

4. *Вертелецький В.Є., Баріляк І.Р., Афанасьєва Н.О. та інші Моніторинг вроджених вад розвитку за міжнародними стандартами в Україні.- Збірник наукових праць «Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології Том 1., 2007.- с.430-434.*
5. Down syndrome time-clustering in January 1987 in Belarus: Link with the Chernobyl accident? Ivan Zatsepin, Pierre Verger, Elisabeth Robert-Gnansia, Bertrand Gagnière, Margot Tirmarche, Rostislav Khmel, Irina Babicheva and Gennady Lazjuk *Reproductive Toxicology Volume 24, Issues 3-4, November-December 2007, Pages 289-295*
6. <http://www.moz.gov.ua/ua/main/press/docID=7865>

Резюме

Виявлено докази впливу малих доз іонізуючого опромінення у сім'ях учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та евакуйованих на реалізацію додаткового мутагенного вантажу через збільшення кількості вроджених вад розвитку серед новонароджених.

Обнаружено доказательства влияния малых доз ионизирующего облучения в семьях участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и эвакуированных на реализацию дополнительной мутагенной нагрузки в отношении увеличения врожденных пороков развития среди новорожденных.

The study results indicated evidence of low-dose radiation exposure impact on realization of additional mutagenic burden in the liquidators and evacuees families through the extent of congenital malformations level among newborns.

ГОРОВА А.І., ПАВЛИЧЕНКО А.В.

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ НАСЛІДКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Високий рівень забруднення об'єктів довкілля в Україні призводить до деградації екосистем, підвищення рівня захворюваності населення та погіршення демографічних показників. Ці проблеми особливо актуальні для техногенно-навантажених регіонів України, у тому числі Дніпропетровської області, яка є однією з найбільших індустріально-розвинених, з високим рівнем урбанізації. На території області створена потужна енергетична база, яка стала основою розвитку гірничодобувного комплексу [1, 2].

Тому намітилася цілком обґрунтована тенденція необхідності оцінки екологічного стану довкілля не тільки традиційними фізико-хімічними методами, що встановлюють фактичні значення концентрацій різноманітних забруднювачів, але й шляхом використання цитогенетичних методів біоіндикації [3]. Останні, як відомо, дають відповіді на питання про загальну токсичність і мутагенність забруднених об'єктів довкілля та ступінь їх небезпеки для біоти та людини, тобто сприяють розв'язанню низки актуальних екологічних проблем у системі сталого розвитку гірничопромислового регіону і держави в цілому [4, 5].

В Україні проведений ряд біоіндикаційних досліджень для визначення екологічного стану окремих об'єктів довкілля або окремих територій, натомість майже не проводилися дослідження комплексного впливу забруднювачів окремих гірничо-промислових виробництв на стан компонентів довкілля.

Тому **метою роботи** є розв'язання актуальної науково-практичної задачі, яка полягає у

встановленні кількісних і якісних закономірностей деградаційного впливу різних видів гірничої промисловості на стан довкілля і біоти з використанням цитогенетичних методів біоіндикації.

Об'єкти та методи дослідження

Для дослідження була вибрана територія Дніпропетровської області, на якій були виділені різні за видом гірничої промисловості міста: Вільногірськ (видобуток поліметалічних руд), Жовті Води (уранові руди), Павлоград (вугільна промисловість), Нікополь (гірничо-металургійна промисловість). В якості контролю була використана територія курорту ЛОК "Солоний Лиман" Новомосковського району Дніпропетровської області. На території кожного міста були вибрані від двох до чотирьох тест-полігонів, які охоплювали як промислові, так і селітебні зони. На кожному з них виділяли від 4 до 8 моніторингових точок, на яких проводився відбір зразків ґрунтів та рослин. Всього досліджено 52 моніторингові точки.

Комплексна біоіндикаційна оцінка впливу діяльності гірничої промисловості на стан об'єктів навколишнього середовища проведена за цитогенетичними тестами "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів", "Частота аберантних хромосом", "Мітотичний індекс" (рис. 1) [6].

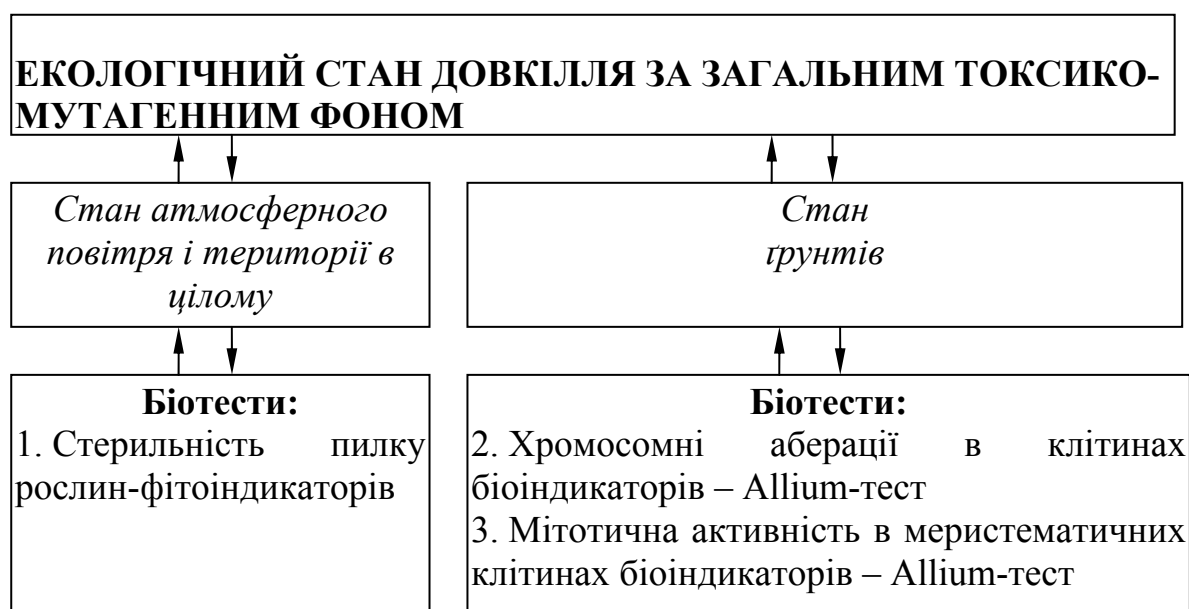


Рис. 1 – Структурна схема цитогенетичних показників, які характеризують екологічний стан території за токсико-мутагенним фоном

Біоіндикаційні показники було переведено в єдину безрозмірну систему умовних показників ушкоджуваності біосистем:

$$УПУ_i = \frac{|P_{реал} - P_{комф}|}{|P_{крит} - P_{комф}|}, \quad (1)$$

де $УПУ_i$ – i -ий умовний показник ушкоджуваності біопараметру, спричинений несприятливими умовами довкілля; $P_{комф}$. і $P_{крит}$. – експериментально встановлені значення біопараметру в комфортних та критичних для організму умовах, відповідно; $P_{реал}$ – значення біопараметру у досліджуваному варіанті.

Усереднений умовний показник ушкодження біоіндикаторів визначали за формулою:

$$ІУПУ_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n УПУ_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{|P_{реал} - P_{комф}|}{|P_{крит} - P_{комф}|} \right]_i, \quad (2)$$

Інтегральний показник, що характеризує стан довкілля за загальним токсикомутагенним фоном ($IУПУ_{\text{біоінд.}}$), передбачає паритетність складових і обчислювався за формулою:

$$IУПУ_{\text{біоінд.}} = \frac{1}{m} (УПУ_1 + УПУ_2 + УПУ_3 + \dots + УПУ_m), \quad (3)$$

де $УПУ_1, УПУ_2, УПУ_3, \dots, УПУ_m$ – інтегровані показники біоіндикації токсикомутагенної активності атмосфери та педосфери (m – число вибраних тест-показників).

Для оцінки стану довкілля використовували уніфіковану шкалу приведену в табл. 1.

Таблиця 1

Шкала оцінки екологічного стану довкілля і рівнів ушкодженості біоіндикаторів

Діапазон чисельних значень УПУ	Рівень ушкодженості біосистем	Стан біосистем	Оцінка екологічної ситуації
0,000 – 0,150	низький	сприятливий	еталонна
0,151 – 0,300	нижче за середній	насторожуючий	задовільна
0,301 – 0,450	середній	конфліктний	незадовільна
0,451 – 0,600	вище за середній	загрозливий	незадовільна
0,601 – 0,750	високий	критичний	катастрофічна
0,751 і вище	максимальний	небезпечний	катастрофічна

Результати досліджень

Результати оцінки токсичності атмосферного повітря за тестом "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів" на території гірничопромислових центрів Дніпропетровської області приведено на рис. 1 і табл. 2.

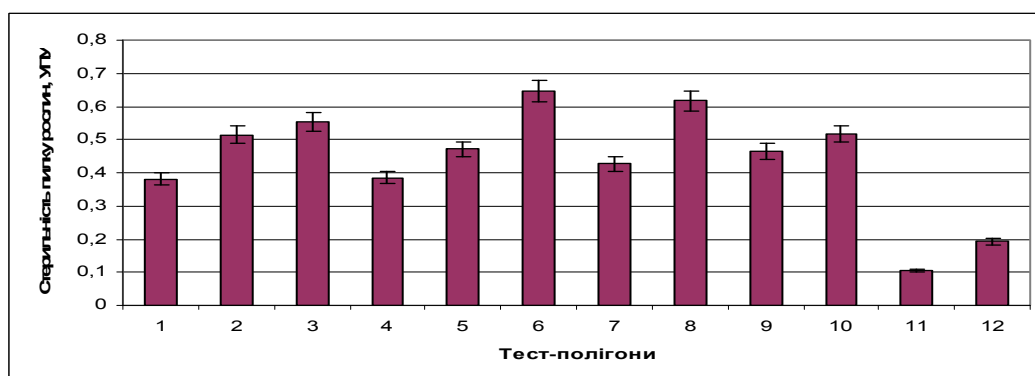


Рис. 1. Порівняльна оцінка токсичності атмосферного повітря за тестом "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів" на досліджуваних тест-полігонах

Тест-полігони: 1 – район південного трубного заводу, м. Нікополь; 2 – район феросплавного заводу м. Нікополь; 3 – центр міста Нікополь; 4 – район ж/м Новопавлівка та Лапінка м. Нікополь; 5 – сельбщна зона м. Жовті Води; 6 – промислова зона м. Жовті Води; 7– сельбщна зона м. Вільногірськ; 8 – промислова зона м. Вільногірськ; 9 – сельбщна зона м. Павлоград; 10 – промислова зона м. Павлоград; 11 – рекреаційна територія ЛОК "Солоний лиман"; 12 – сільськогосподарські угіддя с. Новотроїцьке.

З рис. 1 видно, що на території полігонів, які розташовані у промислових зонах спостерігається підвищена токсичність атмосфери у порівнянні з сельбщними зонами. Найбільша токсичність атмосфери спостерігається у промзонах міст Жовті Води та Вільногірськ, а на території ЛОК "Солоний лиман" вона найнижча.

Таблиця 2

Порівняльна оцінка токсичності атмосферного повітря на території гірничопромислових центрів Дніпропетровської області

Місто	$IUTU \pm m$	Екологічна ситуація
м. Нікополь	0,454±0,039	Незадовільна
м. Жовті Води	0,533±0,040	Незадовільна
м. Вільногірськ	0,509±0,068	Незадовільна
м. Павлоград	0,491±0,033	Незадовільна
ЛОК "Солоний Лиман"	0,145±0,031	Еталонна - Задовільна

Аналіз даних табл. 2 свідчить про те, що умовний показник ушкоджуваності біоіндикаторних систем на досліджуваній території промислових міст змінюється від 0,454 до 0,533 у.о., що вказує на "незадовільний" стан атмосферного повітря та "загрозливий" стан біоіндикаторів. Найбільша токсичність атмосферного повітря спостерігається у мм. Жовті Води та Вільногірськ, $IUTU$ дорівнює 0,533 і 0,509, відповідно. Що стосується території ЛОК "Солоний Лиман", то екологічний стан атмосфери оцінюється як "еталонний" з "низьким" рівнем ушкодженості біоіндикаторів. Слід відмітити, що рівень ушкодженості біоіндикаторів, що характеризує токсичність атмосферного повітря в 3–3,6 раз більше на території гірничопромислових міст Дніпропетровської області в порівнянні з контрольною територією.

Таким чином, на території досліджених гірничопромислових центрів Дніпропетровської області загальна токсичність атмосферного повітря за тестом "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів" у 3–3,6 раз вища, ніж на контрольній території ЛОК "Солоний Лиман". Найбільша токсичність атмосферного повітря спостерігається на територіях міст Жовті Води та Вільногірськ.

Результати оцінки токсико-мутагенної активності ґрунтів на досліджуваних тест-полігонах приведені на рис. 2 і табл. 3. Аналіз даних рис. 2 виявив високі значення токсичності та мутагенності ґрунтів на території тест-полігонів розташованих у гірничопромислових центрах. Висока токсичність та мутагенність ґрунтів визначена на території промислових зон міст Жовті Води та Вільногірськ. Найкраща ситуація на території гірничопромислових центрів спостерігається у сельбійській зоні м. Павлоград. На контрольній території виявлена найменша токсичність і мутагенність ґрунтів.

Аналіз даних табл. 3 свідчить про те, що умовний показник ушкоджуваності, який характеризує токсичність ґрунтів у гірничопромислових центрах змінюється від 0,544 до 0,732 у.о. Це свідчить про "катастрофічний" екологічний стан ґрунтів у мм. Жовті Води та Вільногірськ і "незадовільний" у мм. Нікополь і Павлоград. На території ЛОК "Солоний Лиман" стан ґрунтів за показником токсичності оцінений як "еталонний". Токсичність ґрунтів на території гірничопромислових міст Дніпропетровської області в 8,2-11 раз більше ніж на території ЛОК "Солоний Лиман".

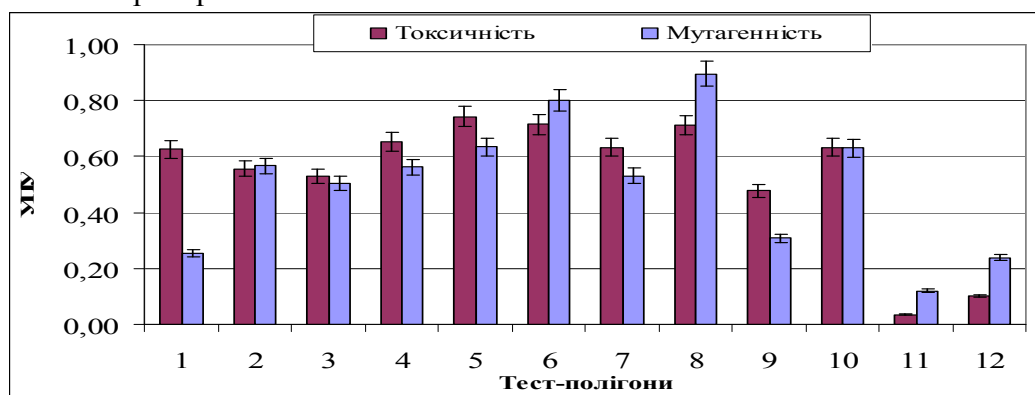


Рис. 2. Порівняльна оцінка токсичності та мутагенності ґрунтів на досліджуваних тест-полігонах за тестами "Мітотичний індекс" і "Частота аберантних хромосом"

Таблиця 3

Порівняльний аналіз токсико-мутагенної активності ґрунтів на досліджуваній території за результатами Allium-тесту

Досліджувана територія	Токсичність, ІУПУ±m	Мутагенність, ІУПУ±m	Токсико-мутагенна активність, ІУПУ±m	Екологічна ситуація
м. Нікополь	0,596± 0,026	0,497± 0,060	0,546±0,035	Незадовільна
м. Жовті Води	0,732± 0,023	0,701± 0,068	0,716±0,011	Катастрофічна
м. Вільногірськ	0,660± 0,021	0,652± 0,077	0,656±0,003	Катастрофічна
м. Павлоград	0,544± 0,045	0,446± 0,068	0,495±0,035	Незадовільна
ЛОК "Солоний Лиман"	0,066± 0,054	0,174± 0,029	0,138±0,040	Еталонна - Незадовільна

Що стосується мутагенності ґрунтів, то на території міст Жовті Води та Вільногірськ відмічається їх "катастрофічний" стан за цією ознакою. У містах Нікополь і Павлоград стан ґрунтів оцінений як "незадовільний". На території контролю відмічається "задовільний" стан ґрунтів з "сприятливим" станом біоіндикаторів. Мутагенність ґрунтів у мм. Жовті Води, Вільногірськ, Нікополь і Павлоград у 2,5–4 рази вище ніж на контрольній території. Слід відмітити, що оцінки стану ґрунтів за їх токсичністю та мутагенністю збігаються практично в усіх досліджуваних містах, виключенням є контрольна територія де відмічене незначне збільшення мутагенності ґрунтів у порівнянні з токсичністю. Загальна токсико-мутагенна активність ґрунтів за інтегральним показником, змінюється від "еталонної" на території ЛОК "Солоний лиман" (УПУ=0,138 у.о.) до "катастрофічної" у м. Жовті Води (УПУ=0,716 у.о.).

"Катастрофічний" стан ґрунтів відмічений на території м.Вільногірськ, біоіндикатори знаходяться в "критичному" стані. На територіях міст Нікополь і Павлоград стан ґрунтів за їх токсико-мутагенною активністю оцінений як "незадовільний" з "загрозливим" станом біосистем. Екологічний стан ґрунтів на контрольній території оцінений як "еталонний" і рівень ушкодженості біосистем менший в 3,5–5,2 раз у порівнянні з промисловими центрами Дніпропетровської області.

Таким чином, токсичність ґрунтів на території міст Жовті Води, Вільногірськ, Нікополь і Павлоград у 8,2–11 раз, а мутагенність у 2,5–4 рази вище ніж на контрольній території ЛОК "Солоний Лиман". Найбільша токсико-мутагенна активність ґрунтів спостерігається на території міст Жовті Води та Вільногірськ.

Результати комплексної оцінки токсико-мутагенної активності об'єктів довкілля на досліджуваній території приведені в табл. 4 і на рис. 3.

Таблиця 4

Порівняльна оцінка токсико-мутагенної активності ґрунтів та атмосферного повітря на територіях гірничопромислових центрів Дніпропетровської області за результатами біоіндикації

Показник стану довкілля		Місто				
		Нікополь	Жовті Води	Вільно-гірськ	Павло-град	Солоний лиман
Атмосфера	Токсичність	0,454± 0,039	0,533± 0,040	0,509± 0,068	0,491± 0,033	0,145± 0,031
	Токсичність	0,596± 0,026	0,732± 0,023	0,660± 0,021	0,544± 0,045	0,066± 0,054
Ґрунти	Мутагенність	0,497± 0,060	0,701± 0,068	0,652± 0,077	0,446± 0,068	0,174± 0,029

Загальний токсико-мутагенний фон	0,515± 0,034	0,655± 0,050	0,607± 0,040	0,493± 0,023	0,128± 0,026
----------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

З даних табл. 4 видно, що на території двох досліджуваних міст Дніпропетровської області – Жовті Води та Вільногірськ за результатами трьох біотестів виявлена "катастрофічна" екологічна ситуація. На території міст Нікополь і Павлоград вона "незадовільна". Інтегральна екологічна оцінка території ЛОК "Солоний лиман" за комплексом біотестів виявила "еталонний" стан об'єктів довкілля з "сприятливим" станом біосистем. Токсико-мутагенна активність об'єктів навколишнього середовища на територіях гірничопромислових міст у 3,8-5 раз більша ніж на контрольній території, яка має мінімальний рівень техногенного навантаження.

Інтегральна екологічна оцінка території ЛОК "Солоний Лиман" за комплексом цитогенетичних біотестів підтвердила "еталонний" стан об'єктів навколишнього середовища з "низьким" рівнем ушкоджуваності біосистем, що вказує на можливість використання даної території у якості контролю в системі комплексного моніторингу Дніпропетровської області.

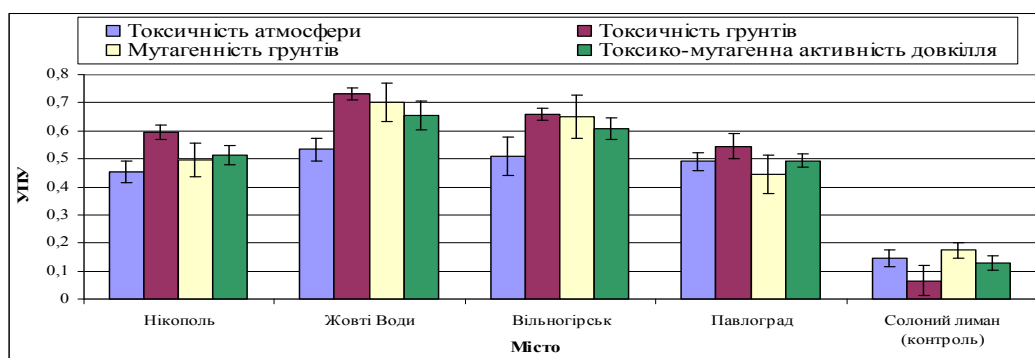


Рис. 3. Порівняльна характеристика токсико-мутагенної активності об'єктів довкілля на територіях гірничопромислових центрів Дніпропетровської області

З рис. 3 видно, що на території всіх гірничопромислових міст Дніпропетровської області найгірша ситуація спостерігається за показником токсичність ґрунтів. Найкраща ситуація виявлена за показником токсичності атмосферного повітря.

Токсико-мутагенна активність об'єктів навколишнього середовища на територіях гірничопромислових міст у 3,8 – 5 раз вища ніж на контрольній території, яка має мінімальний рівень техногенного забруднення. Проводячи зіставлення результатів еколого-генетичної оцінки стану об'єктів довкілля за допомогою трьох біотестів, було встановлено, що найбільш чутливим з них є біотест "Мітотичний індекс" у кореневих меристемах *Allium cepa* L.

Аналіз результатів комплексних досліджень стану довкілля на території гірничопромислових міст Дніпропетровської області за результатами біоіндикаційних досліджень (рис. 4), вказує на значне перевищення (у 2,5–11 разів) умовних показників ушкодженості біоіндикаторів у всіх досліджуваних містах в порівнянні з контролем. Виявлено, що більшість використаних біоіндикаційних показників мають високі рівні ушкодженості. Найбільш чутливим є показник, що характеризує токсичність ґрунтів (Мітотичний індекс), за яким на території досліджуваних міст спостерігається найбільше перевищення аналогічних показників на контрольній території.

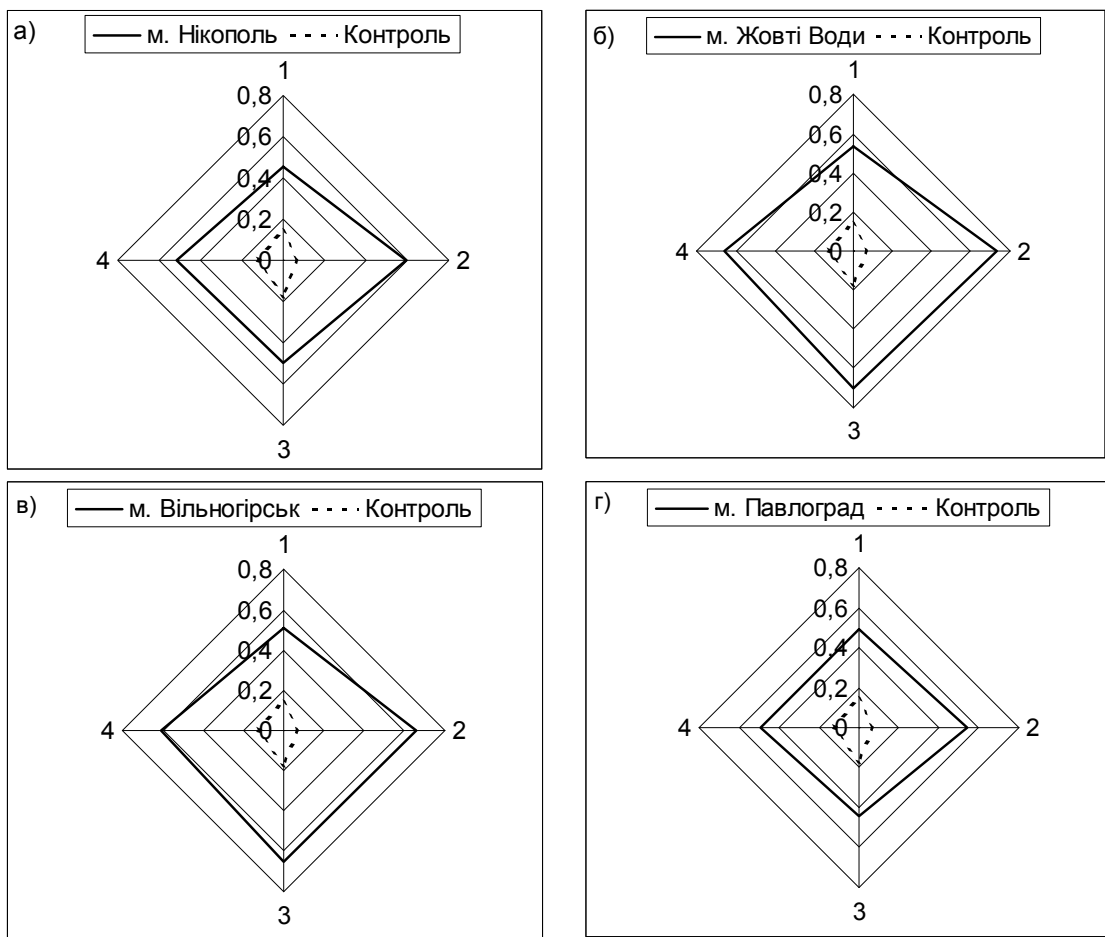


Рис. 4. Порівняльна характеристика екологічного стану досліджуваних міст Дніпропетровської області за результатами біоіндикаційних досліджень. 1 – Токсичність атмосферного повітря за тестом "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів", ІУПУ; 2 – Токсичність ґрунтів за тестом "Мітотичний індекс", ІУПУ; 3 – Мутагенність ґрунтів за тестом "Частота аберантних хромосом", ІУПУ; 4 – Загальний токсико-мутагенний фон довкілля,

Найбільші рівні ушкодженості біоіндикаторів спостерігаються на територіях видобутку та збагачення уранових руд (м. Жовті Води), а також видобутку поліметалічних руд (м. Вільногірськ). Менші рівні ушкодженості біоіндикаторів спостерігаються на територіях розробки вугільного родовища (м. Павлоград) та марганцевого родовища (м. Нікополь). Слід відмітити, що у м. Жовті Води спостерігається найгірша ситуація за всіма біоіндикаційними показниками. На території інших міст рівень ушкодженості біоіндикаторів менший, ніж у м. Жовті Води, але відмічено перевищення показників на контрольній території.

Таким чином, на досліджуваних територіях Дніпропетровської області було встановлено наступне:

1. На території досліджуваних міст за допомогою тесту "Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів" виявлено "незадовільний" стан атмосферного повітря та "загрозливий" стан біоіндикаторів. Екологічний стан атмосферного повітря на території мм. Жовті Води, Вільногірськ, Павлоград і Нікополь приблизно однаковий і оцінюється як "загрозливий". На території ЛОК "Солоний лиман" спостерігається найнижча токсичність атмосферного повітря, у 3-3,6 раз менше, ніж на території досліджуваних міст Дніпропетровської області.

2. Загальна токсико-мутагенна активність досліджених ґрунтів, визначена з використанням Allium-тесту, змінюється від "еталонної" на території ЛОК "Солоний лиман" до "катастрофічної" у м. Жовті Води. Також "катастрофічний" стан ґрунтів

відмічено на території м. Вільногірськ, у містах Нікополь і Павлоград стан ґрунтів за їх токсико-мутагенною активністю оцінено як "незадовільний" з "загрозливим" станом біосистем. Екологічний стан ґрунтів на контрольній території оцінено як "еталонний" і рівень ушкодженості біосистем менше в 3,5–5,2 раз у порівнянні з промисловими центрами Дніпропетровської області.

3. За загальною токсико-мутагенною активністю об'єктів навколишнього середовища, оціненою за комплексом біотестів, виявлено на території міст Жовті Води і Вільногірськ "катастрофічну" екологічну ситуацію, у містах Нікополь і Павлоград - "незадовільну". Інтегральна еколого-генетична оцінка території ЛОК "Солоний лиман" виявила "еталонний" стан об'єктів навколишнього середовища з "сприятливим" станом біосистем. Токсико-мутагенна активність об'єктів навколишнього середовища на територіях промислових міст у 3,8-5 раз більша ніж на контрольній території, яка має мінімальний рівень техногенного навантаження.

Література

1. Сердюк А. М. Навколишнє середовище і здоров'я населення / А. М. Сердюк // Довкілля та здоров'я. – 1998. – № 4(7). – С. 2–6.

2. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. – Д., 2007. – 112 с.

3. Дуган А.М., Баріляк І.Р., Журков В.С. Выявление и оценка суммарной мутагенной активности аэрозольной части химических загрязнений атмосферного воздуха некоторых промышленно развитых городов Украины // Цитология и генетика. – 1993. – 27, №4, С.34–39.

4. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов / А.И. Горвая, Л.Ф. Бобырь, Т.В. Скворцова и др. // Цитология и генетика. – 1996. – №6(30). – С.78–86.

5. Горвая А.И., Павличенко А.В. Методология эколого-социального мониторинга горно-промышленных регионов, как составляющая устойчивого развития Украины // Гігієна населених місць: Зб. наук. праць. Київ, 2004. – Вип. 43. – С. 552–559.

6. МР 2.2.12-141-2007. Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням інтегральних цитогенетичних методів оцінки. // Упоряд.: Горова А. І., Риженко С. А., Скворцова Т. В.// – Київ: „Полімед”, 2007.

Резюме

Визначені рівні токсико-мутагенної активності ґрунтів та атмосферного повітря за допомогою цитогенетичних методів біоіндикації. Проведена екологічна оцінка стану об'єктів навколишнього середовища на території гірничопромислових центрів Дніпропетровської області.

The levels of toxic and mutagenic activity of soils and atmosphere air by means of cytogenetic methods of bioindication are defined. The ecological assessment of environmental objects state at the territories of mining and industrial centers of Dnipropetrovsk region is conducted.

ГРА О.А.^{1,2}, КОЖЕКБАЕВА Ж.М.^{1,3}, ГРА Д.В.⁴, ФЕДОРОВА М.Д.⁴, СКОТНИКОВА О.И.⁵, КИСЕЛЕВА Н.П.⁴, КИСЕЛЕВ Ф.Л.⁴, НАСЕДКИНА Т.В.², ГОЛДЕНКОВА-ПАВЛОВА И.В.¹

¹Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Россия, Москва, Ул. Губкина 3. 119991,

²Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН,

³University of Miami Miller School of Medicine Institute for Human Genomics,

⁴НИИ канцерогенеза РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН,

⁵Московский научно-практический центр борьбы с туберкулезом