

## СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВОКРУГ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШАХТЫ РАСПОЛОЖЕННОЙ В ЧЕРТЕ ГОРОДА

Выполнен расчет рассеивания экологически опасных веществ в атмосфере от вентиляционного ствола железорудной шахты расположенной в черте города. Приведены изолинии приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг источника загрязнения. Установлена эмпирическая формула, позволяющая определить приземную концентрацию суммарного воздействия экологически опасных веществ.

Виконано розрахунок розсіювання екологічно небезпечних речовин в атмосфері від вентиляційного ствола залізорудної шахти розташованої в межах міста. Наведено ізолінії приземних концентрацій сумарного впливу екологічно небезпечних речовин навколо джерела забруднення. Встановлено емпірична формула, що дозволяє визначити приземному концентрацію сумарного впливу екологічно небезпечних речовин.

Calculation of ecologically harmful substances diffusion into the atmosphere from ventilation shaft of iron-ore mine that situated within city is executed. Isolines of near the ground concentrations of total impact of ecologically harmful substances around contamination are given. Empiric formula that allows to determine near-the-ground concentration of total impact of ecologically harmful substances is established.

**Введение.** Горная 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 представляют свыше 28 млрд. т, что складывает близко 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 перечисленных месторождений железных руд в настоящее время открытым и подземным способами разрабатываются Криворожско-Кременчугская железорудная зона (бассейн) и подземным способом Белозерский железорудный район.

С целью снижения негативного влияния на окружающую среду во время проведения взрывных работ все карьеры переведены на эмульсионные взрывчатые вещества (ВВ). Как известно, при взрывании одного килограмма эмульсионного ВВ в воздух выбрасывается всего двадцать литров газа, что почти в четырнадцать раз меньше, чем при использовании тротилосодержащих ВВ. На подземных горных работах в железорудных шахтах использование бестротилового ВВ составляет около 3%, что связано с разработкой технологии ведения подземных горных работ и зарядных машин для использования эмульсионных ВВ. Поэтому на сегодняшний день на железорудных шахтах Украины до сих пор в качестве основных ВВ используются тротилосодержащие ВВ. Во время взрывания 1 кг тротила в воздух выделяется

275 литров токсических газов [1]. После проведения взрывных работ, связанных с подземными горными работами, отработанный воздух из шахт выбрасывается в атмосферу через вентиляционные стволы без очистки. Это связано с тем, что 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 негативно воздействует на объекты окружающей среды, здоровье населения и биоту, произрастающую на прилегающей к предприятию территории [2, 3].

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. Поэтому для повышения уровня экологической безопасности процессов подземной добычи железных руд необходимо установить закономерности рассеивания в окружающей среде выбросов железорудных шахт.

**Целью работы** является изучение состояния атмосферного воздуха в районах размещения предприятий по подземной добыче железных руд расположенных в черте города. Поэтому промышленная площадка шахты «Новая» Общества с ограниченной ответственностью «Восток-Руда» (ООО «Восток-Руда») и прилегающая к ней территория представляет собой актуальный полигон для проведения исследований состояния атмосферного воздуха.

**Изложение основного материала исследований.** Желтореченское месторождение железных руд, на базе которого работает шахта «Новая» ООО «Восток-Руда», расположено в северной части Криворожского железорудного бассейна в районе города Желтые Воды Днепропетровской области [4]. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются: дробильно-сортировочная фабрика, складочный, автотранспортный, железнодорожный цеха, котельная и шахта. В 2000 году 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 складочном комплексе для улавливания цементной пыли установлены рукавные фильтры, котельная переведена с мазуты на газ. Поэтому значительное количество экологически опасных веществ несет отработанная струя воздуха из вентиляционного ствола шахты.

При добыче железной руды на шахте «Новая» ООО «Восток-Руда» отработанная струя воздуха из шахты выбрасывается в атмосферу через вентиляционный ствол «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 её качества.

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 концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе «ОНД-86» [5]. В расчетах принимались следующие исходные данные: коэффициент стратификации атмосферы  $A = 200$ , коэффициент рельефа местности  $\eta = 1$ , средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца года равная  $26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , средняя температура воздуха наиболее холодного месяца года равная  $-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая скорость ветра равная  $10,5\text{ м/с}$ . Расчетный полигон представляет собой квадрат с размером стороны  $8000\text{ м}$ , в центре которого размещается источник выброса. В расчетном квадрате топографическими знаками обозначены все попавшие в него объекты. Источник выброса: вентиляционный ствол «Северная-Дренажная» – высота  $5\text{ м}$ , диаметр выходного отверстия  $4,7\text{ м}$ , расход воздуха  $131,16\text{ м}^3/\text{с}$  и температура воздуха равная  $26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вредные вещества: окись углерода – ПДК массовая разовая равная  $5\text{ мг/м}^3$ , класс опасности 4, коэффициент оседания 1, коэффициент потенцирования равный  $0,9$ ; оксиды азота – ПДК массовая разовая равная  $0,085\text{ мг/м}^3$ , класс опасности 2, коэффициент оседания 1, коэффициент потенцирования равный  $1,3$ .

По результатам расчетов были построены изолинии, характеризующие приземную концентрацию суммарного воздействия вредных веществ от вентиляционного ствола, за 2009 – 2013 гг. (рис. 1, а-д).

Анализ данных представленных на рис. 1, а, позволил установить, что основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в радиусе  $355\text{ м}$  равно  $0,12$  долей единиц (д.е.) от ПДК вещества и уменьшаются до  $0,02$  на расстоянии  $2450\text{ м}$  от источника выброса. Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые  $200 - 750\text{ м}$  на  $0,01 - 0,04$  д.е. ПДК.

Основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в радиусе  $355\text{ м}$  равно  $0,14$  д.е. от ПДК вещества и уменьшаются до  $0,02$  на расстоянии  $2450\text{ м}$  от источника выброса (рис. 1, б). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит с  $200\text{ м}$  до  $750\text{ м}$  на  $0,01 - 0,04$  д.е. ПДК.

Изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в радиусе  $355\text{ м}$  равно  $0,16$  д.е. ПДК вещества и уменьшаются до  $0,02$  на расстоянии  $2450\text{ м}$  от источника выброса (рис. 1, в и г). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые  $200 - 750\text{ м}$  на  $0,01 - 0,05$  д.е. ПДК.

Основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в радиусе  $355\text{ м}$  равно  $0,32$  д.е. от ПДК вещества и уменьшаются до  $0,04$  на расстоянии  $2450\text{ м}$  от источника выброса (рис. 1, б). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит с  $200\text{ м}$  до  $750\text{ м}$  на  $0,03 - 0,1$  д.е. ПДК.

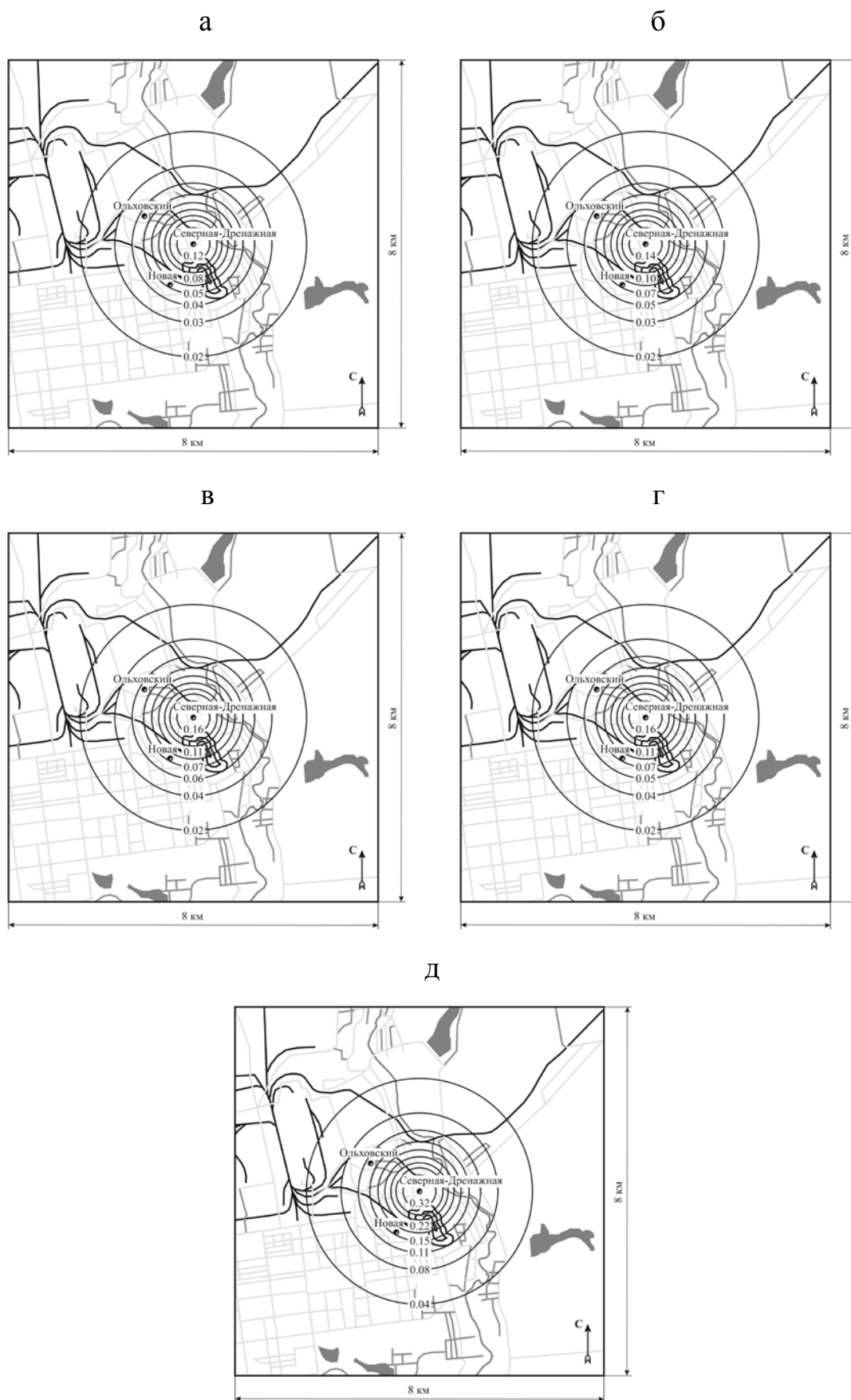


Рис. 1. Изолинии приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола шахты в 2009 (а), 2010 (б), 2011 (в) 2012 (г) и 2013 (д) гг.

Общую картину изменения величины приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению их концентрации в д.е. ПДК (рис. 2).

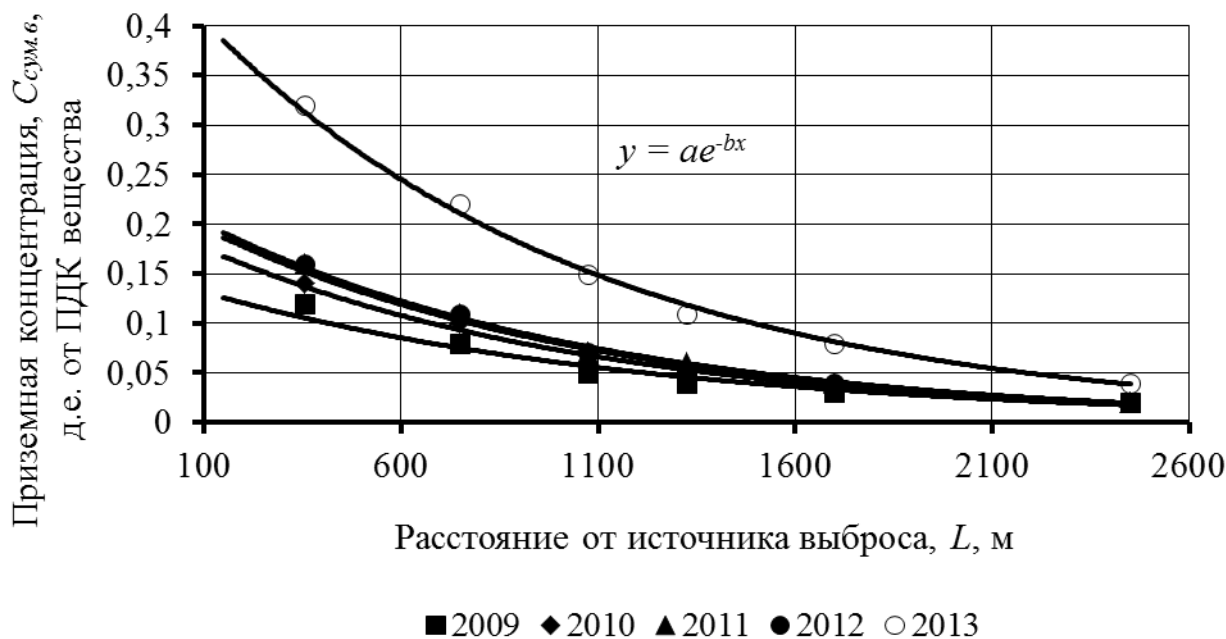


Рис. 2. Изолинии приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционного ствола

В результате проведения аппроксимации максимальных значений, получены эмпирические уравнения зависимостей д.е. ПДК вещества суммарного воздействия от расстояния до источника выброса.

Величина приземной концентрации суммарного воздействия:

– в 2009 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,15 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,9602, \quad (1)$$

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

– в 2010 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,19 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,9751; \quad (2)$$

– в 2011 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,22 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,9958; \quad (3)$$

– в 2012 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,25 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,9871; \quad (4)$$

– в 2013 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,45 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,9964. \quad (5)$$

Выполненный анализ значений приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ, позволил установить, что с увеличением расстояния до 2450 м от источника выброса значения концентраций уменьшается в 6 – 8 раз. Основным фактором, влияющим на значение

концентраций экологически опасных веществ, является среднегодовой удельный расход ВВ.

Таким образом, приземная концентрация суммарного воздействия  $C_{\text{сум.в}}$  с увеличением расстояния от источника выброса изменяется по экспоненциальной зависимости которая имеет вид:

$$C_{\text{сум.в}} = a \cdot e^{-b \cdot L}, \quad (6)$$

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

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

$$a = 3 \cdot q^{3.4}; \quad (7)$$

$$b = 0,001. \quad (8)$$

Подставив уравнения (1) – (5) в выражение (6) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирическую формулу, определяющую приземную концентрацию суммарного воздействия экологически опасных веществ с учетом удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса которая имеет вид:

$$C_{\text{сум.в}} = 3 \cdot q^{3.4} \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК.} \quad (9)$$

**Выводы.** Определение значений приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ позволило установить, что на приземную концентрацию вредных веществ влияет удельный расход ВВ и расстояние от источника выброса. Дальнейшие исследования позволили установить, что приземная концентрация суммарного воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от вентиляционного ствола «Северная-Дренажная» шахты «Новая» ООО «Восток-Руда» и удельного расхода ВВ изменяется по экспоненциальной зависимости.

Таким образом, установленные закономерности подтверждают необходимость разработки и внедрения комплекса мероприятий направленных на снижение концентрации загрязняющих веществ в рудничном воздухе железорудных шахт.

#### Список литературы

1. 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.
2. Сааркоппель Л.М. Сравнительная оценка состояния здоровья рабочих горнорудной промышленности / Л.М. Сааркоппель // Медицина труда и промышленная экология, №12, 2007. — 17-22.
3. Джувеликян Х.А. Роль железорудной промышленности в загрязнении окружающей среды тяжелыми металлами / Х.А. Джувеликян // Экология и промышленность России. 2002. – С. 26-29.
4. 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.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. «ОНД-86». - Ленинград.: Гидрометеиздат, 1987.– 76с.

*Рекомендовано к публикации д.б.н. Горовой А.И.  
Поступила в редакцию 15.01.15*