

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШАХТЫ

И. Миронова^{1*}

¹Кафедра экологии, Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

*Ответственный автор: e-mail mig220879@gmail.com, тел. +380676626206

PREDICTION OF CONTAMINATION LEVEL OF THE ATMOSPHERE AT INFLUENCE ZONE OF IRON-ORE MINE

I. Myronova^{1*}

¹Department of Ecology, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

*Corresponding author: e-mail mig220879@gmail.com, tel. +380676626206

ABSTRACT

Purpose. The main purpose of the work is estimating and predicting ecological state of the atmosphere air on the territory of iron-ore mine.

Methods. Laboratory research and biological estimation of the atmosphere state in the area of mine location were executed with the help of physical-chemical analysis and biological testing. Standard technique for calculating harmful substances concentrations in the atmosphere air has been used for identifying specifics of dissipation of ecologically hazardous substances in the atmosphere from the ventilation shaft of iron-ore mine.

Findings. As a result of the executed research into ecological condition of the atmosphere air in the vicinity of the iron-ore mine located within the city, we have revealed regularities of ground level concentration changes of ecologically hazardous substances depending on the distance to emission source. It is discovered that the conditional index of bioindicators damageability changes with increase of distance from the mine ventilation shaft. It is determined how the conditional index of bioindicators damageability relates to hazard index which helps to determine bioindicators damage levels at different distances from emission sources, both during the usage of trotyl-based and emulsion explosives.

Originality. Consists in establishing dependence of ground level concentrations of ecologically hazardous substances influence on the levels of bioindicators damageability at cellular and organismal levels, which will allow to estimate ecological condition of the atmosphere air on the territories adjacent to the mine.

Practical implications. Regularities of ground level concentrations of hazardous substances impact on the condition of indicating systems at various levels of their organization are established. It allows to estimate the state of environment and to increase reliability of local environmental monitoring in the area of iron-ore mine location.

Keywords: physical-chemical analysis, biological testing, ground level concentration of ecologically hazardous substances, conditional index of bioindicators damageability, ecological state of the atmosphere

1. ВВЕДЕНИЕ

Горнорудная промышленность Украины имеет мощный горнодобывающий потенциал и занимает одно из ведущих мест среди стран европейского союза по добыче железных руд. Украина входит в число ведущих минерально-сырьевых государств мира, которая занимает всего 0.4 % земной суши и имеет в своих недрах 5% минерально-сырьевого потенциала. В Украине разведано 49 месторождений железных руд, общие запасы которых свыше 28 млрд т, что составляет порядка 8 – 9% от мировых.

Наиболее значимыми месторождениями железной руды в Украине являются Криворожский железорудный бассейн, Кременчугский железорудный район, Белозерский железорудный район, Конкский район магнитных аномалий, Приднепровский железорудный район, Приазовский железорудный район, Одесско-Белоцерковский железорудный район и Керченский железорудный бассейн. Из выше перечисленных месторождений железных руд в настоящее время открытым и подземным способами разрабатываются Криворожско-Кременчугская железорудная зона (бассейн) и

подземным способом Белозерский железорудный район (Khomenko, Kononenko & Netecha, 2016).

В настоящее время для снижения негативного влияния на окружающую среду, а в частности атмосферный воздух, во время проведения взрывных работ все карьеры переведены на эмульсионные взрывчатые вещества (ВВ), при взрывании которых в атмосферу выбрасывается в четырнадцать раз меньше экологически опасных веществ, чем при использовании тротилосодержащих ВВ. На сегодняшний день на железорудных шахтах Украины до сих пор в качестве основных ВВ используются тротилосодержащие аналоги. После проведения взрывных работ, связанных с подземными горными работами, отработанный воздух из шахт выбрасывается в атмосферу через вентиляционные стволы без очистки, так как на сегодняшний день не существует эффективного оборудования и очистительных сооружений для улавливания и очистки газов, которые выдаются на поверхность в значительных объемах. В зависимости от расположения шахт и их вентиляционных стволов, исходящая струя воздуха, насыщенная экологически опасными веществами, негативно воздействует на объекты окружающей среды, здоровье населения и растительность, произрастающую на прилегающей к предприятию территории.

2. АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование природных ресурсов, нарушение природных систем, загрязнение окружающей среды и чрезмерная техногенная нагрузка приводит к тому, что экологические проблемы стали одним из актуальных проблем как государственного, так и регионального уровней. Оценка состояния окружающей среды в горнодобывающих регионах Украины свидетельствует об увеличении уровня экологической опасности и чрезвычайной антропогенной нагрузки.

Авторами в работе (Kulyna & Horova, 2009) представлены результаты анализа статистических данных санитарно-гигиенических показателей состояния окружающей среды в Червоноградском горнопромышленном регионе. Данные о количестве проб почвы, воды и атмосферного воздуха, которые превышали нормативные значения, были приведены к единой системе измерения, а именно к условным показателям загрязнения биологических систем, согласно методике представленной в работе (Horova, 2001). Выполненные исследования отдельных компонентов окружающей среды по санитарно-гигиеническим показателям, которые учитывали среднее их значение в Червоноградском горнопромышленном регионе с помощью интегрального условного показателя загрязнения, позволило установить, что уровень загрязнения окружающей среды в целом определен как “выше среднего”, а категория экологической опасности окружающей среды региона – “опасная”. На основе этого авторами сделан вывод, что существенное загрязнение окружающей среды в регионе требует внедрения мероприятий, направленных на улучшение качества окружающей среды, и снижения влияния горнодобывающей про-

мышленности региона на биоту и человека путем внедрения малоотходных и безотходных технологий по добыче и обогащению полезного ископаемого. Также проведение более детального наблюдения за объектами окружающей среды не только с помощью статистических данных, но и с использованием методов биоиндикации. В проведенных исследованиях не установлены закономерности изменения биологических показателей с увеличением расстояния от источников выброса, а представлены только статистические данные и качественная оценка состояния горнопромышленного региона.

Исследованиям состояния окружающей среды промышленной площадки горнорудного предприятия с помощью биоиндикации посвящена работа (Mashtaler, 2008). В тоже время в условиях постоянного техногенного влияния наблюдается нарушение роста и развития растений. Наиболее чувствительными к воздействию химических и физических факторов являются процессы образования микроспор. Поэтому целью исследований, выполненного автором, являлось изучение чувствительности мужского гаметофита пяти видов *Penstemon* для диагностики загрязнения среды на мониторинговом участке – промышленной площадке публичного акционерного общества “Южный горно-обогатительный комбинат” (ПАО “ЮГОК”, г. Кривой Рог). Основными компонентами аэрозольных выбросов предприятия является пыль и газообразные вещества (оксиды азота, серы и окись углерода). В результате выполненных исследований установлено, что пять видов *Penstemon* характеризуются разной чувствительностью к влиянию промышленных эмиссий горнорудного предприятия. Наиболее существенно изменяются значения показателей фертильности пыльцы у *Penstemon arizonicus* (почти в 10 раз), тогда как у *Penstemon digitalis*, *Penstemon leavigatus* и *Penstemon venustus* лишь до 30%. Полученные результаты дают возможность применения биоиндикационного метода для мониторинга состояния атмосферного воздуха на территориях прилегающих к горнорудному предприятию.

Во всем мире годовое потребление промышленных ВВ в настоящее время превысило 6 млн т. При разработке рудных месторождений основным способом отбойки полезного ископаемого является буровзрывной, что подтверждают данные об объемах применения ВВ (Davies & Calvin, 2016). Основная масса применяемых в горнорудной промышленности ВВ является тротилосодержащей, что является источником повышенного выделения газообразных токсичных выбросов. Группой авторов в работе (Chebenko, Kozlovskaya & Komir, 2009) представлены результаты экспериментальных исследований на протяжении 2005 – 2008 гг. по способам нейтрализации газообразных выбросов при проведении массовых взрывов на карьерах Кременчугского карьероуправления “Кварц”, Редутского и Крюковского карьероуправлений, добывающих граниты. В результате проведенных промышленных исследований установлено, что ускорение химических реакций взрывчатого превращения, вызванное присутствием гид-

роксида кальция и сульфата натрия, снижает количество токсичных выбросов. Снижение объемов выбросов оксидов углерода и азота достигается размещением нейтрализаторов в специальных конструкциях забоечных устройств, путем перемешивания с ВВ, расположением нейтрализаторов на стыке ВВ и забойки, что не влияет на интенсивность дробления пород, а в отдельных случаях и улучшает ее. Токсичные газы, содержащиеся в продуктах взрыва после завершения вторичных реакций, могут быть нейтрализованы солями щелочных металлов, оксидами и гидроксидами щелочноземельных металлов, поскольку они легко связывают образующиеся оксиды углерода и азота с образованием соответствующих нитратов, нитритов и формиатов (Guo, Gan, Tan & Yan, 2012; Qi, Wang, Gao & Jiang, 2014).

В представленных исследованиях отсутствуют результаты влияния взрывных работ в карьерах на объекты окружающей среды, а только представлены способы снижения негативного влияния массовых взрывов на атмосферный воздух.

Исследователями государственного высшего учебного заведения “Национальный горный университет” (ГВУЗ “НГУ”, г. Днепрпетровск), выполнены исследования на территории промышленной площадки частного акционерного общества “Запорожский железорудный комбинат” (ЧАО “ЗЖРК”), результаты которых отражены в работе (Ногова, Kolesnyk & Myronova, 2014). По результатам исследования получены эмпирические формулы, определяющие приземную концентрацию суммарного воздействия экологически опасных веществ с учетом удельного годового расхода ВВ и расстояния до источника выброса, которые использовались для дальнейшего сопоставления с показателями изменения состояния биоиндикаторов. Рассчитано условный показатель повреждаемости (УПП) биоиндикаторов, позволивший визуализировать токсико-мутагенную активность атмосферного воздуха вокруг источников выброса шахты, а использование полученных расчетных значений позволило установить регрессионную зависимость изменения УПП от приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ. Результаты многолетних исследований экологического состояния атмосферного воздуха промышленной площадки ЧАО “ЗЖРК” (Myronova & Borysovs'ka, 2014), и территорий, прилегающих к шахте, позволил составить оценочную шкалу экологической оценки состояния атмосферного воздуха вокруг источника выброса. Представленные результаты исследования состояния атмосферного воздуха выполнялись для железорудной шахты, которая расположена за пределами города.

Выполненные исследования в области техногенного влияния на атмосферный воздух горных предприятий проводились для карьеров и для шахт расположенных за пределами населенных пунктов, что обуславливает необходимость оценки влияния на воздушный бассейн горных предприятий ведущих разработку руд подземным способом расположенных в черте города.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ технических показателей производственной деятельности железорудных шахт Криворожского бассейна и Белозерского железорудного района позволил установить, наиболее актуальный полигон для проведения исследований по экологической оценке состояния атмосферного воздуха, которым является промышленная площадка и прилегающая к ней территория шахты “Новая” Общества с ограниченной ответственностью “Восток-Руда” (ООО “Восток-Руда”). Шахта “Новая” ООО “Восток-Руда” расположена в северной части Криворожского железорудного бассейна в районе города Желтые Воды Днепропетровской области и работает на базе Желтореченского месторождения железных руд.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха шахты “Новая” ООО “Восток-Руда” являются дробильно-сортировочная фабрика, закладочный, автотранспортный, железнодорожный цеха, котельная и шахта. В 2000 г. совместно с предприятием “Экоуниверсал” была проведена инвентаризация всех источников выбросов, выполнение которых позволило снизить выбросы в атмосферу на 1165 т/год. На дробильно-сортировочной фабрике было установлено ПОУ мокрой очистки, на закладочном комплексе для улавливания цементной пыли установлены рукавные фильтры, котельная переведена с мазута на газ. Значительное количество экологически опасных веществ несет отработанная струя воздуха, которая выдается на поверхность из вентиляционного ствола шахты “Северная-Дренажная”. Отсутствие эффективного оборудования и очистных сооружений для улавливания экологически опасных веществ из отработанной струи рудничного воздуха, который выдается на поверхность в больших объемах и со значительной скоростью, приводит к тому, что вредные вещества могут беспрепятственно поступать в окружающую среду и вызывать ухудшение ее качества.

Ухудшение состояния качества природной среды в районах размещения горнодобывающих предприятий вызывает необходимость поиска путей и методов преодоления отрицательных последствий вмешательства человека в функционирование природных систем (Kholodenko, Ustimenko, Pidkamenna & Pavlychenko, 2014). Поэтому целью работы является проведение оценки и прогнозирование экологического состояния атмосферного воздуха на территории размещения железорудной шахты. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: рассчитать рассеивание экологически опасных веществ вокруг шахтного источника выброса; оценить токсико-мутагенное состояние атмосферного воздуха на прилегающих к шахте территории; определить характер изменения индекса опасности от расстояния до источника выброса; установить уровень повреждения биоиндикаторов на разных расстояниях от источников выброса при использовании тротилосодержащих и эмульсионных ВВ.

Измерение концентрации экологически опасных веществ исходящих из вентиляционного ствола “Северная-Дренажная” выполнялись с помощью экспресс-метода физико-химического анализа. Отбор проб

анализируемого воздуха осуществляли в междусмен- ный перерыв после проведения взрывных работ в шахте. С помощью газоанализатора “Палладий-3М” и газоопределятеля ГХ-М проводили измерения концентрации окиси углерода и оксидов азота. Для определения особенностей рассеивания экологически опасных веществ в атмосфере от вентиляционного ствола использовали автоматизированную систему расчета загрязнения атмосферы “ЭОЛ 2000 [h]”. В основу программного обеспечения положены нормы, которые устанавливает методика расчета концентра- ций вредных веществ в атмосферном воздухе.

В расчетах принимались следующие исходные данные: коэффициент стратификации атмосферы $A = 200$, коэффициент рельефа местности $\eta = 1$, сред- няя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца года равная $+26.9^{\circ}\text{C}$, средняя темпе- ратура воздуха наиболее холодного месяца года -5.6°C , среднегодовая скорость ветра равная 10.5 м/с . Расчетный полигон представляет собой квадрат с размером стороны 8000 м , в центре которого размещается источник выброса. В расчетном квадрате топографическими знаками обозначены все попав- шие в него объекты. Источник выброса: вентиляци- онный ствол “Северная-Дренажная” – высота 5 м , диаметр выходного отверстия 4.7 м , расход воздуха $131.2 \text{ м}^3/\text{с}$ и температура воздуха равная 21°C . Вред- ные вещества: окись углерода – ПДК массовая разо- вая равная 5 мг/м^3 , класс опасности 4 , коэффициент оседания 1 , коэффициент потенцирования равный 0.9 ; оксиды азота – ПДК массовая разовая равная 0.085 мг/м^3 , класс опасности 2 , коэффициент оседа- ния 1 , коэффициент потенцирования равный 1.3 .

По результатам расчетов были построены изоли- нии, характеризующие приземную концентрацию суммарного воздействия экологически опасных ве- ществ от вентиляционного ствола за 2013 год (Рис. 1).

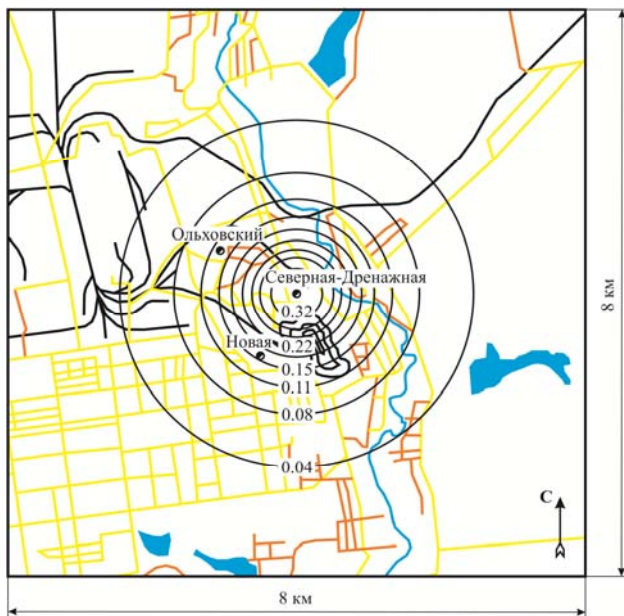


Рисунок 1. Изолинии приземных концентраций суммар- ного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты за 2013 год

Основные изолинии приземной концентрации сум- марного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в радиусе 355 м равно 0.32 д.е. от ПДК вещества и уменьшаются до 0.04 на расстоянии 2450 м от источника выброса (Рис. 1). Уменьшение приземной концентрации в среднем про- исходит с 200 до 750 м на $0.03 - 0.1 \text{ д.е.}$ от ПДК.

Общую картину изменения величины приземной концентрации суммарного воздействия, а также экологи- чески опасных веществ в отдельности, с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению их концентрации в д.е. от ПДК (Рис. 2).

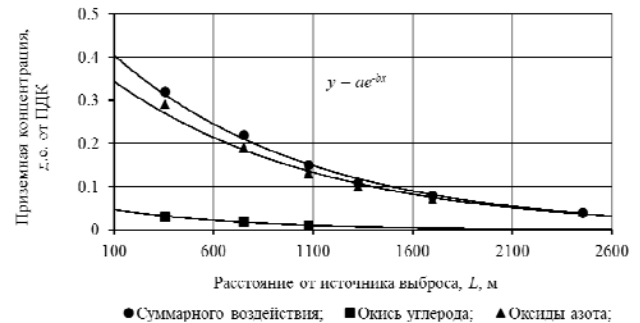


Рисунок 2. Характер изменения приземной концентра- ции экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты

В результате проведения аппроксимации макси- мальных значений, получены эмпирические уравне- ния зависимости приземной концентрации экологи- чески опасных веществ от расстояния до источника выброса. Величина приземной концентрации сум- марного воздействия:

$$C_{\text{сум.в}} = 0.45 \cdot e^{-0.001 \cdot L}, \quad (1)$$

где:

L – расстояние до источника выброса, м.

Величина приземной концентрации окись углерода:

$$C_{\text{CO}} = 0.05 \cdot e^{-0.002 \cdot L}. \quad (2)$$

Величина приземной концентрации оксидов азота:

$$C_{\text{NO}_x} = 0.38 \cdot e^{-0.001 \cdot L}. \quad (3)$$

Выполненный анализ значений приземных кон- центраций суммарного воздействия экологически опасных веществ, позволил установить, что с увели- чением расстояния до 2450 м от источника выброса значение концентраций уменьшаются в 8 раз.

Полученные зависимости использовались для дальнейшей сопоставления с показателями измене- ния состояния биоиндикаторов. Расчет УПП состоя- ния окружающей среды, который рассчитывается в долях единицы (д.е.), позволил визуализировать ток- сико-мутагенную активность атмосферного воздуха вокруг источника выброса (Рис. 3).

Изменения УПП биоиндикаторов с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению их концентрации в д.е. (Рис. 4).

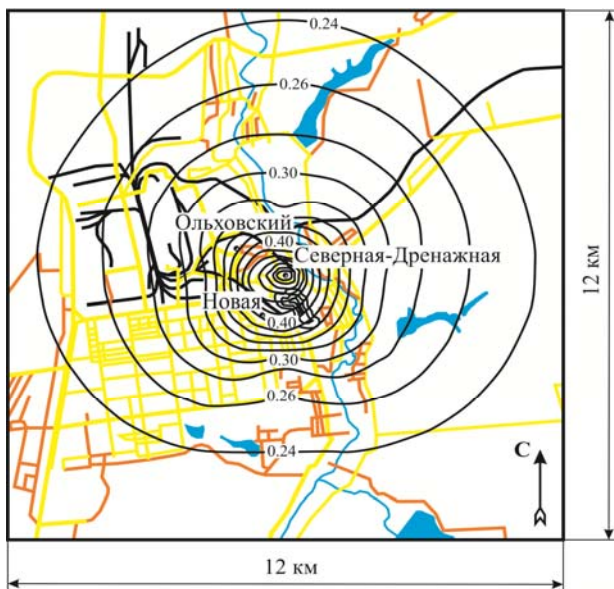


Рисунок 3. Пространственные изменения УПП биоиндикаторов на прилегающих территориях шахты “Новая” в 2014 году



Рисунок 4. Характер изменения УПП индикаторов вокруг вентиляционного ствола

В результате проведения аппроксимации максимальных значений, получено эмпирическое уравнение зависимости УПП от расстояния до источника выброса.

Величина УПП:

$$УПП = 0.5 \cdot e^{-0.0002 \cdot L} \quad (4)$$

Выполненный анализ значений УПП биоиндикаторов, позволил установить, что с увеличением расстояния до 3200 м от источника выброса значения концентраций уменьшается в 2 раза.

В результате выполненных исследований установлено повышение концентраций экологически опасных веществ, выделяющихся в атмосферный

воздух при проведении буровзрывных работ с применением тротилосодержащих ВВ. Выделяющиеся продукты взрыва вызывают загрязнение атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к вентиляционному стволу шахты, что приводит к угнетению и нарушению нормального роста и развития растительности. Кроме того, в зависимости от природно-климатических условий возможно проявление негативного влияния, выделяющихся экологически опасных веществ, как на работников комбината, так и фермерские хозяйства, расположенные на прилегающих к железорудной шахте территориях. В связи с этим, возникает необходимость в количественной оценке уровня экологической опасности для объектов окружающей среды, в том числе живых организмов от выбросов экологически опасных веществ. Определение уровня экологической опасности осуществляли с помощью методики, учитывающей риск для здоровья населения, подвергающегося негативному влиянию загрязняющих веществ выделяющихся при применении тротилосодержащих ВВ. Согласно результатов, представленных в работе (Khomenko, Kononenko & Myronova, 2013), применение на подземных горных работах эмульсионного ВВ типа Украинит ПМ-2Б приводит к снижению выделения экологически опасных веществ до 50%. Поэтому для повышения уровня экологической безопасности имеет место определение и сравнение коэффициентов и индексов опасности при использовании тротилосодержащих и эмульсионных ВВ.

Определение коэффициента экологической опасности возможного появления у живых организмов неканцерогенных эффектов от влияния рассматриваемых загрязняющих веществ производится по формуле:

$$HQ_i = \frac{C_i}{RfC} \quad (5)$$

где:

C_i – уровень влияния i -ого вещества, мг/м³;

RfC – безопасный уровень влияния, мг/м³.

Индекс опасности от комбинированного воздействия экологически опасных веществ проводили по формуле:

$$HI = \sum HQ_i \quad (6)$$

Результаты расчета индексов опасности для объектов окружающей среды при использовании на подземных горных работах тротилосодержащих и эмульсионных ВВ приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчетов коэффициентов и индексов опасности

Показатель	Расстояние от источника выброса, м				
	100	500	1000	1500	2000
Тротилосодержащие ВВ					
HQ (NO + NO ₂)	0.34	0.23	0.14	0.08	0.05
HQ (CO)	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00
HI	0.38	0.25	0.15	0.09	0.05
Эмульсионные ВВ					
HQ (NO + NO ₂)	0.17	0.12	0.07	0.04	0.03
HQ (CO)	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
HI	0.19	0.13	0.07	0.04	0.03

По результатам расчета коэффициентов и индексов опасности построен график зависимости индекса опасности от расстояния до источника выброса (Рис. 5).

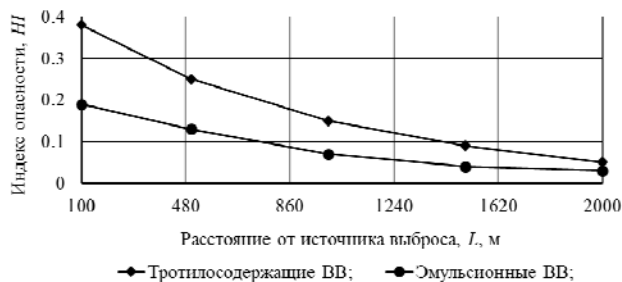


Рисунок 5. Характер изменения индекса экологической опасности от расстояния до источника выброса

Из анализа данных, представленных в Таблице 1 и Рисунке 5, видно, что при использовании тротилосодержащих ВВ наблюдаются наибольшие значения коэффициентов и индексов опасности для всех анализируемых загрязняющих веществ. Причем, по мере удаления от источников выброса происходит уменьшение коэффициентов и индексов опасности. Применение на подземных горных работах эмульсионного ВВ позволяет снизить коэффициенты и соответственно индексы экологической опасности в 2 раза.

В результате сопоставления данных УПП биоиндикаторов с индексами опасности было установлено, что на расстояниях от источников выброса, где наблюдались высокие уровни повреждаемости индикаторов, выявлены высокие значения индексов опасности. Данный факт позволил установить корреляционную зависимость значений УПП от индекса опасности, представленную на Рисунке 6.

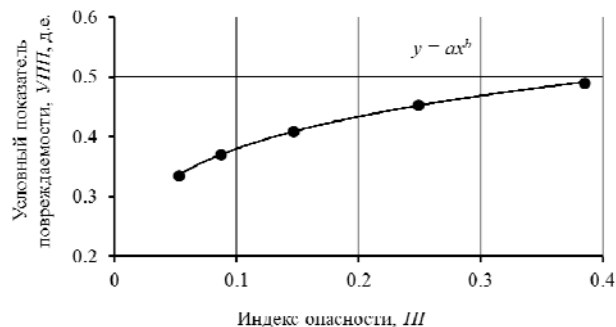


Рисунок 6. График зависимости УПП биоиндикаторов от индекса опасности

Проведя аппроксимацию максимальных значений, получено эмпирическое уравнение зависимости УПП биоиндикаторов от индекса опасности, которое имеет вид:

$$УПП = 0.6 \cdot HI^{0.2} \quad (7)$$

Используя формулу (7) определяли уровни повреждения биоиндикаторов на разных расстояниях от источников выброса, как при использовании тротилосодержащих, так и эмульсионных ВВ (Рис. 7).

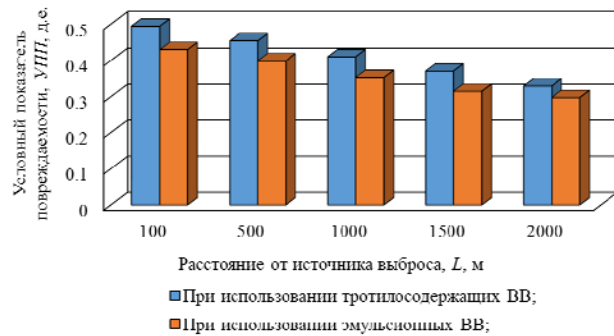


Рисунок 7. Гистограмма изменения УПП от расстояния до источника выброса при использовании тротилосодержащих и эмульсионных ВВ

Анализ результатов расчета УПП биоиндикаторов на прилегающей к железорудной шахте территории, представленный на Рисунке 7, позволил установить, что при использовании эмульсионных ВВ ингибирующее воздействие на состояние биоиндикаторов снижается от 10 до 15 % по сравнению с применением тротилосодержащих ВВ, что в свою очередь приводит к повышению уровня экологической безопасности.

4. ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований установлены закономерности изменения приземной концентрации экологически опасных веществ вокруг шахтного источника выброса с помощью экспресс-метода физико-химического анализа и расчета концентраций опасных веществ в атмосферном воздухе. Выполнена оценка и установлены закономерности общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха вокруг источников выброса. Установлено регрессионную зависимость изменения УПП биоиндикаторов от расстояния до шахтного источника выброса, которые позволяют прогнозировать экологические риски на территориях вокруг шахты. Получено эмпирическое уравнение зависимости УПП биоиндикаторов от индекса опасности. Определен УПП биоиндикаторов от расстояния до источника выброса при использовании тротилосодержащих и эмульсионных ВВ. Установлено, что при использовании на подземных горных работах эмульсионных ВВ ингибирующее воздействие на состояние биоиндикаторов снижается от 10 до 15% по сравнению с применением тротилосодержащих ВВ.

БЛАГОДАРНОСТЬ

За предоставление исходных данных и оказанную поддержку при проведении лабораторных исследований автор выражает благодарность отделу экологии шахты “Новая” ООО “Восток-Руда”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Chebenko, V., Kozlovskaya, T., & Komir, V. (2009). Prakticheskie sposoby neytralizatsii gazoobraznykh vybrosov pri provedenii massovykh vzryvov v kar'yerakh. *Informatsionnyy Byulleten' Ukrainskogo Soyuz Inzhenerov-Vzryvnikov*, (4), 17-22.

- Davies, G.E., & Calvin, W.M. (2016). Quantifying Iron Concentration in Local and Synthetic Acid Mine Drainage: A New Technique Using Handheld Field Spectrometers. *Mine Water Environ.*
<http://dx.doi.org/10.1007/s10230-016-0399-z>
- Guo, J., Gan, D.Q., Tan, J., & Yan, G.B. (2012). Analysis on Monitor and Experiment of Blasting Vibration for Sijiaying Iron Mine. *Applied Mechanics and Materials*, (214), 407-411.
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.214.407>
- Horova, A. (2001). Metodolohichni aspekty otsinky henetychnykh naslidkiv tekheohenuzu. *Ekolohiia i Pryrodokorystuvannia*, (1), 51-56.
- Horova, A., Kolesnyk, V., & Myronova, I. (2014). Pidvyshchennia rivnia ekolohichnoi bezpeky pry vydobutku zaliznykh rud pidzemnym sposobom. *Mining of Mineral Deposits*, 473-479.
- Kholodenko, T., Ustimenko, Y., Pidkamenna, L., & Pavlychenko, A. (2014). Ecological safety of emulsion explosives use at min-ing enterprises. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, 255-260.
<http://dx.doi.org/10.1201/b17547-45>
- Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2013). Blasting works technology to decrease an emission of harmful matters into the mine atmosphere. *Mining of Mineral Deposits*, 231-235.
<http://dx.doi.org/10.1201/b16354-43>
- Khomenko, O., Kononenko, M., & Netecha, M. (2016). Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings. *Mining of Mineral Deposits*, 10(1), 50-56.
<http://dx.doi.org/10.15407/mining10.01.050>
- Kulyna, S., & Horova, A. (2009). Sanitarno-hihiienichni pokaznyky chervonohradskoho hirnychopromyslovoho rehionu yak skladova intehralnoi otsinky yakosti stanu dovkillia. *Visnyk Lvivskoho Universytetu. Serii Biolohiia*, (50), 52-58.
- Mashtaler, N. (2008). Bioindykatsiia stanu dovkillia promyslovoho maidanchyku hirnycho-rudnoho pidprijemstva za zhyttiezdatnistiu pylku deiakykh vydiv Penstemon. *Naukovyi Visnyk Chernivetskoho Universytetu. Zb. Nauk. Prats. Biolohiia*, (417), 95-98.
- Mironova, I., & Borysovs'ka, O. (2014). Defining the parameters of the atmospheric air for iron ore mines. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, 333-339.
<http://dx.doi.org/10.1201/b17547-57>
- Qi, J.D., Wang, P., Gao, Y.T., & Jiang, Z.A. (2014). Study on Optimization of Numerical Simulation for Smooth Blasting Parameters in Xishimen Iron Mine. *Applied Mechanics and Materials*, (529), 605-610.
<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.529.605>

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Целью работы является проведение оценки и прогнозирование экологического состояния атмосферного воздуха на территории размещения железорудной шахты.

Методика. Лабораторные исследования и биологическая оценка состояния атмосферного воздуха в районе расположения шахты, выполнялись с помощью физико-химического анализа и биологического тестирования. Для определения особенностей рассеивания экологически опасных веществ в атмосфере от вентиляционного ствола железорудной шахты использовалась нормативная методика расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе.

Результаты. В результате выполненных исследований экологического состояния атмосферного воздуха вблизи железорудной шахты расположенной в черте города, выявлены закономерности изменения приземной концентрации экологически опасных веществ от расстояния до источника выброса. Выявлена зависимость изменения условного показателя повреждаемости биоиндикаторов с увеличением расстояния от вентиляционного ствола шахты. Установлена зависимость условного показателя повреждаемости биоиндикаторов от индекса опасности, с помощью которого определены уровни повреждения биоиндикаторов на разных расстояниях от источников выброса, как при использовании тротилосодержащих, так и эмульсионных взрывчатых веществ.

Научная новизна. Состоит в установлении зависимости влияния приземных концентраций экологически опасных веществ на уровни повреждаемости биоиндикаторов на клеточном и организменном уровнях, применение которых позволит оценить экологическое состояние атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к шахте.

Практическая значимость. Установлены закономерности влияния приземных концентраций опасных веществ на состояние индикаторных систем на различных уровнях их организации, что позволяет оценить состояния окружающей среды и повысить достоверность локального экологического мониторинга в районе размещения железорудной шахты.

Ключевые слова: физико-химический анализ, биологическое тестирование, приземная концентрация экологически опасных веществ, условный показатель повреждаемости биоиндикаторов, экологическое состояние атмосферного воздуха

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Метою роботи є проведення оцінки і прогнозування екологічного стану атмосферного повітря на території розміщення залізрудної шахти.

Методика. Лабораторні дослідження і біологічна оцінка стану атмосферного повітря в районі розташування шахти, виконувалися за допомогою фізико-хімічного аналізу та біологічного тестування. Для визначення особливостей розсіювання екологічно небезпечних речовин в атмосфері від вентиляційного ствола залізрудної шахти використовувалася нормативна методика розрахунку концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Результати. В результаті виконаних досліджень екологічного стану атмосферного повітря поблизу залізорудної шахти розташованої в межах міста, виявлені закономірності зміни приземної концентрації екологічно небезпечних речовин від відстані до джерела викиду. Виявлено залежність зміни умовного показника ушкодження біоіндикаторів зі збільшенням відстані від вентиляційного ствола шахти. Встановлено залежність умовного показника ушкодження біоіндикаторів від індексу безпеки, за допомогою якого визначено рівні ушкодження біоіндикаторів на різних відстанях від джерел викиду, як при використанні тротиловмістких, так і емульсійних вибухових речовин.

Наукова новизна. Полягає у встановленні залежності впливу приземних концентрацій екологічно небезпечних речовин на рівні ушкодження біоіндикаторів на клітинному і організменому рівнях, застосування яких дозволить оцінити екологічний стан атмосферного повітря на територіях, прилеглих до шахти.

Практична значимість. Встановлено закономірності впливу приземних концентрацій небезпечних речовин на стан індикаторних систем на різних рівнях їх організації, що дозволяє оцінити стан навколишнього середовища та підвищити достовірність локального екологічного моніторингу в районі розміщення залізорудної шахти.

Ключові слова: фізико-хімічний аналіз, біологічне тестування, приземна концентрація екологічно небезпечних речовин, умовний показник ушкодження біоіндикаторів, екологічний стан атмосферного повітря

ARTICLE INFO

Received: 2 March 2016

Accepted: 18 May 2016

Available online: 30 June 2016

ABOUT AUTHORS

Inna Myronova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 10/705, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: mig220879@gmail.com