
*a* — при концентрации ртути, 10 мкг/л клетки водорослей (преобладающий вид *Euxydia cordata*) погибали к концу первых суток (*б* и *в* см. на стр. 78).



Изменение относительной скорости ассимиляции углерода фитопланктоном:  
 б — в присутствии кадмия (преобладающий вид *Euxyviaella cordata*);  
 в — в присутствии растворенных нефтепродуктов (преобладающий вид *Aphanizomenon flos-aquae*).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, представленный материал иллюстрирует довольно сложное и динамическое действие низких концентраций ртути, кадмия и нефтепродуктов на фотосинтез природных популяций морского прибрежного фитопланктона. Наряду с фазой ингибирования возможно временное повышение интенсивности фотосинтеза одноклеточных водорослей. И в том, и в другом случае есть основания ожидать существенной перестройки фитоценозов и нарушения процессов новообразования органического вещества в фотическом слое морской воды. Вопрос экстраполяции результатов подобных наблюдений на природные условия, конечно, спорен и требует дальнейших исследований. Однако действие на фитопланктон низких концентраций исследованных веществ, близких или равных существующим сейчас в морских водоемах (особенно в прибрежных водах), очевидно, и заслуживает внимания.

## ЛИТЕРАТУРА

- Kihlstrom, J. E., L. Hulth. The effect of phenylmercuric acetate upon the frequency of hatching of eggs from the zebrafish. *Bull. Environ. Contam. and Toxicol.* Vol. 7, No. 2—3, 1972.
- Menzel, D. W., J. Anderson and Ann. Randtke. Marine phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons. *Sci.* Vol. 167, No. 3926, pp. 49—50, 1970.
- Nuzzi, R. Toxicity of mercury to phytoplankton. *Nature*, Vol. 237, No. 5349, p. 38, 1972.

## DATA ON THE EFFECT OF MERCURY, CADMIUM AND DISSOLVED OIL PRODUCTS ON THE COASTAL PHYTOPLANKTON IN THE CASPIAN SEA.

S. A. Patin, V. N. Tkachenko, A. A. Ibragim, L. V. Fedotova

### SUMMARY

It is very likely that low concentrations of mercury and cadmium (1—10  $\mu\text{g/l}$ ) as well as oil products (30—1500  $\mu\text{g/l}$ ) affect adversely the coastal phytoplankton. Monocell algae were kept in sea water for 5—6 days, darkness and light being periodically alternated. The relative intensity of photosynthesis measured by the radiocarbon method indicated inhibition or stimulation phases with regard to the content of toxic products. The data obtained are important for estimates of biological aftereffects of pollution of the sea and of the role of heavy metals as new ecological factors.

## DONNÉES SUR L'EFFET DE MERCURE, DE CADMIUM ET DES PRODUITS PÉTROLIERS DISSOUS SUR LE PHYTOPLANKTON CÔTIER DE LA MER CASPIENNE.

S. A. Patine, V. N. Tkatchenko, A. A. Ibraguime, L. V. Fédotova

### RÉSUMÉ

On a mis en évidence l'influence importante des basses concentrations de mercure et de cadmium (1—10  $\mu\text{g/l}$ ) et des produits pétroliers (30—1500  $\mu\text{g/l}$ ) sur le phytoplancton côtier. Les algues unicellulaires restaient dans l'eau de mer 5—6 jours sous l'alternance de lumière et d'obscurité. L'intensité relative du photosynthèse mesurée par la méthode de radiocarbone représentait les phases d'inhibition et de stimulation en fonction de la teneur en produits toxiques. Les données obtenues sont importantes pour l'estimation des conséquences biologiques de la pollution de la mer et du rôle des métaux lourds comme des nouveaux facteurs oecologiques.