

ВЫВОДЫ

Доказаны возможность и перспективность применения замедленной флуоресценции для изучения автотрофных процессов естественного сообщества фитопланктона морской экосистемы, а также для выявления особенностей взаимодействия антропогенных загрязнителей с ненарушенным природным сообществом. Получаемая информация позволит проводить экспресс-анализ структурных и функциональных показателей природной популяции водорослей и оценивать их устойчивость к различным экстремальным воздействиям.

Список использованной литературы

Брагинский Л.П. Экологические подходы к исследованию механизмов действия токсикантов в водной среде. — В кн.: Формирование и контроль качества поверхностных вод, Киев, 1975, вып. 1, с. 5-15.

О связи короткоживущих компонентов послесвечения фотосинтезирующих организмов с реакциями транспорта электронов при фотосинтезе. — "Труды МОИП", 1973, т.37, с.175-179. Авт.: О.П. Венедиктов, Д.Н. Маторин, Т.Е. Кренделева, Н.В. Шанторенко

Рубин А.Б. Современные методы исследования фотобиологических процессов. М. Изд-во МГУ, 1974. 85 с.

Цвылев О.П., Ткаченко В.Н. Фотосинтетическое послесвечение фитопланктона как возможный биологический показатель уровня продукционных процессов. Симпозиум по химическим основам биологической продуктивности Мирового океана и морей СССР. "Тезисы докладов". Ростов-на-Дону, 1976, с. 29-30.

PROSPECTS FOR APPLICATION OF RETARDED FLUORESCENCE TO ECOLOGICAL-TOXICOLOGICAL INVESTIGATIONS OF PHYTOPLANKTON

O. P. TSVYLEV, V. N. TKACHENKO

SUMMARY

Retarded fluorescence applied to algae reflecting their photosynthetic activity may be used in the studies of processes occurring in the autotrophic link of the ecosystem and of the impact of pollutants upon it. The specificity of induction curves of postluminescence of various species of algae is shown, which can contribute to the study of structural indicators of phytoplankton populations. The patterns of curves which change in the presence of various toxicants may serve as an indicator of the functional state of algae. The vertical distribution of retarded fluorescence and fixation rate of C^{14} in populations of phytoplankton display similar regularities.

Davis A. G. An assessment of the basis of mercury tolerance in *Dunaliella tertiolecta*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 1970, v. 56, No. 1, p. 39-57.

Luard, E. J. Sensitivity of *Dunaliella* and *Scenedesmus* (Chlorophyceae) to chlorinated hydrocarbons. Phycologia, 1973, v. 12, p. 29-33.

Menzel, D.W., Anderson, J., Raudtke, A. Marine phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons. Sci., N.Y., v. 167, 1970, p. 1724-1726.

УДК 615.9:574.5

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ НА ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РТУТИ

О.П. Цвелев, В.Н. Ткаченко

Морские одноклеточные водоросли, как и прочие живые организмы, обладают широким спектром биохимических и физиологических ответных реакций на действие экстремальных факторов. Это обуславливает значительный градиент чувствительности у различных видов водорослей к определенному токсическому агенту.

Учитывая связь замедленной флуоресценции со скоростью фиксации C^{14} водорослями (Цвелев, Ткаченко, 1976), а также информативную ценность флуоресценции, локализованной в жизненно важных мембранных структурах хлоропластов, мы использовали в качестве индикаторов быстрых начальных сдвигов фотохимических реакций это универсальное свойство фотосинтезирующих систем, чтобы выявить вариабельность реагирования первичных реакций фотосинтеза на кратковременное воздействие хлорида ртути.

Для опытов брали пять морских и два пресноводных вида водорослей плотностью, приблизительно соответствующей численности фитопланктона в природных условиях. Действие хлорида ртути в концентрациях 2; 20 и 200 мкг Hg/л исследовали спустя 5 мин, 1 ч и 24 ч после добавления токсиканта к монокультуре объемом 20 мл. Эффект воздействия оценивали по интенсивности короткоживущих компонентов замедленной флуоресценции со временем жизни 5 мс.

Короткоживущие компоненты замедленной флуоресценции измеряли на экспериментальной установке, принципиальная схема которой описана ранее (Рубин, 1974). Водоросли помещали в кварцевую кювету в максимальной близости от катода ФЭУ-38 и освещали прерывистым светом с длительностью импульса 1 мс. Кванты флуоресценции регистрировали в импульсном режиме в течение 10 с воздействия прерывистым светом на объект и в токовом на самописце КСП-4.

Исследование токсического эффекта через 15 мин после введения 2 мкг/л ртути (рисунок, 1,а) показало подавление фотосинтетической активности у водорослей *Chlorella*, которое еще более усиливается при максимальной концентрации ртути. У остальных водорослей минимальная концентрация токсиканта в начальный момент не вызывает заметных отклонений от контроля. Высокие

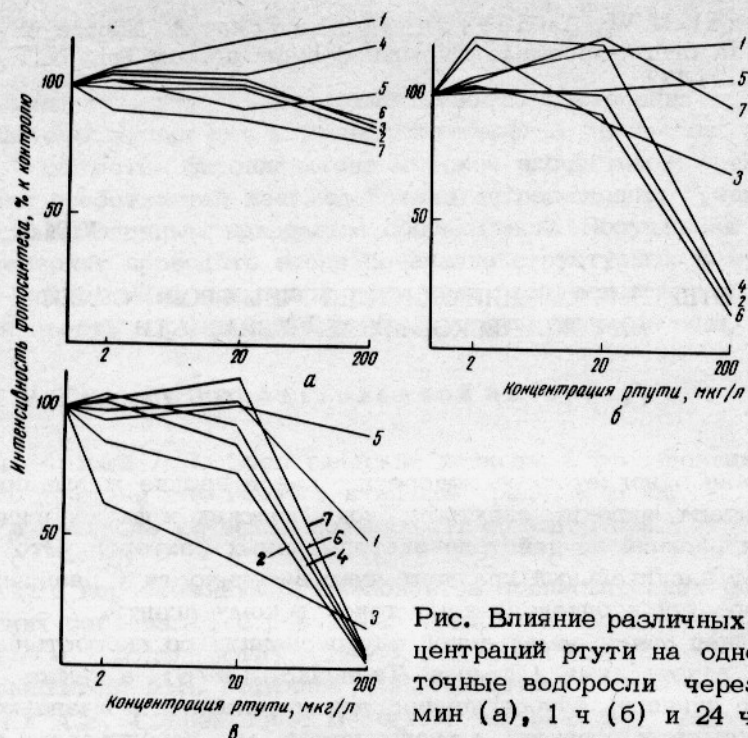


Рис. Влияние различных концентраций ртути на одноклеточные водоросли через 15 мин (а), 1 ч (б) и 24 ч (в).

дозы агента оказывают стимулирующее влияние на фотосинтетические процессы у *Gyrodinium* и *Nephrochloris*.

Особенно отчетливая стимуляция, хотя и в различной степени у разных видов, наблюдается через 1 ч после введения ртути (рис. 16) в концентрации 2 мкг/л. При умеренной концентрации (20 мкг/л) у одних видов стимуляция усиливается, у других — снижается. При максимальной концентрации все виды (за исключением *Gyrodinium* и *Dunaliella*) отвечают подавлением фотосинтеза, достигающим иногда 80% и более.

Через сутки инкубации (рисунок, 1в) эффект стимуляции при низких и умеренных концентрациях выражен незначительно и то лишь у одного вида (*Chlorella vulgaris*). Наиболее типично для всех видов — подавление фотосинтетической активности, которое особенно наглядно проявляется при высокой концентрации ртути. Различие между видами при этих дозировках агента характеризуется большей или меньшей степенью ингибирования фотосинтеза: от 10% для наиболее устойчивого вида *Dunaliella viridis* до абсолютного ингибирования фотосинтеза у наиболее чувствительного вида *Phaeodactylum tricornutum*. О широком спектре реакций водорослей на действие ртути можно судить по величине LC_{50} , которая варьирует для различных видов при 24-часовой инкубации в присутствии ртути от 8 до 200 мкг/л и выше.

Максимальную устойчивость к действию ртути проявляет *Dunaliella viridis*, фотосинтетическая активность которой при 200 мкг/л подавляется лишь на 10%. Очевидно, это свойство типично для во-

Видовая чувствительность монокультур одноклеточных
водорослей к действию хлорида ртути

Группа и вид водорослей

LC_{50} *,
мкг Hg/л

Перидиниевые	
<i>Gyrodinium fissum</i>	200
<i>Platymonas viridis</i>	8
Диатомовые	
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	45
Зеленые	
<i>Dunaliella viridis</i>	200
Желто-зеленые	
<i>Nephrochloris salina</i>	50
Зеленые пресноводные	
<i>Scenedesmus obliquus</i>	60
<i>Chlorella vulgaris</i>	75

* LC_{50} — концентрация токсиканта, вызывающая 50% ингибирование фотосинтетической активности водорослей через 24 ч экспонирования.

водорослей данного рода, так как *Dunaliella tertiolecta* отличается большей устойчивостью не только к действию ртути (Davis, 1976), но и к таким хлорированным углеводородам, как дильдрин, эндрин, ДДТ (Menzel et al., 1970) и ПХБ (Luard, 1973). Причем эту специфическую устойчивость нельзя отнести за счет морфологических особенностей данных водорослей, так как они не имеют клеточной стенки и окружены лишь мембраной толщиной 80–90 мкм, что должно было бы облегчать проникновение в клетку химических агентов и в результате делать их более уязвимыми.

В действительности наблюдается обратное. В таком случае остается допустить существование механизма детоксикации или же свойственную этим водорослям высокую метаболическую активность, обеспечивающую усиленный транспорт веществ как в клетку, так и из клетки наружу. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят выяснить механизм повышенной устойчивости отдельных видов водорослей к действию тяжелых металлов.

Представляет интерес динамика развития токсического эффекта и возможность по этой характеристике прогнозирования нормального существования организмов и всего сообщества водорослей. Даже при беглом анализе временного хода процесса токсикации нетрудно обнаружить, что любое отклонение функций организма (будь то усиление или подавление фотосинтетической активности) от стабильного состояния — первый верный признак последующей дезорганизации системы. Именно это мы и наблюдаем (рисунок, б) при кратковременном воздействии (1 ч) умеренных концентраций ртути (20 мкг/л). Все виды, отвечающие стимуляцией или ингибированием фотосинтеза, оказались наиболее уязвимыми к действию вы-

соких концентраций ртути. И, напротив, *Dunaliella viridis*, сохранившая наибольшую стабильность ответных реакций к действию низких концентраций, проявила максимальную устойчивость даже при высоких уровнях загрязнителя.

Таким образом, появляется возможность экспрессной оценки в течение 1–2 ч токсичности того или иного загрязняющего агента для различных видов сообщества фитопланктона и всей популяции в целом. Следовательно, любое изменение биохимических, биофизических или физиологических параметров можно рассматривать как неспецифическую сигнальную реакцию об аномальном функционировании системы, предшествующую развитию необратимых нарушений.

Дальнейшее изучение видовой чувствительности фитопланктона к различным загрязнителям позволит при знании экологических особенностей конкретного региона экстраполировать результаты лабораторных исследований на природные ситуации и прогнозировать характер развития продукционных процессов первого трофического звена в водоемах с известным составом антропогенного загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. Различные виды водорослей характеризуются широким диапазоном чувствительности к действию ртути. Доза, вызывающая 50%-ный эффект подавления сигнала длительного послесвечения (LC_{50}), колеблется от 8 мкг/л для *Platymonas viridis* до 200 мкг/л и выше для *Dunaliella viridis*.

2. Измерение длительного послесвечения позволяет осуществить экспресс-анализ видовой чувствительности фитопланктона к действию загрязняющего агента.

Список использованной литературы

Рубин А.Б. Современные методы исследования фотобиологических процессов. М., Изд-во МГУ, 1974. 85 с.

Стредлер Б.Л. Значение фотосинтетической люминесценции. – "Труды 5-го Международного биохимического конгресса", 1962, с. 85–103.

Цвылев О.П., Ткаченко В.Н. Фотосинтетическое послесвечение фитопланктона как возможный биофизический показатель уровня продукционных процессов. – Симпозиум по химическим основам биологической продуктивности Мирового океана и морей СССР, тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 1976, с. 29–30.

RESPONSES OF MONOCELL ALGAE TO THE TOXIC EFFECT OF MERCURY

O. P. TSVYLEV, V. N., TKACHENKO

SUMMARY

The impact of mercury at the concentrations of 2.20 and 200 mkg/liter on seven species of algae from various systematic groups was investigated by means of retarded fluorescence. Individual responses to the presence of

the toxicant were found in each species. A noticeable effect occurred 1 hour after the exposure to the maximum concentration of mercury. The effect became more pronounced a day later. The study of initial moments of the interaction of the toxicant and algae provided an opportunity to consider the primary response of inhibition or stimulation of the photosynthetic activity as an index of low resistance to the toxicant.

Bernhard, M., Zattera, A. Major pollutants in the marine environment. In: Marine pollution and marine waste disposal. Pergamon Press, 1975, p. 195-300.

Portmann, J. E. Results of acute toxicity tests with marine organisms using standard methods. In: Marine pollution and Sea Life. Fishing News (Books) Ltd., London, 1972, p. 212-216.

Stora, G. Computation of lethal concentrations. Mar. Poll. Bull., 1974, v. 5, No. 5, p. 69-71.

УДК 582.26:628.5

ТОКСИКОЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КАСПИЙСКОЙ И АТЛАНТИЧЕСКОЙ ФАУНЫ

*С. А. Патин, В. К. Дохолян,
Н. С. Чернышев, А. М. Ахмедов*

Сведения о действии загрязняющих веществ на морские организмы сравнительно малочисленны, порой противоречивы и, что самое главное, относятся больше к гидробионтам какой-либо одной систематической группы или жизненной формы. Это затрудняет как оценку и прогнозирование биологических последствий загрязнения, так и обоснование предельно допустимых концентраций токсических веществ в морской среде.

В данной работе представлены экспериментальные материалы о действии ряда токсикантов (растворенных нефтепродуктов, хлорорганических веществ и тяжелых металлов) на некоторые виды каспийской и атлантической фауны, включая организмы планктона, нектона и бентоса. Перечень исследованных гидробионтов и основные условия постановки опытов приведены в табл. 1. Выбор планктонных и бентосных организмов определялся их распространенностью, преобладанием в рационе многих промысловых рыб и важной экологической ролью этих гидробионтов-фильтраторов в трансформации вещества и энергии в море.

Опыты ставились с учетом известных методических рекомендаций (Строганов, 1971, Portmann, 1972). Основными показателями токсичности, кроме выживаемости, служили также некоторые характеристики воспроизводства и поведения организмов в зависимости от времени экспонирования и концентрации токсических примесей.

В экспериментах с рыбами исследованы только развивающаяся икра и личинки некоторых важных в промысловом отношении видов, что связано с повышенной чувствительностью к поражающим воз-

Уважаемые читатели!

Редколлегия тома и издательство "Пищевая промышленность" приносят свои извинения за допущенные в томе погрешности. В томе неправильно заверстаны иностранные источники в списках использованной литературы — после *Summary*; кроме того, они сдвинуты на одну статью: относящиеся к первой статье заверстаны после предисловия, относящиеся ко второй — после первой и так далее. Помимо этого, допущен ряд опечаток.

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
82	Рисунок, на оси ординат подпись к рисунку, 2-я строка снизу	мг/кг сырого вещества морская вода	% сырого вещества вода
78	7-я снизу 5-я снизу	... 2 раза ... к воде...	...в двух повторностях ...в воду...
99	13-я снизу	... в I,7; 10...	...в I,7; 10...
III	6 и 7-я снизу	... у плотвы сибирской популяции...	...популяции сибирской плотвы...
II 6	23, 24, 25-я снизу	0 - ширина лба; l_2 - длина нижней... l_{mx} - расстояние от... a_2 - расстояние между...	l_2 - ширина лба; l_{mx} - длина нижней... a_2 - расстояние от... p_1 - расстояние между...