

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

Проведена биоиндикационная оценка экологического состояния атмосферного воздуха на территориях функционирования железорудных шахт. Установлены закономерности изменения уровней повреждения биоиндикаторов от удельного расхода взрывчатых веществ и расстояния до источника выброса.

Проведена біоіндикаційна оцінка екологічного стану атмосферного повітря на територіях функціонування залізорудних шахт. Встановлено закономірності зміни рівнів ушкодження біоіндикаторів від питомої витрати вибухових речовин і відстані до джерела викиду.

Held bioindicative assessment of the environmental condition of air in areas of iron ore mines functioning is performed. The regularities of changes in the damage levels of bioindicators to the specific consumption of explosives and the distance to the emission source are set.

Минерально-сырьевая база железных руд Украины представлена 80 месторождениями, 30 из которых находятся в стадии эксплуатации. Открытым и подземным способами богатые железные руды и железистые кварциты добываются на месторождениях Криворожского бассейна, Кременчугского и Белозерского железорудных районов. Руды Криворожского бассейна разрабатываются 9 карьерами и 7 шахтами, Кременчугский железорудный район – 2 карьерами, Белозерский железорудный район – 2 шахтами [1].

Для снижения негативного влияния на окружающую среду во время проведения взрывных работ все железорудные карьеры переведены на бестротиловые эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ). Как известно, при взрывании одного килограмма ЭВВ в воздух выбрасывается всего двадцать литров газа, что почти в четырнадцать раз меньше, чем при использовании тротилосодержащих взрывчатых веществ (ВВ).

Подземная добыча железных руд на территории Украины в основном осуществляется с применением тротилосодержащих ВВ. Ежегодно каждая шахта Криворожского бассейна использует 0,6–1,1 млн. кг ВВ, а Белозерского железорудного бассейна – 2,7–3,1 млн. кг ВВ. При взрывании 1 кг тротилосодержащих ВВ образуется 890–950 литров токсических газов [2, 3].

При подземной добыче железных руд с применением буровзрывных работ, в отработанный воздух шахт попадают загрязняющие вещества, которые выбрасываются через вентиляционные стволы в атмосферу без очистки. Такая ситуация объясняется отсутствием эффективного оборудования, позволяющего улавливать вредные вещества из отработанного воздуха выдающегося на поверхность на большой скорости и в значительных объемах. Вредные вещества, содержащиеся в выбросах шахт, рассеиваются на прилегающих территориях и представляют опасность для живых организмов, включая человека. Поэтому, возникает необходимость оценки экологического состояния атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к железорудным шахтам.

Для оценки качества окружающей среды применяют методы физико-химического анализа, которые позволяют определить концентрации вредных веществ в выбросах. Учитывая, то, что в результате проведения буровзрывных работ могут образовываться токсичные вещества, возникает необходимость применения высокочувствительных биоиндикационных методов, которые отражают биологическую активность совокупности загрязнителей. При этом, наиболее чувствительными являются цитогенетические методы биоиндикации, которые позволяют улавливать негативные изменения в биологических системах на ранних стадиях их проявления [4–6].

**Цель работы** проведение оценки экологического состояния атмосферного воздуха на территориях размещения железорудных шахт с использованием методов биоиндикации.

**Материалы и методы исследования.** Исследования были проведены на территории, прилегающей к железорудной шахте ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» (ЗАО «ЗЖРК»), вокруг трех вентиляционных стволов: северного, южного и дренажного (СВС, ЮВС и ДВС), из которых отработанная струя воздуха выбрасывается в атмосферу. Экологическое состояние атмосферного воздуха определялось методом биоиндикации с использованием высокочувствительного цитогенетического теста «Стерильность пыльцы растений». Пробы растений отбирали в четырех направлениях света на расстоянии 50, 100, 300, 500, 1000 и 2000 м от трех вентиляционных стволов. Исследования проводили в весенне-летние сезоны 2009–2011 гг.

Полученные результаты были переведены в единую систему условных показателей повреждаемости (УПП) биосистем. Для оценки экологического состояния атмосферного воздуха использовали оценочную шкалу [5, 6]. Результаты биоиндикационных исследований были использованы для определения уровней общего токсико-мутagenного фона атмосферного воздуха, обусловленного комплексным действием загрязнителей окружающей среды.

В результате проведенных исследований было установлено, что в 2009 г. наибольшие значения условных показателей повреждаемости биоиндикаторов в диапазоне 0,400–0,550 у.е. наблюдаются на расстоянии до 500 м от источников выброса. По мере удаления от источника выбросов (от 500 до 2000 м) наблюдается уменьшение УПП биоиндикаторов с 0,400 до 0,250 у.е., а на расстоянии более 2000 м УПП уменьшается до 0,200 у.е.

В 2010 г. было установлено, что на расстоянии 600–700 м от источников выброса происходит уменьшение УПП с 0,600 до 0,400 у.е. При дальнейшем удалении от источника выброса от 700 до 2000 м УПП уменьшается до 0,300–0,250 у.е. На расстоянии свыше 2000 м от источника выброса УПП приближается к 0,200 у.е.

По результатам исследований проведенных в 2011 г. установлено, что вблизи источников выброса на расстоянии до 500–600 м УПП уменьшается с 0,600 до 0,400 у.е. Далее с увеличением расстояния от 500 до 2000 м происходит дальнейшее уменьшение УПП с 0,400 до 0,250 у.е. Свыше 2000 м УПП уменьшается до 0,200 у.е.

Условные показатели повреждаемости биоиндикаторов на различных расстояниях от источников выброса были использованы для построения карты

изолиний, характеризующих уровни токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха (рис. 1–3).



Рис. 1. Изолинии условных показателей повреждения биоиндикаторов на территории, прилегающей к ЗАО «ЗЖРК», 2009 г.



Рис. 2. Изолинии условных показателей повреждения биоиндикаторов на территории, прилегающей к ЗАО «ЗЖРК», 2010 г.



Рис. 3. Изолинии условных показателей повреждения биоиндикаторов на территории, прилегающей к ЗАО «ЗЖРК», 2011 г.

Анализ данных рис. 1–3 выявил, что наибольшие уровни повреждения биоиндикаторов наблюдаются в южном, восточном и северном направлениях от источников выбросов.

Общую картину изменения значений УПП с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению их значений за исследуемый период 2009–2011 гг. (рис. 4). Выполненный анализ позволил установить, что с увеличением расстояния до 2000 м от источника выброса значения УПП уменьшаются в 1,5–2 раза.

Проведя аппроксимацию максимальных значений, получены эмпирические уравнения зависимостей УПП от расстояния до источника выброса за период 2009–2011 гг.

Для 2009 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,54 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ у.е., при } R = 94,5 \%, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от источника выброса, м.

$R$  – достоверность аппроксимации, %.

Для 2010 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,53 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ у.е., при } R = 92,2 \%. \quad (2)$$

Для 2011 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,49 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ у.е., при } R = 94,5 \%. \quad (3)$$

Для 2009–2011 гг. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = a \cdot e^{-b \cdot L}, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – данные числа, содержащие известные величины.

Каждое из этих данных значений изменяется от удельного расхода ВВ  $q$  по следующим закономерностям:

$$a = 0,41 \cdot q^{-0,53} ; \quad (5)$$

$$b = -0,0003 . \quad (6)$$

Подставив уравнения (5) и (6) в выражение (4) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирическую формулу для определения УПП с учетом удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса:

$$УПП = 0,41 \cdot q^{-0,53} \cdot e^{-0,0003 \cdot L} , \text{ у.е.}, \quad (7)$$

где  $q$  – удельный расход ВВ, кг/т.

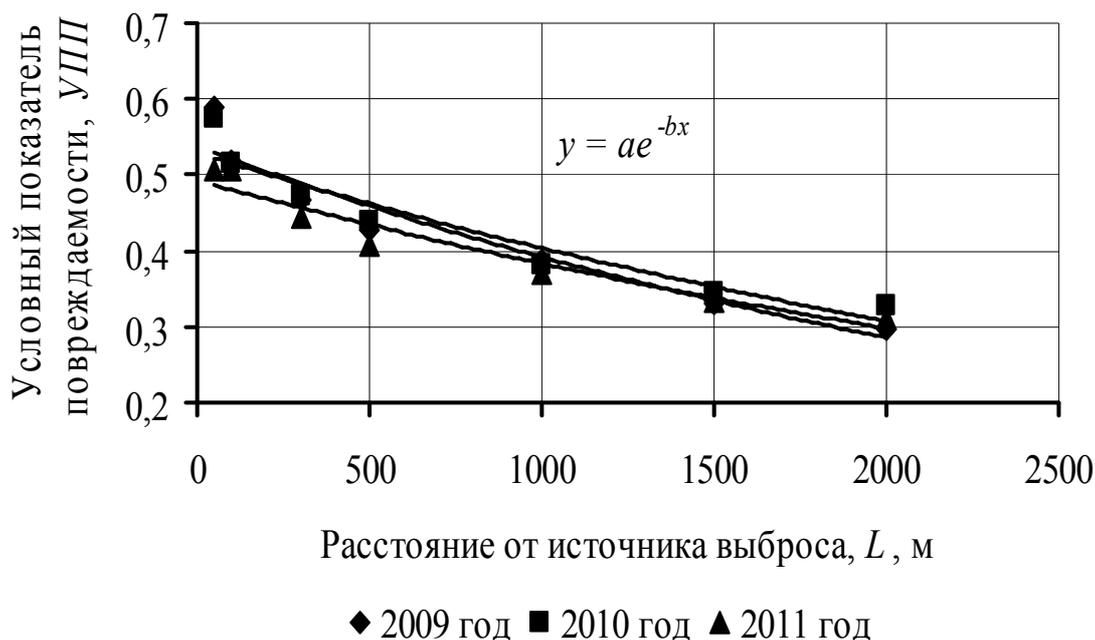


Рис. 4. Характер изменения УПП от расстояния до источника выброса

**Выводы.** В результате проведенных исследований на территории размещения железорудных шахт были установлены уровни повреждения биоиндикаторов произрастающих на территориях прилегающих к вентиляционным стволам шахт. Наибольшие уровни повреждения биоиндикаторов выявлены на расстоянии до 500 м от источника выбросов. По мере удаления от вентиляционных стволов железорудной шахты наблюдается уменьшение уровней повреждаемости растительных организмов.

Установлено, что условные показатели повреждаемости биоиндикаторов зависят от удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса и изменяется по экспоненциальной зависимости. Определение УПП растений позволит спрогнозировать и установить области экологического риска вокруг источников выброса.

Выявленные в результате проведенных исследований уровни повреждения биоиндикаторов подтверждают необходимость разработки комплекса природоохранных технологий, позволяющих повысить уровни экологической безопасности подземной добычи железных руд.

### Список литературы

1. Горнорудное дело Украины в сети Интернет: справочник / О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко, А. Б. Владыко, Д. В. Мальцев. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 288 с. – На русском языке.
2. Покорители недр таврии. Посвящается добыче 100-миллионной тонне руды! / [под коорд. В. В. Фортунина]. – Запорожье: Цель, 2003. – 156 с.
3. Поздняков З. Г. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания / З. Г. Поздняков, Б. Д. Росси. – [2-е изд.]. – М.: Недра, 1977. – 253 с.
4. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. - М.: Агропромиздат. 1988. – 255 с.
5. Горвая А.И., Бобырь П.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. — Т.30, №6, С.78-86.
6. МР 2.2.12 – 141 – 2007 Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів / [С.А. Риженко, А.І. Горва, Т.В. Скворцова та ін.] – К.: Головне базове видавництво МОЗ України ДП "Центр інформаційних технологій", 2007 – 35 с.

*Рекомендовано к публикации д.б.н. Горовой А.И.  
Поступила в редакцию 18.04.2013*

УДК 622. 807

© А.А. Юрченко

## **ОБОСНОВАНИЕ СТЕПЕНИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДЫ ПРИ ОРОШЕНИИ ОБЛАКА ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ПЫЛИ ПОСЛЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРАХ**

Наведені теоретичні основи методики розрахунку швидкості осідання аерозольних часток із пилогазової хмари при масовому вибухові в кар'єрі. Надані результати розрахунку швидкості осідання залізорудного пилу та капель води з розмірами часток як в області дії закону Стокса, так і за її межами. Визначено необхідний діаметр капель води, при якому досягається ефективне пригнічення хмари залізорудного пилу при її зрошуванні.

Приведены теоретические основы методики расчёта скорости осаждения аэрозольных частиц из пылегазового облака при массовом взрыве в карьере. Даны результаты расчёта скорости осаждения железорудной пыли и капель воды с размерами частиц как в области действия закона Стокса, так и вне её пределов. Установлено необходимый диаметр капель воды, при котором достигается эффективное подавление облака железорудной пыли при его орошении.

The theoretical basis of methods for calculating the rate of floating of aerosol particles of dust and gas clouds at a mass explosion in open-pit s given. The results of calculating the rate of floating of iron ore dust and water droplets with a particle size both according to Stokes law and outside its limits are represntal. The reguired desired diameter of water drops, at which the efficient suppression of the iron ore dust clouds during its irrigation is established.

**Вступление.** При массовом взрыве в карьере в атмосфере образуется пылегазовое облако, состоящее из смеси пыли и взрывных газов. Высота