

УДК 575.224:577.4:581.17

Горова А.И., Скворцова Т.В., Павличенко А.В., Лисицкая С.М. (Украина, Днепропетровск)

**МОНИТОРИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

Экологические последствия загрязнения природной среды превратились в одну из приоритетных глобальных проблем, особенно для промышленных и экономически развитых стран. Загрязнение биосферы вредными веществами, появление новых химических соединений, повышение радиоактивности и т. д. угрожает состоянию окружающей среды, здоровью населения и ограничивает возможности дальнейшего сбалансированного развития общества.

Высокий уровень развития промышленности и сельского хозяйства в Донецко-Приднепровском регионе привел к повсеместному загрязнению окружающей среды ксенобиотиками, многие из которых обладают мутагенным и генотоксичным действием. Значительная часть этих соединений оказывается в водных экосистемах, вызывая генетические нарушения и заболевания гидробионтов и представляя существенную опасность для человека [1].

Традиционные способы оценки качества воды путем физико-химических анализов сложны и дорогостоящи. Кроме того, следует учитывать, что генотоксические вещества действуют на живые организмы не изолированно, а в разных сочетаниях и концентрациях компонентов. Поэтому решение сложной проблемы определения суммарного действия присутствующих в воде мутагенов и промутагенов на биоту целесообразно путем биоиндикации с использованием и цитогенетических методов исследования [2].

Современная система мониторинга присутствия в окружающей среде веществ обладающих мутагенными свойствами должна базироваться на использовании биологических тест-систем. Именно на основании их откликов проводится оценка генетического риска загрязнений окружающей среды. Для оценки мутагенности загрязнителей окружающей среды необходим анализ комплекса тест-систем, из которых наиболее широко применяются: бактерии – *Salmonella typhimurium* и *E. coli*; грибы – *Neurospora crassa*, *Aspergillus nidulans*, дрожжи; растения – *Vicia faba* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr, *Tradescantia poludosa* L. (clone 2); насекомые – *Drosophilla melanogaster*; культуры клеток животных и др. [3].

При экологическом мониторинге состояния пресноводных водоемов с целью дальнейшей разработки мероприятий по регламентации или прекращению сброса вредных веществ в водоемы выделены следующие первоочередные задачи токсико-генетических исследований с биотестированием и биоиндикацией:

- выявление генотоксического действия загрязнителей;
- изучение накопления ксенобиотиков в тканях гидробионтов и метаболической активности не мутагенных загрязнителей;
- генетико-токсикологический анализ образцов промышленных сточных вод;
- химическая идентификация мутагенных компонентов промышленных сточных вод и других жидких отходов антропогенной деятельности.

В зависимости от целей исследования для выявления генотоксического и мутагенного действия токсикантов в водной среде могут быть использованы различные цитогенетические методы [4].

В рамках современного экологического мониторинга загрязнений водной среды возможны следующие подходы:

- проведение исследований в природных популяциях микроорганизмов (одноклеточных водорослей), фитопланктона, зообентоса, исследования клеток высших водных растений, личинок насекомых, амфибий, рыб и др. гидробионтов для определения мутагенности суммарных загрязнений, накопившихся в данной водной экосистеме [5,6];
- определение потенциальной мутагенности проб воды в лабораторных условиях на ряде тест-объектов [7, 8].

Наряду с модельными тест-системами весьма перспективными оказываются биосферные тест-системы, когда на разных видах в природе исследуются генетические последствия суммарной загрязненности окружающей среды мутагенами. При этом биологическая дозиметрия и изучение последствий антропогенного загрязнения окружающей среды мутагенами, по мнению ряда авторов, в первую очередь должны опираться на генетические и цитогенетические методы исследований [3, 9].

При конструировании комплекса тестов следует включать в них организмы различных уровней организации, учитывая неоднозначность откликов различных тест-систем на разнообразность загрязнений данных проб воды (одна тест-система может оказаться более чувствительной к загрязнению воды нефтепродуктами, другая – к тяжелым металлам, третья – пестицидам и т.д.). Выбор методов определяется всегда предполагаемыми загрязнителями и конкретными условиями лабораторий.

Увеличение числа аббераций хромосом в клетках меристематических тканей является неспецифичной реакцией клеток живых организмов на действие мутагенов окружающей среды, которая проявляется при действии факторов различной природы. Этот цитогенетический показатель организмов-биоиндикаторов может служить критерием загрязненности экосистем радионуклидами, тяжелыми металлами, пестицидами [3, 10].

Отправным моментом при проведении цитогенетических исследований является выбор тест-систем.

В качестве тест-объектов при исследовании экологического состояния природных вод Донецко-Приднепровского региона нами были выбраны высшие водные растения: рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.), элодея (*Helodea Canadensis* Rich), валлиснерия (*Vallisneria spiralis* L.), ряска (*Lemna minor* L.), резуха большая (*Najas major* All.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.).

Для контроля мутагенной активности ила и донных отложений, аккумулирующих различные загрязнения, представляется целесообразным в качестве объектов наблюдений включить в систему биотестов представителей прибрежно-водных растительных сообществ: тростник южный (*Phragmites australis* Cav), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.), у которых хорошо развита корневая система с крупными меристематическими клетками. Эти растения также отличаются небольшим количеством хорошо различимых на цитологических препаратах крупных хромосом.

Среди животных организмов удобными объектами для цитогенетического мониторинга загрязнений водной среды являются представители позвоночных: костистые рыбы и амфибий. Являясь конечным звеном трофической цепи водоемов, они аккумулируют различные токсиканты и постоянно подвергаются действию загрязнителей, растворенных в воде.

Из представителей рыб, как наиболее распространенных в зоне исследований, были выбраны два индикаторных вида: плотва (*Rutilus rutilus* L.), карась серебряный (*Carassius (aurata) gibelio* Block), и из земноводных: лягушка озерная (*Rana ridibunda* Pall.), лягушка прудовая (*Rana esculenta* L.), лягушка остромордая (*Rana terrestris* Andr.). Следует отметить, что бесхвостые амфибии могут служить для целей мониторинга генетических последствий загрязнения как водной, так и наземной среды.

Биоиндикация качества природных вод с использованием цитогенетических методов проводилась нами на р. Самара (с. Александровна Днепропетровского района и с. Вербки Павлоградского района) и на р. Днепр в районе жилмассива Победа и Стана 550 (набережная р. Днепр в г. Днепропетровск).

В указанных пунктах в летнее время были взяты пробы корневых меристем трех видов водных растений: резуха большая, элодея канадская и тростник южный. В указанных местах был произведен также отлов двух видов рыб (плотва и карась) и лягушек, у которых была взята для исследования периферическая кровь (мазки). Проведен анализ частоты встречаемости абберантных хромосом и микроядер в клетках биоиндикаторов.

По результатам биоиндикации был определен уровень общего токсико-мутагенного фона природных водоемов, обусловленный комплексным действием совокупности загрязнителей. Приведение всех полученных данных в единую систему условных показателей повреждаемости биосистем (УПП) позволило осуществить интегральную оценку экологического состояния исследуемых водоемов по сравнению с экологически оптимальными контрольными параметрами.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

По полученным экспериментальным цитогенетическим данным была проведена оценка экологического состояния водных экосистем на основании расчета условных показателей повреждаемости (УПП) биоиндикаторов.

Интегральные условные показатели повреждаемости, характеризующие мутагенность (ИУПП_{мут}), определялись по формуле:

$$ИУПП = \frac{1}{m} (УПП_1 + УПП_2 + \dots + УПП_m),$$

где $УПП_1, УПП_2, \dots, УПП_m$ – интегральные условные показатели повреждаемости биоиндикаторов (m = количество тест-показателей) [10].

Для оценки экологического состояния водных объектов использовали универсальную оценочную шкалу, приведенную в табл. 2.

Таблица 1 – Использование цитогенетических методов для оценки мутагенной активности природных вод Украины

Тест-полигон	Биотест		Интегральный показатель состояния окружающей среды (ИУПП)*	Состояние водных экосистем
	Частота ана-, телофазных аббераций в корневой меристеме водных растений, %	Частота микроядер в клетках крови водных позвоночных животных, %		
р. Самара, с. Александровка Днепропетровского р-на	1,83 ± 0,35	0,37 ± 0,040	0,062	Благоприятное
р. Самара, с. Вербки Павлоградского р-на	1,66 ± 0,33	0,14 ± 0,015	0,043	Благоприятное
р. Днепр, г. Днепропетровск, ж/м Победа	5,65 ± 0,60	1,28 ± 0,14	0,262	Конфликтное
р. Днепр, г. Днепропетровск, Стан 550	7,87 ± 0,69	2,8 ± 0,31	0,504	Угрожающее

*Примечание: ИУПП – интегральный показатель токсичности и мутагенности гидросферы по тестам: “Митотическая активность” и “Аберрантность хромосом” в клетках корневой меристемы водных растений и “Микроядерный тест” в клетках крови водных позвоночных животных.

Таблица 2 – Шкала оценки экологического состояния водных объектов по общему токсико-мутагенному фону

Диапазон значений УПП	Уровень повреждаемости биоиндикаторов	Состояние экосистем	Экологическая ситуация
0,000-0,250	Низкий и ниже среднего	Эталонное и благоприятное	Безопасная
0,251-0,500	Ниже среднего	Конфликтное	Конфликтная
0,501-0,750	Выше среднего	Угрожающее	Опасная
0,751-1,000	Высокий	Катастрофическое	Чрезвычайно-опасная

Полученные данные (табл. 1) показывают, что воды р. Самары в двух исследованных пунктах обладают низким уровнем мутагенности, о чем свидетельствуют низкий процент хромосомных аберраций в клетках эндогенных биоиндикаторов (1,66-1,83 %). Вода р. Днепр имеет мутагенную активность в 3,1-4,7 раз превышающую мутагенную активность вод р. Самары.

Согласно приведенным данным, состояние водной экосистемы р. Самара в исследованных пунктах можно оценить как благоприятное, а экологическую ситуацию как безопасную с точки зрения токсико-мутагенного фона. Состояние экосистемы р. Днепр в районе г. Днепропетровска может быть оценено как конфликтное и угрожающее в различных точках исследования, о чем свидетельствует высокий уровень частоты встречаемости хромосомных аберраций у растительных тест-объектов и микроядер в клетках крови гидробионтов животного происхождения.

Выводы: На основании литературных данных и проведенных исследований можно сделать заключение о перспективности применения биоиндикаторов, цитогенетических и генетических методов для оценки мутагенной активности объектов окружающей природной среды. Для объективной оценки техногенной и мутагенной ситуации экосистем необходима система биоиндикаторов и набор анализируемых показателей, позволяющих на разных уровнях организации учесть отклики живых организмов на действие повреждающих факторов.

Преимуществом использования методов биоиндикации для оценки качества окружающей природной среды является то, что они позволяют адекватно отразить сочетанный эффект воздействия на биоту и человека всей совокупности загрязнителей и установить уровни общей токсичности и мутагенности тестируемых объектов. Анализ ингредиентного состава экотоксикантов этих же объектов позволит установить приоритетные мутагены и на научной основе разработать систему мероприятий, направленную на уменьшение мутагенного фона и генетического риска для биоты и населения.

Биоиндикация мутагенов должна стать частью системы цитогенетического мониторинга Украины, реализация которого позволит создать компьютерный банк данных об изменениях в биоиндикаторах под влиянием загрязнителей, вычислить критерии генетического риска для различных экосистем и человека, а также разработать биоэкологическую карту Украины по мутагенному фону.

Цитогенетические критерии могут быть использованы также для оценки эффективности реабилитационных мероприятий, направленных на уменьшение загрязнения объектов окружающей среды (воды, почвы, воздуха) для оценки состояния рекреационных зон, заповедников, состояния земельных ресурсов и т.д.

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности применения разработанной системы цитогенетических критериев для оценки мутагенной активности природных вод и являются перспективными для комплексного цитогенетического мониторинга состояния пресноводных водоемов промышленно нагруженных регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердюк А.М. Навколишнє середовище і здоров'я населення // Довкілля та здоров'я. - № 4(7).-1998.-С. 2-6.
2. Тимченко О.І., Сердюк А.М., Турос О.І. Гігієна довкілля: політика, практика, перспективи. - Київ: “Преса України”. – 2000. – 127с.
3. Генетические последствия загрязнения окружающей среды // И.Р. Бариляк, Т.И.Бужиевская, А.И.Быкорез и др. - Киев: Наукова думка.-1989.-232 с.
4. Соколовский В.В., Журков В.С. Оценка суммарной мутагенной активности факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. - 1982. - № 11. - С.7-11.
5. Лежачий Р.К. Химический мутагенез и загрязнение окружающей среды.- Вильнюс : Мокслас,1983.- 233 с.
6. Дуган А.М. Salmonella typhimurium как тест-система выявления мутагенной активности загрязнителей окружающей среды // Цитология и генетика.- 1994.-Т.28,№3.- С.37-41.
7. Дуган О.М. Про мутагенність продуктів первинного хлорування води // Матеріали II з'їзду медичних генетиків України.-Львів.- 1995.- С.63.

8. Горová А.И., Скворцова Т.В., Дигурко В.М. Цитогенетическая оценка мутагенного фона в промышленном Приднепровье // Цитология и генетика. – 1995. – 29, № 5. – С. 16 - 22.
9. Горová А.И., Бобырь Л.Ф., Скворцова Т.В., Дигурко В.М., Климкина И.И. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов // Цитология и генетика. – 1996. - 30, №6. – С. 78-86.
10. Методичні рекомендації: «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» // Горová А.И., Риженко С.А., Скворцова Т.В. и др. Рекомендовано МОЗ України (Наказ №184 від 13.03.07.). - Головне базове видавництво МОЗ України ДП „Центр інформаційних технологій”. ДМП „Полімед”. – Київ, 2007. – 35 с.

УДК 631.95 (477.53)

Грицан Ю.І., Миронов О.С, Бець Т.Ю. (Україна, Дніпропетровськ)

ДНІПРОПЕТРОВЩИНА НА ШЛЯХУ ДО «ЗЕЛЕНОГО ЗРОСТАННЯ»

В останні два десятиліття, як ніколи, економічні, соціальні та екологічні проблеми, пов'язані з використанням природних ресурсів і станом навколишнього середовища – в центрі уваги людства. Найбільші форуми ООН за останні роки були присвячені екологічним проблемам, вирішення яких тісно пов'язане з переходом до збалансованого розвитку: Ріо-де-Жанейро (1992), Йоханнесбург (2002) і Копенгаген (2009). Така увага перш за все пов'язана з загостренням екологічних проблем: зростаючий дефіцит питної води, зниження біорізноманіття, порушення земель, проблема утилізації побутових і промислових відходів та багато інших. Загострення екологічних проблем призвело до створення нової моделі економічного розвитку, суть якої полягає у створенні сприятливих умов для підвищення якості життя, скороченні масштабів екологічної деградації. З 2008 року, термін «зелене зростання» (green growth) активніше входить у термінологію міжнародних організацій в якості ключового терміну для подальшого розвитку людства та окремих країн, особливо детально розглядається в документах ОЕСР [3,4,5] та структур ООН [6]. У міжнародних документах поряд з поняттям «зелене зростання» використовують терміни «зелена економіка» (green economy), «зелена промисловість» (green industry), «зелена занятість» (green jobs) та ін.

При трактуванні моделі «зеленого зростання» можна виділити два підходи: широкий та вузький. В рамках широкого підходу розглядається необхідність переходу до сталого розвитку фактично всієї економіки та всього соціально-економічного розвитку. Вузький підхід базується тільки на тих галузях та видах діяльності, які безпосередньо пов'язані з екологізацією економіки та розвитком зелених ринків на національних рівнях [1].

Всеукраїнською екологічною лігою запропоновані першочергові кроки реалізації Концепції «зеленого зростання» в Україні [2]. При цьому для успішного втілення цих ідей необхідно центр ваги перенести на регіональний рівень. Так кожен регіон повинен мати свою стратегію збалансованого (сталого) розвитку, узгоджену із загальнодержавними цілями та напрямками розвитку, але розроблену на базі власного природно-ресурсного потенціалу.

Нами здійснено аналіз та об'єднання деяких важливих аспектів реалізації Концепції «зеленого зростання» Придніпровського регіону, який поєднує потужну індустріальну базу та високоякісні землі, придатні для ведення інтенсивного сільського господарства.

Актуальними екологічними проблемами регіону залишаються проблеми забруднення природних вод, атмосферного повітря та утилізації твердих промислових і побутових відходів.

В останній час в регіоні кількість придатних земель різко зменшується, в тому числі через збільшення об'ємів видобутку корисних копалин відкритим способом. Кар'єрні роботи супроводжуються руйнуванням ґрунтового покриву, порушенням динамічної рівноваги в екосистемах та погіршенням санітарно-гігієнічних умов місцевості. Фундаментальні дослідження по рекультивативі земель проведені науковцями Дніпропетровського державного аграрного університету дозволили застосувати нові підходи для створення на них стійких агроекосистем, які мають господарський (на рівні зональних непорушених ґрунтів) та природоохоронний ефект, а при можливості рекреаційний.

Одним з чинників, лімітуючих врожайність сільськогосподарських культур, є вологість ґрунту. У степовій зоні, де опадів недостатньо і часто бувають посухи надмірний обробіток ґрунту плугом і дисковою бороною призводить до інтенсивного окислення ґрунтового вуглецю й виділення в атмосферу додаткових обсягів вуглекислого газу, тому виникає необхідність сприяння зміні традиційних прийомів землеробства на екологічно доцільні. А на сьогодні ця проблема на практиці майже не вирішується.