

УДК 622.235

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Т. Ф. Холоденко, Е. Б. Устименко, А. Л. Кириченко**

ГП «Научно-производственное объединение «Павлоградский химический завод»  
ул. Заводская, 44, г. Павлоград, 51402, Украина, E-mail: ooen@pkhz.dp.ua

**А. И. Горвая**

ГВУЗ «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49005, Украина. E-mail: kafedra\_ecology@ukr.net

Рассмотрены современные подходы экологического мониторинга, основанные на методах физико-химической и биоиндикационной оценки изменения состояния окружающей среды под воздействием техногенных факторов. На примере исследований, выполненных на территории ГП «НПО «ПХЗ», показано, что биоиндикационные и цитогенетические методы оценки состояния биологических объектов являются универсальными для определения влияния промышленной деятельности предприятий любого профиля, в том числе и горнодобывающего, на окружающую среду и человека. Доказано, что интегрирование методов биоиндикации в систему экологического мониторинга позволяет установить токсико-мутагенный фон, оценить состояние природных объектов и, соответственно, влияние техногенных факторов работы промышленных предприятий на природные объекты, расположенные на территории и вблизи таких предприятий.

**Ключевые слова:** физико-химический и биоиндикационные методы, экологический мониторинг, объекты окружающей среды.

**ВИКОРИСТАННЯ БІОІНДИКАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ  
В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Т. Ф. Холоденко, Є. Б. Устименко, О. Л. Кириченко**

ДП «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»  
вул. Заводська, 44, м. Павлоград, 51402, Україна. E-mail: dirhz@mail.pkhz.dp.ua

**А. І. Горва**

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: kafedra\_ecology@ukr.net

Розглянуті сучасні підходи екологічного моніторингу, що базуються на методах фізико-хімічної та біоіндикаційної оцінки змін стану навколишнього середовища під впливом техногенних факторів. На прикладі досліджень, виконаних на території ГП «НПО «ПХЗ», показано, що біоіндикаційні та цитогенетичні методи оцінки стану біологічних об'єктів є універсальними для визначення впливу промислової діяльності підприємств будь-якого профілю, у тому числі й гірничо-видобувного, на навколишнє середовище та людину. Доведено, що інтегрування методів біоіндикації до системи екологічного моніторингу дозволяє встановити токсико-мутагенний фон, оцінити стан природних об'єктів і, відповідно, вплив техногенних факторів роботи промислових підприємств на природні об'єкти, розташовані на території та поблизу таких підприємств.

**Ключевые слова:** фізико-хімічний та біоіндикаційні методи, екологічний моніторинг, об'єкти навколишнього середовища.

**АКУТАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** На современном этапе развития горной промышленности неотъемлемой частью процесса добычи полезных ископаемых являются буровзрывные работы. Проведение промышленных взрывов оказывает на окружающую среду различного вида воздействия техногенного характера. Одним из таких воздействий является образование и распространение газопылевых продуктов взрыва. При этом наметилась тенденция роста объема потребления промышленных взрывчатых веществ, обусловленная необходимостью обеспечения объемов добычи полезных ископаемых, которая, соответственно, способствует увеличению выбросов загрязняющих веществ.

Проблема снижения негативного воздействия взрывов с применением промышленных взрывчатых веществ (ВВ) на окружающую среду требует использования более безопасных в экологическом отношении технологий ведения взрывных работ, а также методов контроля, которые позволяют опера-

тивно и эффективно определять уровень техногенной нагрузки и не допускать ухудшения экологического состояния объектов окружающей среды.

За последнее десятилетие достижения в области совершенствования взрывных технологий позволили минимизировать степень влияния техногенных факторов на окружающую среду, и, в первую очередь, за счет оптимизации характеристик применяемых ВВ, средств инициирования, параметров и условий проведения взрыва, учитывающих особенности горно-геологических условий разрабатываемых месторождений. Наряду с развитием технологий буровзрывных работ (БВР), совершенствуются и методы контроля состояния окружающей среды.

*Анализ предыдущих исследований.* Для определения возможных факторов загрязнения окружающей среды в местах ведения взрывных работ специалистами НИИ ВЭМ ГП «НПО «ПХЗ» разработан и внедрен комплекс методов, позволяющий осуществлять контроль состояния воздушной среды, почвы и

грунтових вод [1, 2]. Даний комплекс передбачає використання теоретических і експериментальних методів досліджень, як на стадії проектування ВВ і технологій БВР, так і при їх впровадженні і застосуванні.

Використовувані теоретическі методи включають в себе термохімічну і термодинамічну оцінку здатності складових вибухових речовин (ВВ) до утворення тих або інших продуктів вибуху. Подібна оцінка дозволяє вирішувати різного роду задачі, при цьому суттєво скорочуючи обсяг проведення експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження, засновані на фізико-хімічних методах, можуть проводитися в лабораторних умовах або безпосередньо на об'єктах ведення вибухових робіт.

Так, наприклад моделювання процесу вибухчатого перетворення заряду ВВ при вибуху в калориметричеській бомбі дозволяє досліджувати якісно-кількісні характеристики складових утворених продуктів детонації. На кар'єрах для підтвердження екологічеської безпеки застосовуваних технологій ведення вибухових робіт проводиться інструментальний контроль повітряного середовища, ґрунту і ґрунтових вод, спрямований на визначення вмісту шкідливих речовин, що утворюються при вибуху скважинних зарядів ВВ. Вибір відповідних проб повітряного середовища, ґрунту, ґрунтових вод, здійснюється до початку заряджання скважин і після проведення вибуху. Крім цього, проводиться вибір газопилових викидів в час вибуху з використанням вакуумного пробовідбірника, який встановлюється безпосередньо на блоці за крайніми рядами скважин.

Ефективність і застосовність таких методів підтверджується тим, що результати вимірювань, отримані при проведенні вибухових робіт на кар'єрах з використанням ЭВВ марки «ЕРА», добре узгоджуються з теоретическими дослідженнями. Також слід відзначити, що вимірювання виконувались в різних умовах вибуху ЭВВ марки «ЕРА» в 19 областях України, в тому числі при використанні на кар'єрах з різними горно-геологічеськими умовами. Тому використання таких фізико-хімічних методів досліджень дозволяє ефективно визначати фактори забруднення і отримувати дані для проведення кількісної оцінки викидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище при веденні вибухових робіт.

Однак використання тільки традиційних фізико-хімічних методів дослідження впливу вибухів ВВ на екологічеське середовище не дозволяє визначити сумарний ефект в результаті впливу сукупності всіх факторів забруднення в певний визначений період часу.

Основною критеріальною оцінкою санітарно-гігієнічеських і фізико-хімічеських методів дослідження є порівняння фактичеської концентрації речовин в середі ( $C_{\phi}$ ) з установленними нормативними показателями гранично-допустимих концентрацій (ПДК) для окремих об'єктів окру-

жуючеської середі. Для токсичних речовин безпечна концентрація визначається з умови

$$C_{\phi}/ПДК < 1, \quad (1)$$

Недостатком такої схеми оцінки якості середі є розбіжності між природоохоронними і санітарно-гігієнічеськими функціями різних міністерств, відомств, а також, часті відмінності значень ПДК в різних країнах.

Також, застосування вищевказаних методів дослідження стану навколишньої середі орієнтовані на контроль обмеженої кількості і якості установленних і нормованих показателів. Крім того, за даними [3, 4] щорічно в світі синтезується близько 250 тис. нових хімічеських сполучень, більшість з яких мають токсико-мутагенні властивості, які можуть негативно впливати на біоту і здоров'я людини. Тому в останній час все більше уваги науковців-технічеських спеціалістів привертають біоіндикаційні методи оцінки стану навколишньої середі. Використання методів заснованих на аналізі реакції певних біологічеських систем на різних рівнях організації (молекулярній, клітинній, організмічеській) на вплив забруднюючих речовин дозволяє встановлювати відповідні реакції, інтегровані в часі і просторі.

В зв'язі з цим, в умовах високої техногенної навантаженості території України, особливо в місцях розташування гірничодобуваних підприємств, необхідно передбачувати впровадження і застосування високочувствителів біоіндикаційних методів оцінки і контролю стану навколишньої середі. Для отримання інформації, як о короткочасній, так і довготривалій дії шкідливих речовин на протязі певного періоду часу є цілеспрямованим застосування цитогенетичеських методів біоіндикації [5].

Метою роботи є визначення ефективності і можливості доповнення існуючеської системи екологічеського моніторингу ГП «НПО «ПХЗ» високочувствителів цитогенетичеськими методами контролю.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** В даний час на території ГП «НПО ПХЗ» проводиться практичеська реалізація методів біоіндикації, яка полягає в оцінці стану середі за загальною токсико-мутагенною фонові. Основною виробничеською діяльністю підприємства спеціалізується на випуску промислових ВМ, товарів народного споживання (лаки, олифа і т.д.), а також утилізації боєприпасів і ракетного палива від СКД МБР РС-22.

При виконанні досліджень діяльності підприємства, як потенціального джерела забруднення навколишньої середі, розглядалось його вплив на прикладі конкретних виробств, учасків, виробничеських будівель, оскільки вони відрізняються специфікою технологічеських процес-

сов, характеристикой применяемых сырья и материалов и др.

Для мониторинговых исследований на территории предприятия было определено и обосновано два мониторинговых тест-полигона. На каждом из полигонов были выделены шесть мониторинговых точек, в которых производился отбор образцов грунта (9–12 проб) и растений (не менее 10 видов). Отбор об-

разцов осуществляли по правилу «конверта», сторона которого составляла 10-100м в соответствии с картой-схемой, приведенной на рис. 1.

Принципиальная схема проведения комплексного экологического мониторинга окружающей среды с использованием методов биоиндикации приведена на рис. 2.

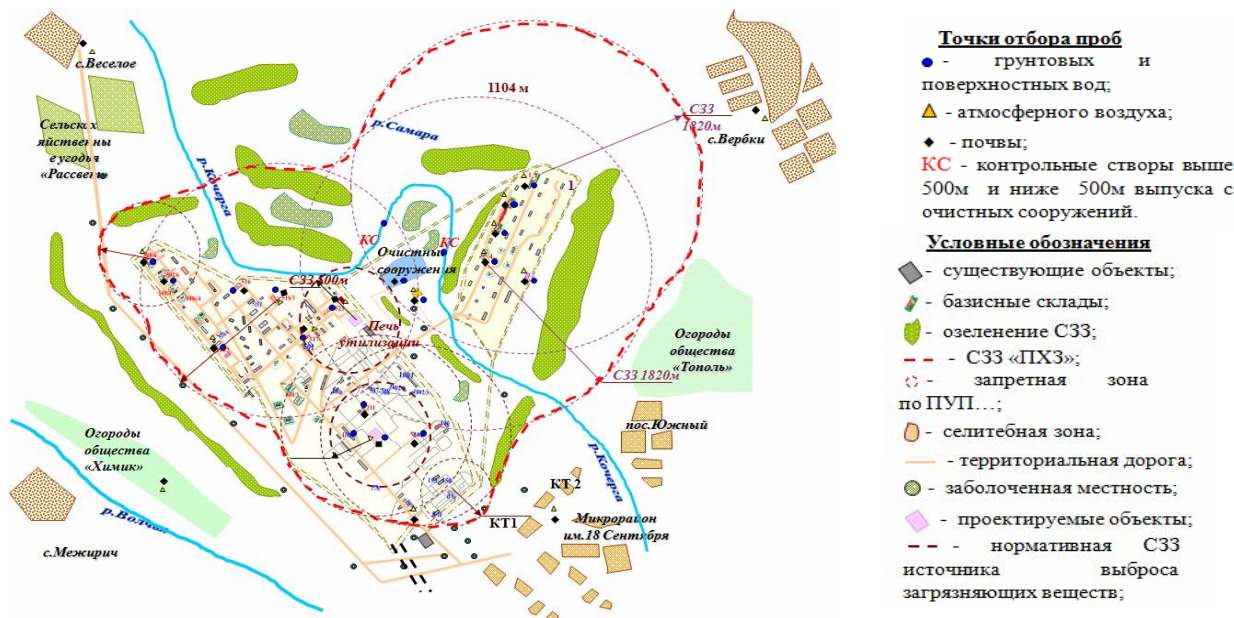


Рисунок 1 – Карта-схема проведения мониторинговых исследований на территории ГП «НПО «ПХЗ»

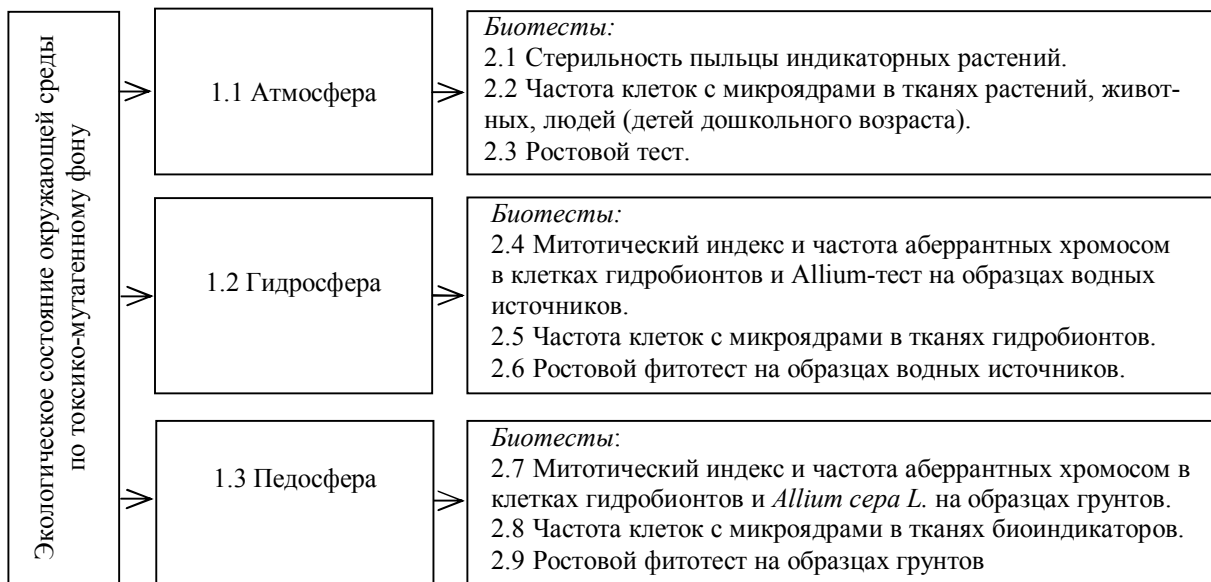


Рисунок 2 – Структурная схема эколого-гигиенического мониторинга объектов окружающей среды

Как видно из представленной схемы, верхний структурный уровень состоит из трех показателей экологического состояния отдельных объектов окружающей среды (атмосферы, гидросферы и педосферы) по токсико-мутагенному фону.

Состояние атмосферного воздуха определяли по тестам «Стерильность пыльцы растений–

фитоиндикаторов», «Микроядерный тест» в соматических клетках биоиндикаторов и «Ростовой тест». Состояние грунтов определяли Allium-тестом на образцах грунтов, «микроядерным тестом» в клетках ткани биоиндикаторов и «Ростовым тестом» на образцах исследуемых грунтов.

Методы определения токсико-мутагенной активности объектов окружающей среды (воды, грунтов, атмосферного воздуха, отходов) базировались на установлении разницы между значениями цитогенетических показателей, которые анализировались с аналогичными условиями в экологически чистых условиях.

Критерием токсичности являлся процент ухудшения роста биоиндикаторов и величины митотического индекса в меристематических клетках в опытах по сравнению с контролем за: 48 часов – у *Allium cepa* L.; 72 часа – у *Rapanus sativus* L.; 120 часов – у *Triticum durum* L. Критерием мутагенности являлось увеличение частоты встречаемости стерильных клеток пыльцы и клеток с аберрантными хромосомами в корневой меристеме индикаторных растений, а также клеток с микроядрами в тканях биоиндикаторных растений, животных и в эпителиоцитах ротовой полости у детей дошкольного возраста, которые проживают на исследуемой территории.

На территории завода были проведены широкомасштабные исследования, направленные на экспресс-диагностику экологического состояния и здоровья исследуемых объектов с применением высокочувствительных цитогенетических методов. В результате выполнения работы было проведено экологическое районирование территории предприятия, а также оценено состояние здоровья работников различных структурных подразделений.

По результатам проведенных исследований был установлен общий уровень токсико-мутагенного состояния живых организмов на основании, чего была получена общая картина состояния объектов окружающей среды и здоровья людей на территории предприятия. При этом, по критерию токсичности, не выявлено ухудшения роста биоиндикаторов и величины митотического индекса в клетках микроорганизмов, что показывает, на отсутствие выбросов токсических веществ в окружающую среду от производственной деятельности предприятия, способных отрицательно влиять на жизнедеятельность микроорганизмов и обладающих способностью накапливаться в них. По критерию мутагенности не выявлено увеличения частоты встречаемости стерильных клеток пыльцы и клеток с аберрантными хромосомами, а также клеток с микроядрами у биоиндикаторных растений произрастающих на территории предприятия, животных, находящихся на территории предприятия, и в эпителиоцитах ротовой полости персонала предприятия и детей дошкольного возраста, проживающих в районе размещения предприятия. Это подтверждает отсутствие выбросов и техногенных факторов отрицательного влияния деятельности производственных участков предприятия на окружающую среду, способствующих мутагенным проявлениям в растениях и животных организмах.

Косвенной характеристикой влияния деятельности предприятия на окружающую среду может быть оценка по динамике заболеваемости работников,

занимающихся производственными процессами на территории предприятия. При этом, следует учитывать, что на динамику заболеваемости, также влияют и факторы социально-экономического и бытового характера.

Для косвенной оценки был проведен анализ частоты случаев заболеваемости работников и количества выбросов загрязняющих веществ за период с 2006 по 2012 г.

Количество выбросов загрязняющих веществ определяли физико-химическими методами исследований при проведении экологического мониторинга на предприятии в указанный период времени. Результаты выполненных измерений приведены на рис. 3.

Данные, приведенные на рис. 3, указывают, на положительную динамику снижения выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками предприятия.

В данном случае снижение вредных выбросов является следствием проведения на ГП «НПО» ПХЗ» целенаправленной работы по внедрению экологически безопасных и энергосберегающих технологий, которые соответствуют требованиям современных европейских и мировых стандартов. При этом следует отметить, что объемы производства выпускаемой ГП «НПО «ПХЗ» продукции с 2006 по 2010 г. в среднем возросли на 45 %.



Рисунок 3 – Результаты измерений количества выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками предприятия

В качестве исходных данных по количеству случаев заболеваемости работников предприятия были использованы статистические данные, предоставленные медико-санитарными учреждениями СМСЧ № 15 и № 7 г. Павлограда. Для оценки динамики использовали приведенный коэффициент  $\eta$ , который рассчитывался по формуле:

$$\eta = \frac{N_{\text{заб}}}{N_{\text{раб}}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{заб}}$  – число случаев заболеваний работников;  $N_{\text{раб}}$  – среднесписочное число работников предприятия.

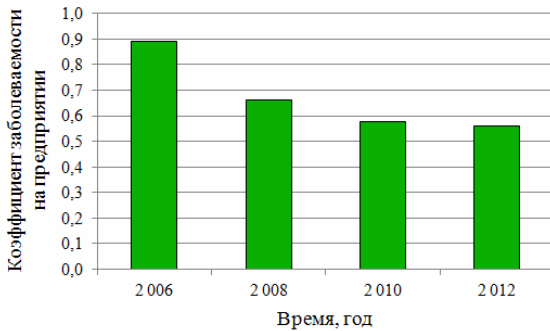


Рисунок 4 – Динамика заболеваемости работников предприятия ГП «НПО «ПХЗ»

Как видно из представленных на рис. 4 данных, уровень заболеваемости работников предприятия за период с 2006 по 2012 г снизился более чем на 35 %. При этом, следует отметить, что диагностическая оценка заболеваемости людей, основанная на биоиндикационных и цитогенетических методах, в целом согласуются с данными медицинских заключений.

По медицинским заключениям уровень заболеваемости работников предприятия обусловлен факторами среднестатистического состояния жизненного уровня населения и не носит профпатологического характера, обусловленного деятельностью предприятия. Отсутствие дефектов и патологий клеток биоорганизмов в биоиндикационных и цитогенетических методах подтверждает отсутствие влияния деятельности предприятия на окружающую среду, и соответственно на создание условий профпатологического ухудшения здоровья, как работников, так и населения проживающего на прилегающей к предприятию территории.

Таким образом, интегрирование методов биоиндикации в систему экологического мониторинга позволяет установить токсико-мутагенный фон, оценить состояние природных объектов и соответственно, влияние техногенных факторов работы промышленных предприятий на природные объекты, расположенные на территории и вблизи таких предприятий. Следует отметить, что биоиндикационные и цитогенетические методы оценки состояния биологических объектов являются универсальными для определения влияния промышленной деятельности любого профиля, в том числе и горнодобывающего, на окружающую среду и человека. Комплекс методов биоиндикации имеет важное значение в системе экологического мониторинга пред-

приятия, а также позволяет разрабатывать, внедрять реабилитационные мероприятия и реализовывать эффективную экологическую политику.

**ВЫВОДЫ.** На основании проведенных работ и полученных результатов методы биоиндикации могут быть рекомендованы для использования при проведении экологического мониторинга и оценке техногенной обстановки на объектах проведения взрывных работ, а также для оценки влияния промышленных взрывов на биологические объекты.

Также, среди основных преимуществ методов биоиндикации перед физико-химическими методами можно выделить возможность прогнозирования ожидаемых изменений в результате воздействия загрязняющих факторов в экосистемах и социуме, что позволяет своевременно принимать управленческие и реабилитационные решения относительно улучшения состояния окружающей среды и здоровья людей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Холоденко Т.Ф. Экологический мониторинг взрывных работ, проводимых с использованием ЭВВ марки «ЕРА» с продуктами переработки ТРТ // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 1/2008 (48), част. 1. – С. 97–99.
2. Устименко Е.Б., Холоденко Т.Ф. Оценка внутренних параметров влияния ЭВВ, в том числе с продуктами переработки ТРТ, на окружающую среду при их использовании на взрывных работах // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник КДПУ. – 2009. – № 2 (4). – С. 62–71.
3. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум: навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
4. Загальна екологія: практичний курс. Част. 1 / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова. – Чернівці: Рута, 2003. – 320 с.
5. Горová А.И., Скворцова Т.В., Павличенко А.В., Климкина И.И. Применение цитогенетического тестирования для оценки влияния деятельности горнопромышленных предприятий на состояние окружающей среды и здоровье населения // Сборник трудов НГУ. – 2003. – № 17, т. 2. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 522–531.

#### THE BIO-INDICATIVE RESEARCH TECHNIQUES USING FOR ECOLOGICAL MONITORING SYSTEMS AT INDUSTRIAL PLANTS

**T. Holodenko, Ye. Ystimenko, A. Kirichenko**

SE “Research-Industrial Complex “Pavlograd Chemical Plant”

vul. Zavodskaya, 44, Pavlograd, 51402, Ukraine. E-mail: ooen@pkhz.dp.ua

**A. Gorovaya**

State Higher Education Institution “National Mining University”

prosp. K. Marks, 19, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: kafedra\_ecology@ukr.net

The authors have considered modern approaches to ecological monitoring based on the methods of physicochemical

and bio-indicative assessments of change in the environmental conditions affected by the technogenic factors. The research work done at the area of SE RIC "PCP" has exemplified that bio-indicative and cytogenetic methods of assessment of state of biological objects are the universal ones for determining the industrial impact of enterprises of any specialization, including mining enterprises, on the environment and humans. Also, integration of bio-indicative methods in the ecological monitoring system enables to determine the toxico-mutagenic background, assess the state of natural objects, and, therefore, evaluate the technogenic impact of industrial enterprises onto the natural objects located within their territories or nearby.

**Key words:** physicochemical and bio-indicative methods, ecological monitoring, environmental compartments.

#### REFERENCES

1. Ustyenko, E.B., Shiman, L.N., Holodenko, T.F. (2008), "Ecological monitoring of blasting works conducted with use of "ERA" emulsion explosives containing products from SP reprocessing", *Transactions of KDPU n.a. Myhailo Ostrohradskyi*. – Kremenchuk, Ukraine, no.1 (48), part 1, pp. 97–99.
2. Ustyenko, E.B., Holodenko, T.F. (2009), "Assessment of internal parameters of impact of emulsion explosives, including those containing products from SP reprocessing, on the environment when their use in blasting works", *Modern resource-saving technologies in mining operations*, KDPU, Kremenchuk, Ukraine, No. 2(4), pp. 62–71.
3. Biliavskiy, G.O., Butchenko, L.I., Navrotskyi, V. M. (2002), *Osnovy ekologii: teoriya ta praktykum* [The fundamentals of ecology: theory and practical course], Libra, Kyiv, Ukraine.
4. Rudenko, S.S., Kostishin, S.S., Morozova, T.V. (2003), *Zagalna ekologiya: praktychnyi kurs* [General ecology: practical course], part 1, Ruta, Chernivtsi, Ukraine.
5. Gorovaya, A.I., Skvortsova, T.V., Pavlichenko, A.V., Klimkina, I.I. (2003), "Application of cytogenetic testing for assessment of the influence of mining industrial activities on the environment and human health", *Collected works of NMU*, no. 17, vol. 2, RIK NGU, Dnipropetrovsk, Ukraine, pp. 522–531.

Стаття надійшла 15.08.2013.