

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШАХТЫ

*А.И. Горовая, И.Г. Миронова, А.В. Павличенко,
Национальный горный университет, Украина*

Выявлены приоритетные источники загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК». Проведена оценка уровня загрязнения объектов окружающей среды на разных расстояниях от источников выброса загрязняющих веществ. Установлены зависимости изменения приземных концентраций загрязняющих веществ от расхода взрывчатых веществ и расстояния от источника выброса. Предложена технология отбойки железной руды с использованием эмульсионного взрывчатого вещества украинит-ПМ-2Б.

Запасы железных руд на нашей планете составляют около 150 млрд. т, а наиболее богатыми странами, в пересчете на железо, являются: Россия, Бразилия, Австралия, Украина, Китай, Индия и США. В Европе и мире Украина выделяется своими крупными по запасам месторождениями железа. В Государственном балансе полезных ископаемых Украины учтены запасы железных руд в размере 28,491 млрд. т. Они сосредоточены в 52 месторождениях, из которых на сегодняшнее время разрабатываются 24. Кроме того, разведаны запасы железных руд объемом в 10,8 млрд. т, не включенные в Государственный баланс.

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 перечисленных месторождений железных руд в настоящее время открытым и подземным способами разрабатываются Криворожско-Кременчугская железорудная зона (бассейн) и подземным способом Белозерский железорудный район. Руды Криворожского бассейна разрабатываются 9 карьерами и 7 шахтами, Кременчугский железорудный район – 2 карьерами, Белозерский железорудный район – 2 шахтами [1].

Анализ технических показателей производственной деятельности железорудных шахт Криворожского бассейна и Белозерского железорудного района позволил установить, что шахтами Частного акционерного общества «Запорожский железорудный комбинат» (ЧАО «ЗЖРК») для добычи железной руды используется в среднем 2,9 тыс. т тротилосодержащих взрывчатых веществ (ВВ) в год, что в 5-7 раз больше, чем на каждой железорудной шахте в отдельности. На подземных горных работах шахтами ЧАО «ЗЖРК» используются ВВ типа аммонит № 6 ЖВ, граммонит 79/21 и граммонит А. При этом, во время взрывания 1 кг этих ВВ в воздух выделяется 890-950 литров токсических газов. Рудничный воздух, загрязняясь продуктами взрыва и железорудной пылью, выбрасывается без какой-либо очистки в атмосферный воздух и представляет опасность компонентам окружающей среды в районах размещения предприятия. Поэтому, возникает необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на повышение уровня экологической безопасности процессов подземной добычи железных руд [2].

Целью исследований является разработка эффективных способов повышения уровня экологической безопасности при добыче железных руд в условиях ЧАО «ЗЖРК» за счет снижения количества экологически опасных веществ, выбрасываемых из стволов шахт в атмосферу при буровзрывных работах под землей.

Для реализации цели были поставлены и решены следующие задачи:

- проанализировать доминирующие источники загрязнения атмосферного воздуха при подземной добыче железных руд на ЧАО «ЗЖРК»;
- оценить уровни загрязнения объектов окружающей среды на разных расстояниях от источников выброса;

- разработать технологические решения по повышению уровня экологической безопасности в условиях ЧАО «ЗЖРК».

ЧАО «ЗЖРК» находится на территории Белозерского железорудного района, в который входит Северо-Белозерское, Южно-Белозерское и Переверзевское месторождения и ведет подземную добычу богатой железной руды этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой. Отработка запасов руды Южно-Белозерского месторождения осуществляется в сложных горно-геологических условиях, связанных с сильным обводнением рудно-кристаллического массива. В целях обеспечения безопасности ведения горных работ, и предотвращения проседания поверхности, выработанное пространство заполняется твердеющей смесью. В качестве заполнителя в закладочной смеси используются отходы горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов.

Выполненный анализ источников загрязнения атмосферного воздуха позволил установить, что основными из них являются шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая» [3]. После ведения горных работ в шахтах отработанная струя воздуха из северного (СВС), южного (ЮВС) и дренажного (ДВС) вентиляционных стволов выбрасывается в атмосферу неочищенной, так как на сегодняшний день не существует эффективного оборудования и очистительных сооружений для улавливания пыли и очистки газов в рудничном воздухе, который выдается на поверхность в весьма больших объемах.

Для оценки состояния рудничного воздуха в исходящей струе каналов вентиляторов главного проветривания СВС, ЮВС и ДВС, выполняли измерения концентрации вредных газов в отобранных пробах воздуха, пользовались измерительными приборами – газоанализатором «Палладий-3М» и газоопределителем ГХ-М. С помощью этих приборов проводили измерения концентрации оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы в выбросах из трех вентиляционных стволов шахты. Отбор проб анализируемого воздуха осуществляли в межсменный перерыв после проведения взрывных работ в шахте. Полученные результаты концентраций экологически опасных веществ в отобранных пробах рудничного воздуха на протяжении 2006-2010 гг. представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты измерения концентрации загрязняющих веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания (2006-2010 гг.)

Загрязняющее вещество	Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³				
	2006	2007	2008	2009	2010
Северный вентиляционный ствол					
CO	36	40	32	39	38
NO+NO ₂	2,3	2,4	2,1	2,4	2,3
SO ₂	3,2	3,3	3,0	3,3	3,3
Дренажный вентиляционный ствол					
CO	39	43	35	43	41
NO+NO ₂	1,2	1,4	1,1	1,4	1,3
SO ₂	3,2	3,3	3,1	3,3	3,3
Южный вентиляционный ствол					
CO	34	38	31	37	36
NO+NO ₂	2,1	2,3	2,0	2,2	2,2
SO ₂	3,2	3,4	3,1	3,4	3,4

Для установления взаимосвязи концентрации экологически опасных веществ в отобранных пробах воздуха и показателями по шахтам за период 2006-2010 гг. были собраны данные по годовой производительности, общему и удельному расходам взрывчатых веществ, полученные данные представлены в табл. 2.

Выполненные измерения концентрации экологически опасных загрязняющих веществ в исходящих струях воздуха каналов вентиляторов главного проветривания позволили установить зависимости концентрации этих веществ от удельного расхода ВВ.

Таблица 2 – Годовая производительность, общий и удельный расходы ВВ по ЧАО «ЗЖРК» (2006-2010 гг.)

Год	Годовая производительность, млн. т/год	Годовой общий расход ВВ, кг	Удельный расход ВВ, кг/т
2006	4,31	2794943	0,648
2007	4,40	3003133	0,683
2008	4,50	2768779	0,615
2009	4,30	2909648	0,677
2010	4,50	3000078	0,667

Концентрация экологически опасных веществ исходящих из вентиляционного ствола шахты:

- оксид углерода:

$$C_{CO} = 112,43 \cdot q - 36,45, \text{ мг/м}^3; \quad (1)$$

- оксиды азота:

$$C_{NOx} = 4,32 \cdot q - 0,92, \text{ мг/м}^3; \quad (2)$$

- диоксид серы:

$$C_{SO_2} = 4,24 \cdot q + 0,46, \text{ мг/м}^3; \quad (3)$$

где q – годовой удельный расход тротилосодержащих ВВ, равный $\geq 0,4$ кг/т.

Определение рассеивания экологически опасных веществ в атмосфере от источников загрязнения выполнялось с использованием автоматизированной системы расчета загрязнения атмосферы «ЭОЛ 2000 [h]» [4].

Определение приземной концентрации экологически опасных веществ необходимо для получения качественной и количественной оценки распространения суммарного воздействия веществ на атмосферный воздух.

Рассмотрим результаты формирования изолиний приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг каждого источника выброса (вентиляционных стволов), которые соответствуют неблагоприятным метеорологическим условиям с учетом среднегодовой скорости ветра (рис. 1, а-в).

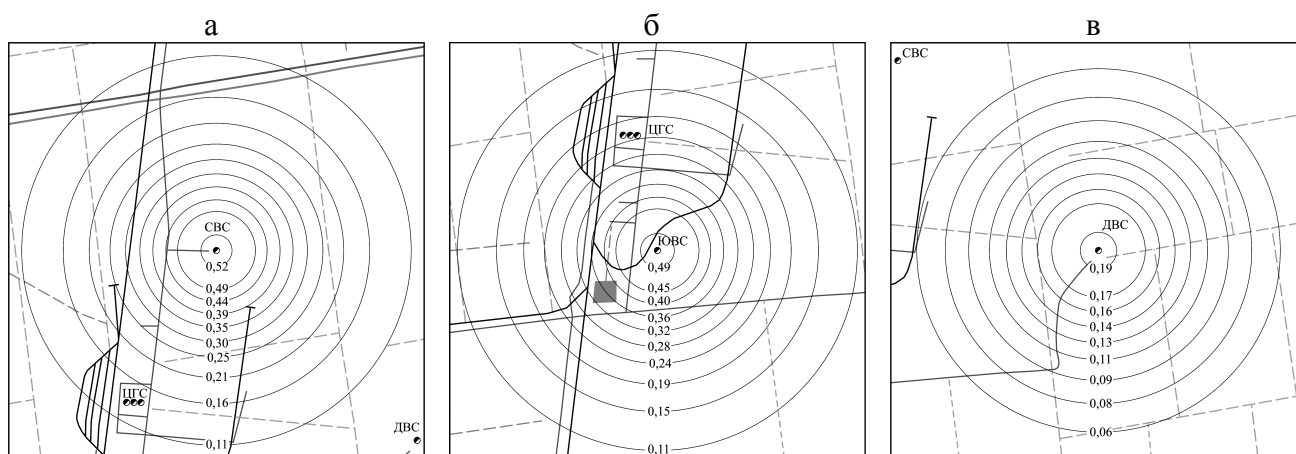


Рис. 1. Изолинии приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг СВС (а), ЮВС (б) и ДВС (в)

Изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг СВС в радиусе 150 м равно 0,52 д.е. от ПДК и уменьшаются до 0,11 д.е. на расстоянии 1875 м от источника выброса (рис. 1, а). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые 140-200 м на 0,03-0,05 д.е. от ПДК.

Изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг ЮВС в радиусе 162,5 м равно 0,49 д.е. от ПДК и уменьшаются до 0,11 д.е. на расстоянии 1925 м от источника выброса (рис. 1, б). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые 110-220 м на 0,04-0,05 д.е. от ПДК.

Изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг ДВС в радиусе 175 м равно 0,19 д.е. от ПДК и уменьшаются до 0,06 д.е. на расстоянии 1750 м от источника выброса (рис. 1, в). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые 125-250 м на 0,01-0,02 д.е. от ПДК.

Выполненный анализ значений приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ, позволил установить, что с увеличением расстояния до 1500-2000 м от источника выброса значения концентраций уменьшается в 3-5 раз.

Исследования позволили установить зависимость изменения приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ от удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса, которая имеет вид:

$$C_{\text{сум.в}} = 1,06 \cdot q^{1,74} \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК,} \quad (4)$$

где L – расстояние от источника выброса (вентиляционного ствола шахты), м.

Далее, для контроля результатов физико-химического анализа, проводилась оценка токсичности и потенциальной мутагенности атмосферного воздуха. Для этого были определены тест-полигоны, которые располагались от трех вентиляционных стволов в четыре стороны света на расстоянии 50, 100, 300, 500, 1000 и 2000 м. Эти расстояния приняты таким образом, чтобы были исследованы наиболее опасные техногенных участки вблизи источников выбросов. Во всех точках тест-полигонов в течение весенне-летнего сезонов 2009-2011 гг. проводился отбор проб растений

Оценку токсико-мутагенного фона атмосферного воздуха производили по тесту «Стерильность пыльцы растений». Далее выполняли расчет условных показателей повреждаемости (УПП) состояния окружающей среды по токсико-мутагенному фону [5-7].

УПП биоиндикаторов на различных расстояниях от источников выброса были использованы для построения карты изолиний, характеризующих уровни токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха на территории, прилегающей к железорудной шахте (рис. 2, а-в).

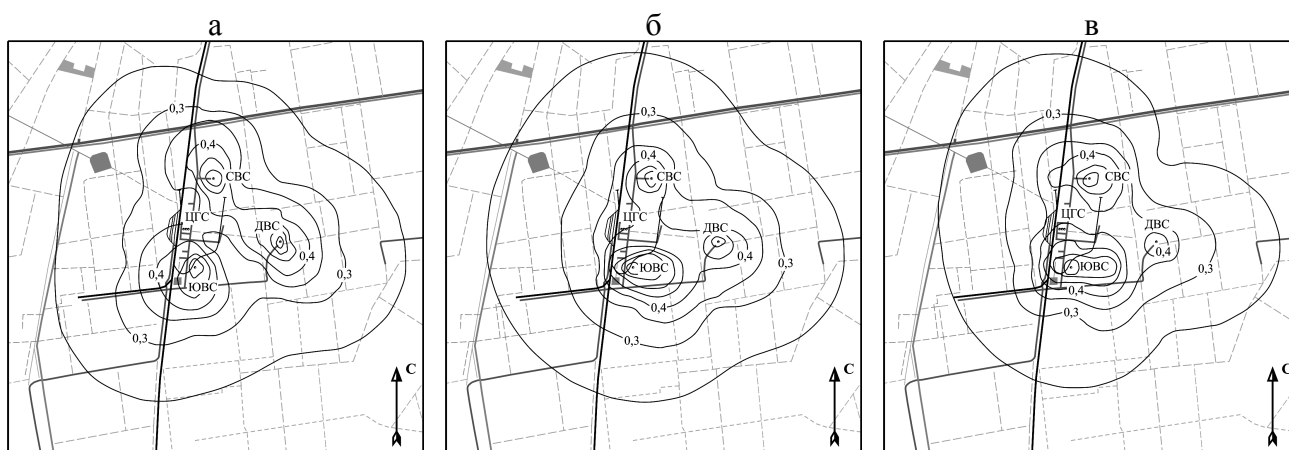


Рис. 2. Изолинии УПП биоиндикаторов на прилегающей территории и промышленной площадке ЧАО «ЗЖРК»: 2009 г. (а); 2010 г. (б); 2011 г. (в)

В результате проведенных исследований было установлено, что в 2009 г. (рис. 2, а) 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 удале-

ния от источников выброса (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. (рис. 2, б) 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 источников выброса от 700 до 2000 м УПП уменьшается до 0,300 у.е. На расстоянии свыше 2000 м от источников выброса УПП приближается к 0,200 у.е.

По результатам исследований проведенных в 2011 г. (рис. 2, в) 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., что связано с снижением негативного воздействия источников загрязнения.

Анализ данных рис. 2, а-в выявил, что наибольшие уровни повреждения биоиндикаторов наблюдаются в южном, восточном и северном направлениях от источников выбросов. Также было установлено, что с увеличением расстояния до 2000 м от источника выброса значения УПП уменьшаются в 1,5-2 раза. Дальнейшие исследования токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха позволили установить зависимость изменения УПП от величины приземной концентрации суммарного воздействия, удельного расхода ВВ и расстояния до источника выброса, которая имеет вид:

$$УПП = \frac{0,205}{q^{0,53} \cdot e^{0,0003 \cdot L}} + 0,265 \cdot C_{сум.в} + 0,125, \text{ у.е.} \quad (5)$$

Оценка техногенного влияния на процессы онтогенеза культур агрофитоценоза необходима для контроля результатов физико-химического анализа и общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха вблизи источника выброса. Опираясь на сравнительный анализ видов мониторинга воздушной среды, был выбран наиболее целесообразный метод мониторинга основанного на изменении процессов онтогенеза культур агрофитоценоза под влиянием техногенной нагрузки [8].

Для проведения исследования процессов онтогенеза озимой пшеницы отбирались пробные снопы с исследуемых площадок. Отбор пробных снопов производили на поле расположенном севернее и северо-восточнее от СВС параллельно автомобильной дороге ведущей от промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК» в сторону с. Малая Белозерка. Для исследования изменения процессов онтогенеза озимой пшеницы при техногенной нагрузке, пробные площадки размещались на расстоянии 50, 100, 300, 500 и 1000 м, а контроль размещался на расстоянии 10 км от источников выброса. Отбор пробных снопов озимой пшеницы на площади 1 м², проводили за 1-7 дней до начала сбора урожая в конце июня 2011 г. Растительные пробы отбирали в утренние часы в сухую погоду. Отобранные образцы отправляли в лабораторию, где проводились измерения линейных размеров и весовых показателей растений.

Выполненный анализ значений величин линейных размеров пшеницы, позволил установить, что экологически опасные вещества, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на показатели роста озимой пшеницы. Анализ значений величин весовых показателей пшеницы, позволил установить, что экологически опасные вещества, исходящие из вентиляционных стволов, также оказывают угнетающее влияние на весовые показатели озимой пшеницы. Негативное влияние снижается по мере удаления от источника выброса. Выполненный анализ значений величин биологической урожайности пшеницы, позволил установить, что экологически опасные вещества, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают негативное влияние на урожайность озимой пшеницы.

Дальнейшие исследования позволили установить зависимость изменения биологической урожайности от величины приземной концентрации суммарного воздействия и расстояния от источника выброса, которая имеет вид:

$$B_{биол} = 24,9 \cdot e^{0,0003 \cdot L} + \frac{41,105}{e^{0,986 \cdot C_{сум.в}}}, \text{ ц/га.} \quad (6)$$

где L – расстояние от источника выброса (вентиляционного ствола шахты), м.

По результатам физико-химического анализа и биологической оценки состояния атмосферного воздуха на территории промышленной площадки шахты и за ее пределами было установлено, что рудничный воздух, исходящий из вентиляционных стволов, насыщенный экологически опасными веществами после взрывных работ, оказывает существенное влияние на окружающую среду.

Как известно, добыча железных руд подземным способом связана с ведением взрывных работ. Учитывая высокую стоимость промышленных тротилосодержащих ВВ, их опасность, целесообразно применение таких аналогов, которые изготавливаются непосредственно на местах ведения взрывных работ и являются более безопасными с экологической точки зрения. Поэтому, для повышения уровня экологической безопасности, предлагается применить эмульсионное ВВ отечественного производства – украинит-ПМ-2Б и заменить технологию отбойки руды в очистных камерах в условиях ЧАО «ЗЖРК». Суть предложенной технологии отбойки руды состоит в том, что перед заряданием с каждой буровой выработки осуществляют бурение вееров скважин в направлении нижележащего подэтажа. После чего нисходящие веера скважин заряжают эмульсионным ВВ (рис. 3).

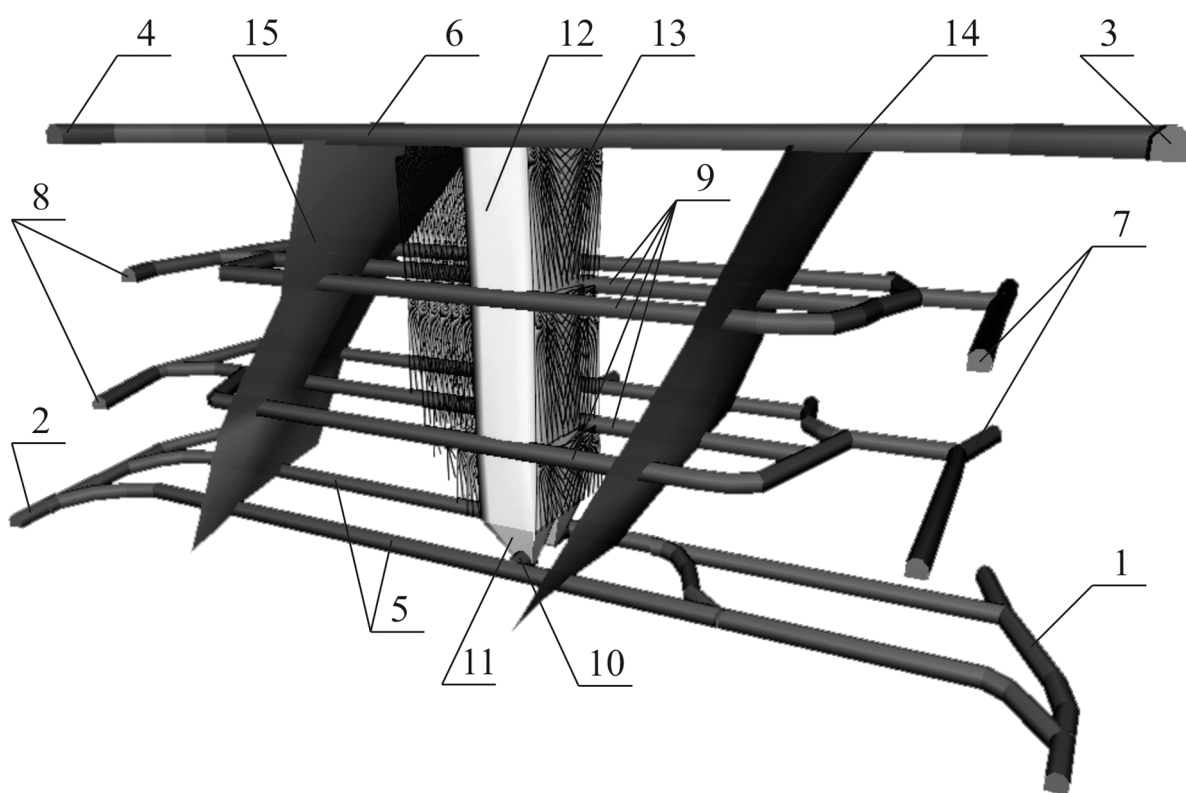


Рис. 3. Технологическая схема ведения очистных работ в камерах с применением эмульсионных ВВ: 1 – откаточный штрек лежачего бока; 2 – откаточный штрек висячего бока; 3 – вентиляционный штрек лежачего бока; 4 – вентиляционный штрек висячего бока; 5 – откаточный орт; 6 – вентиляционно-буровой орт; 7 – подэтажный штрек лежачего бока; 8 – подэтажный штрек висячего бока; 9 – буровой орт; 10 – заезд под вибрационный питатель; 11 – приемная воронка; 12 – отрезная щель; 13 – веера нисходящих скважин; 14 – лежачий бок; 15 – висячий бок

Оценку снижения экологической опасности воздействия вредных веществ, которые образуются при ведении взрывных работ в шахте, осуществляли путем расчета коэффициента индекса опасности HI , который определяется как сумма отношений концентраций экологически опасных веществ с их предельно-допустимой концентрацией (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что при использовании эмульсионных ВВ, по сравнению с тротилосодержащими ВВ, индекс опасности снижается на 50%. А это значит, что при использовании эмульсионных ВВ при добыче железных руд шахтами ЧАО «ЗЖРК» экологическая опасность снизится в 2 раза.

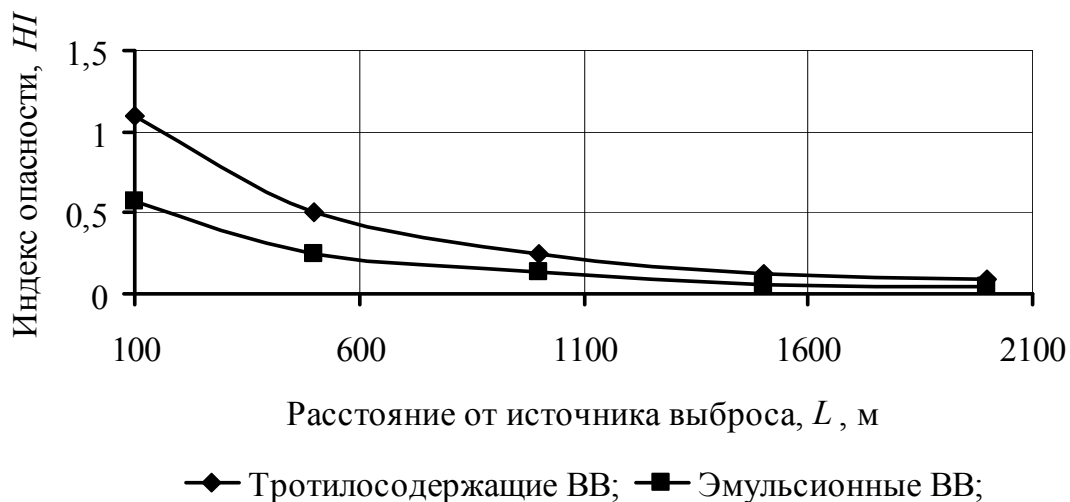


Рис. 4. Характер изменения индекса опасности от расстояния до источника выброса

Предлагаемая технология отбойки руды при ведении очистных работ по отработке запасов камер с применением эмульсионного ВВ украинит-ПМ-2Б повышает безопасность ведения взрывных работ, в первую очередь, связанных с применением на очистных работах эмульсионных ВВ, а также снижению загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва. Внедрение предлагаемой технологии в условиях железорудных шахт ЧАО «ЗЖРК» позволит улучшить экологическое состояние объектов окружающей среды в горнодобывающих регионах.

Список литературы

1. Гірничорудна справа України у мережі Інтернет: Довідник / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, О.Б. Владико, Д.В. Мальцев – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 288 с. – Російською мовою.
2. Волков Ю. В. О недропользовании и охране окружающей среды при разработке рудных месторождений подземным способом / Ю. В. Волков, И.В. Соколов // Горный информационно-аналитический бюл. 2008. – № 11. – С. 244-247.
3. Гороя А.И. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЗАО «Запорожский ЖРК» / А.И. Гороя, И.Г. Миронова // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2011». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2011. – С. 112–116.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. «ОНД-86». - Ленинград.: Гидрометеиздат, 1987. – 76 с.
5. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. - М.: Агропромиздат. 1988. - 255 с.
6. Гороя 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.
7. 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. Рижено, А.І. Гороя, Т.В. Скворцова та ін.] – К.: Головне базове видавництво МОЗ України ДП "Центр інформаційних технологій", 2007 – 35с.
8. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / [Ламан Н.А., Самсонов В.П., Прохоров В.Н. и др.]. – Мн.: Наука і тэхніка, 1996. – 101 с., 2. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Мн.: Тэхналогія, 1997. – 372 с.