

## Литература:

1. Эффективность, подтвержденная цифрами. Почти треть белорусской электроэнергии производится на АЭС // Минская правда URL: <https://mlyn.by/26112023/effektivnost-podtverzhennaya-cziframi-pochti-tret-belorusskoj-elektorenergii-proizvoditsya-na-aes/> (дата обращения: 11.03.2025).
2. Основные загрязнители атмосферного воздуха // Агентство гидрометеорологической службы при министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан URL: <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/osnovnye-zagrjazniteli-atmosfernogo-vozduha> (дата обращения: 11.03.2025).
3. Бенз(а)пирен в жизни человека: влияние на здоровье и возможности защиты // ТИОН URL: [https://tion.ru/blog/benzopyrene/?srsltid=AfmBOoraPnfRDsLnRS76bse\\_IiBAyHGRJqiwbobzCvxVMD3ifTun9rFy](https://tion.ru/blog/benzopyrene/?srsltid=AfmBOoraPnfRDsLnRS76bse_IiBAyHGRJqiwbobzCvxVMD3ifTun9rFy) (дата обращения: 11.03.2025).
4. «Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью более 25 МВт // Технический кодекс установившейся практики», Минприроды Республики Беларусь, 2006
5. «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод», СПб., НПО ЦКТИ, 1998.

УДК 622.235

## БЕЗОПАСНЫЕ РАССТОЯНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Ласица Д.Р., студент

*Научный руководитель Стасевич В.И.*

*Белорусский национальный технический университет, Беларусь*

*В данной статье был проведён анализ имеющихся правил определения безопасных расстояний при взрывных работах, приведены результаты расчётов концентрации ядовитых газов после проведения взрывных работ на карьерах на некотором удалении от места взрыва.*

*Ключевые слова: Буровзрывные работы, определение безопасных расстояний, ядовитые газы, распространение ядовитых газов, нестационарная модель рассеивание Гаусса.*

Буровзрывные работы (БВР) являются одним из основных этапов в технологическом цикле добычи и переработки полезных ископаемых. Эффективности БВР уделяется внимание многими авторами [1,2]. Само производство БВР представляет источник повышенной опасности. На предприятиях значительное внимание уделяется вопросам безопасного выполнения БВР, что находит своё отражение в Типовом проекте и Проекте

массового взрыва. В этих документах приводятся методики и расчёт безопасных расстояний и границы опасной зоны. Методики расчёта определены [3]. Однако, данные методики разрабатывались более 50 лет назад и в настоящее время требуют дальнейшего совершенствования, особенно это актуально для методики определения безопасного расстояния по действию ядовитых газов. На начальном этапе строительства и ввода в эксплуатацию технологические площадки находились на значительном удалении от населённых пунктов. За долгие годы работы рабочие борты карьеров переместились на расстояния 1-3 км. Актуальным стали вопросы безопасного производства БВР на участках, для которых граница опасной зоны составляет 500-600 м (РУПП “Гранит” и гп Микашевичи). Для безопасных расстояний по разлёту кусков горной породы и сейсмическому действию взрыва проведены научные исследования и даны рекомендации по изменению конструкции скважинных зарядов, порядку их инициирования и интервалам замедления при использовании короткозамедленного взрывания (КВЗ). Вопросам расчёта безопасного расстояния по действию ядовитых газов взрыва внимание не уделялось и безопасное расстояние в соответствии с [3] рассчитывается, как и раньше, при этом предельно допустимые концентрации (ПДК) ядовитых газов определяются экспериментально только в границах карьера. Перемещение ядовитых газов за пределы карьера и определение их ПДК за пределами в случае направленного перемещения ветром не производится. В газообразных продуктах взрыва промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) содержится значительный объём ядовитых газов (оксиды углерода и азота). Наличие таких газов обусловлено тем, что для ПВВ возможна неполная (неидеальная) детонация. В технических документах приводится показатель “газовая вредность” — это условное суммарное количество ядовитых газов, отнесённое к массе ВВ (пересчитывается на СО). Однако, этот показатель при производстве БВР на открытых горных работах практически не используется.

Совершенствование технологий БВР и применение эмульсионных взрывчатых веществ привели к значительному снижению газовой вредности взрывчатых веществ [4]. К примеру, для одного из наиболее распространённых ПВВ Граммонит 79/21 газовая вредность составляет около 65 л/кг, для смесей АС-ДТ – 51 л/кг, а для большинства современных эмульсионных ПВВ 22-28 л/кг, то есть в 2 и более раз меньше. При этом, газы заполняют поры и трещины раздробленного массива и остаётся открытым вопрос: какая “газовость” ВВ должна быть учтена полная или фактическая. Для Граммонита 79/21 значение газовой вредности при этом может возрасти до 157 л/кг, для АС-ДТ до 73 л/кг и эмульсионных ВВ до 35 л/кг [4]. Такой разброс в показателях требует пересмотра подходов к определению безопасных расстояний по действию ядовитых газов и изучения распространения ядовитых газов с учётом направления ветра (общая масса ВВ может достигать 200-350 т).

Анализ процесса переноса ядовитых газов от источников является важным фактором влияющим на ПДК. Для их описания и дальнейшего изучения протекающих физических процессов необходимо использовать два подхода. Первый – математическое моделирование и методики, которые реально отражают рассеивание ядовитых газов в атмосфере с учётом конкретных условий. Второй – проведение экспериментальных исследований с определением ПДК газов за пределами рассчитанной опасной зоны в направлении ветра. В настоящее время существует ряд методик и моделей рассеивания ядовитых веществ в атмосфере [5,6] и рассмотрены возможности их применения для определения загрязнения атмосферы и прогнозирования их концентрации на различных расстояниях от места взрыва. За рубежом используются методики, являющиеся частью программных пакетов ANSYS CFX, FLOTRAN, PHAST DNV, TNO и других. Практически все методики рассматривают только некоторые частные случаи без учёта многообразия факторов или представляют собой сложные продукты, работа с которыми требует подготовленного персонала. В нашей работе на основе модели рассеивания загрязняющих веществ Гаусса рассмотрено определение безопасного расстояния и распределения концентрации ядовитых газов при производстве массового взрыва.

В данной работе применялась нестационарная модель Гаусса, которая служит для оценки концентраций загрязняющих веществ на некотором расстоянии от их залпового выброса. Формула, применяемая в данной модели, имеет вид:

$$C(x, y, z) = \frac{M}{2\pi^{3/2} \times \sigma_x \times \sigma_y \times \sigma_z} \times \exp\left(-\frac{(x - ut)^2}{2\sigma_x^2}\right) \times \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \left(\exp\left(-\frac{(z - H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right)$$

где:  $M$  – мощность выброса загрязняющего вещества;

$\sigma_y$  и  $\sigma_z$  – функции, характеризующие расширение факела в перпендикулярных к ветру направлениях при удалении от источника выброса:  $\sigma_y$  – в горизонтальном направлении,  $\sigma_z$  – в вертикальном направлении. Обе функции зависят от удаления  $X$  и класса устойчивости атмосферы;

$\sigma_x$  – функция, характеризующая расплывание облака вдоль направления ветра при удалении от источника выброса;

$u$  – скорость ветра на высоте  $H$ ;

$t$  – время;

$x$ ,  $y$  и  $z$  – координаты:  $x$  – по направлению ветра,  $y$  – в направлении, перпендикулярном направлению ветра,  $z$  – высота над уровнем земли.

Для расчётов были приняты следующие условия: класс устойчивости атмосферы С, высота пылегазового облака, образующегося после взрыва равна 200м, время выброса загрязняющих веществ в атмосферу составляет 5 секунд, выход вредных газов в пересчёте на СО приняли равным 35 л/кг.

Расчёты проведены по двум вариантам.

Вариант 1. Для расчётов было принято допущение, что содержание газов в образовавшемся облаке равномерно, а расчёты производились с предположением о том, что подавляющее влияние на концентрацию загрязняющих веществ в близлежащих территориях оказывают газы, находящиеся на небольших высотах (<10 м). Таким образом, принято  $H = 10\text{м}$ , а мощность выброса  $M_{\text{расч}} = 1/20M$ .

По результатам расчётов получен следующий результат (рис.1): при взрыве 112,5 т Порэмита (что может соответствовать количеству ВВ при взрывании одного уступа) концентрация загрязняющих веществ становится меньше, чем ПДК только на расстояниях более 1,5 км, что значительно превышает границу опасной зоны при проведении БВР на карьере РУПП “Гранит”.

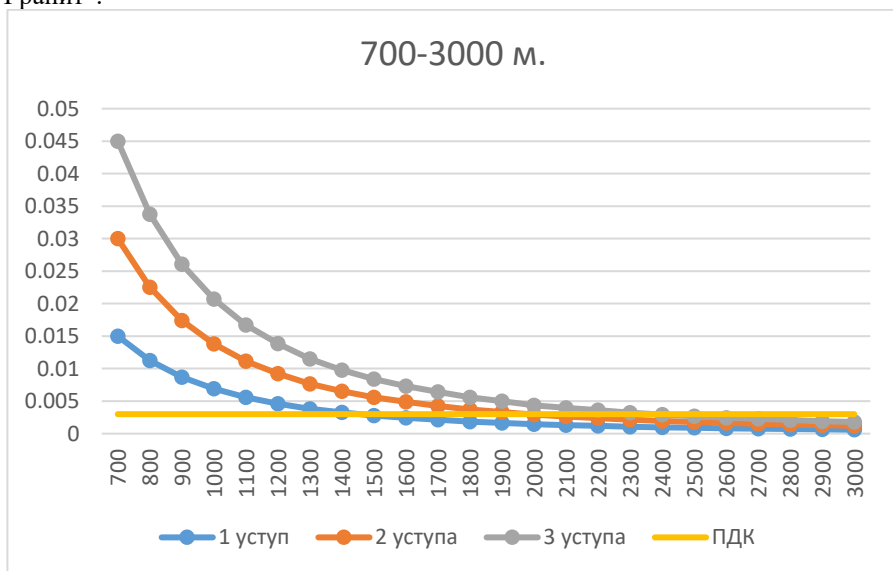


Рис. 1 – концентрация ядовитых газов, рассчитанная по первому варианту

Вариант 2. Для расчётов было принято допущение, что содержание газов в образовавшемся облаке равномерно. В результате расчётов было найдено суммарное влияние всей высоты образовавшегося облака на концентрацию загрязняющих веществ на некотором удалении от места проведения БВР.

По результатам расчётов был получен следующий результат (рис.2): при взрыве 112,5 т Порэмита (что может соответствовать количеству ВВ при взрывании одного уступа) концентрация загрязняющих веществ не становится меньше, чем ПДК и превышает его в 2,5 раза даже на расстоянии в 3 км, что значительно превышает границу опасной зоны при проведении БВР на карьере РУПП “Гранит”.

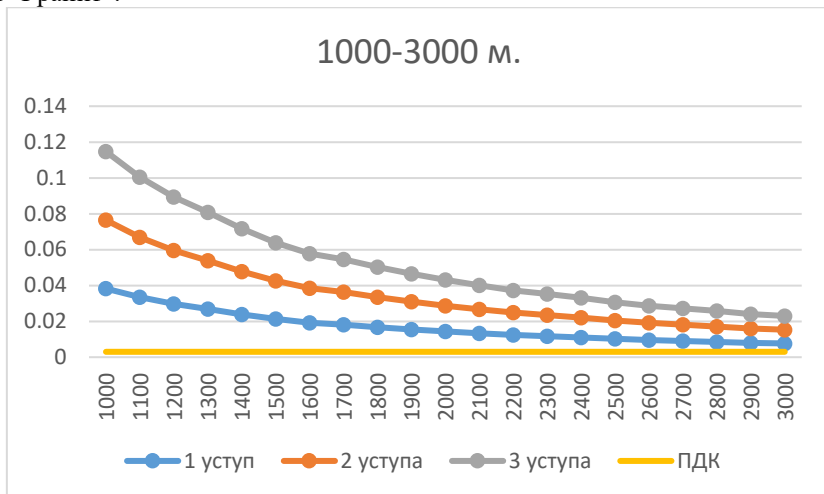


Рис. 2 – концентрация ядовитых газов, рассчитанная по второму варианту

По результатам расчётов можно сделать вывод о необходимости пересмотра методики определения безопасных расстояний по действию ядовитых газов в ЕПБ, а также необходимость пересмотра процесса проведения БВР, так как в настоящий момент данные работы могут быть опасны для жителей ближайшего населённого пункта.

### Литература:

1. В.Ч. Орловский, С.Г. Оника. Поиск способов снижения количества отсевов из материалов дробления плотных горных пород. Горная механика и машиностроение №3, 2024, 20-28.
2. Шкурганова М.А. Перспективы применения неэлектрических систем инициирования (НСИ) на предприятиях горной отрасли республики Беларусь / М.А. Шурганова // проблемы горного дела: материалы междунар. IV форма студентов, аспирантов и молодых учёных-горняков., Донецк, 28-29 ноября 2024г./ ДонНТУ; редкол.: И.В. Купенко. – Донецк, 2024. – С. 36-39.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах. М. НПО ОБТ, 1992.-238с.

4. Козырев С.А., Власова Е.А. Газовая вредность взрывчатых веществ, применяемых в горнодобывающей промышленности. Горная промышленность. 2021;(5):106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-106-111.

5. ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»

6. Филатова Е.Н. Моделирование загрязнения атмосферы по оперативным данным. Дис. канд. физ.-мат. наук. – Санкт-Петербург, 2005. с. 100.

УДК 502.57

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ХРАНЕНИЕМ ОТХОДОВ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ**

*Ласица Д.Р., студент*

*Научный руководитель Веремейчик Л.А.*

*Белорусский национальный технический университет, Беларусь*

*В данной статье проведён анализ вредного воздействия производства калийных удобрений на окружающую среду, рассмотрены методы снижения вредного воздействия шламохранилищ на почвы и воды, были сделаны выводы о перспективности применения современных технологий изоляции в Беларуси.*

*Ключевые слова: производство калийных удобрений, засоление почв и вод, шламохранилища, изоляция шламохранилищ.*

На данный момент, Беларусь занимает третье место в мире по производству калийных удобрений, производя их более 7,5 млн т в год [1]. Столь объёмное производство обуславливает необходимость учёта экологического воздействия производства калийных удобрений на окружающую среду.

Одной из экологических проблем производства калийных удобрений является большое количество отходов (образуется до 5 т отходов на 1 т произведённого калийного удобрения), данные отходы хранятся в шламохранилищах. Шламохранилища занимают значительные площади, в результате огромные земельные территории выпадают из использования. Кроме того, шламохранилища засоляют почву, а также загрязняют подземные и поверхностные воды [2].

Повышенные концентрации солей в почве приводят к снижению их плодородия, а повышение солёности вод делает их непригодными для использования в быту, сельском хозяйстве и промышленности. Поэтому очень важным является вопрос о способах недопущения попадания содержимого шламохранилищ в окружающую среду. На данный момент наиболее распространённым способом изоляции загрязняющих веществ является