

Горова А.И., Миронова И.Г.,
Кононенко М.Н., Павличенко А.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



Монография

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



А.И. Горовая
И.Г. Миронова
М.Н. Кононенко
А.В. Павличенко

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДОБЫЧЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД
ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

Монография

Днепропетровск
НГУ
2014

УДК 622.23:504.3.054

ББК 33.133:20.18

Т38

*Рекомендовано до видання
вченою радою Державного вищого навчального закладу
«Національний гірничий університет»
(протокол № 8 від 29.09.2014).*

Рецензенти:

Л.М. Шиман – д-р техн. наук, генеральний директор Державного підприємства «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»;

Г.А. Кроїк – д-р геол. наук, професор кафедри зоології та екології (Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара).

Т38 Технологія підвищення екологічної безпеки при добыче залізних руд підземним способом: Монографія / А.І. Гороя, І.Г. Миронова, М.М. Кононенко, А.В. Павличенко; Днепропетровск: Литограф, 2014. – 136 с.

Монографія присвячена питанням підвищення екологічної безпеки при видобутку залізних руд підземним способом для конкретних гірничо-геологічних умов Південно-Білозерського родовища. Наведено результати фізико-хімічного аналізу та біологічної оцінки стану атмосферного повітря на промисловому майданчику залізорудної шахти та прилеглих до неї територій. Запропоновано технологію відбивання запасів руди камер за допомогою емульсійних вибухових речовин, що дозволить знизити собівартість видобутку 1 т руди та зменшити обсяг екологічно небезпечних речовин, що викидаються в атмосферу із стволів шахт при буропідричних роботах.

Монографія призначена для широкого кола інженерно-технічних працівників гірничодобувної промисловості, науково-дослідних і проектних організацій. Може бути використана у навчальному процесі вищих навчальних та середніх професійних закладів при викладанні гірничих та екологічних дисциплін.

Іл. 35. Бібліогр.: 119 назв.

УДК 622.23:504.3.054

ББК 33.133:20.18

© А.І. Гороя, І.Г. Миронова,
М.М. Кононенко, А.В. Павличенко, 2014

ISBN 978-966-2267-61-7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	6
1.1. Анализ работ в области исследования влияния горных предприятий на воздушный бассейн	6
1.2. Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК»	11
1.2.1. Выбор объекта исследования	11
1.2.2. Месторасположение и горно-геологические условия разработки Южно-Белозерского месторождения	15
1.2.3. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК»	21
1.3. Постановка цели и задач исследования	28
2. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	32
2.1. Анализ современных методов исследования состояния атмосферного воздуха	32
2.2. Обоснование методов исследования, используемые в работе	37
2.2.1. Определение концентрации экологически опасных веществ исходящих из вентиляционных стволов шахты	37
2.2.2. Установление параметров рассеивания приземных концентраций экологически опасных веществ на территории прилегающей к шахте	44
2.2.3. Определение токсико-мутагенного фона состояния атмосферного воздуха с помощью биоиндикаторов вблизи источников выброса	48
2.2.4. Исследование биологических показателей онтогенеза озимой пшеницы вблизи вентиляционного ствола шахты	54
2.2.5. Определение последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы по интенсивности прорастания зерен	57
Выводы	60
3. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШАХТЕ ТЕРРИТОРИИ.....	61
3.1. Анализ состояния рудничного воздуха	61
3.2. Исследование рассеивания компонентов загрязнения атмосферного воздуха	66
3.3. Изучение токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха в районе исследования	71
3.4. Анализ изменения биологических признаков озимой пшеницы	82
3.5. Установление влияния техногенеза на озимую пшеницу в первом поколении	96
3.6. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха на основе сопоставления результатов его комплексного тестирования	102
Выводы	104

4. РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, КАК СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	105
4.1. Разработка и обоснование технологических решений по снижению количества экологически опасных веществ в рудничной атмосфере	105
4.2. Экономическая оценка эффективности разработанных технологических решений	113
4.3. Оценка повышения уровня экологической безопасности на прилегающей территории железорудной шахты	121
Выводы	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	125
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	127

ВВЕДЕНИЕ

Горнорудная промышленность является основным источником сырьевых ресурсов для металлургических предприятий. К сожалению, она представляет экологическую угрозу для объектов окружающей среды.

Подземная добыча железных руд осуществляется буровзрывным способом с применением тротилосодержащих взрывчатых веществ (ВВ), при котором 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 предприятий. Длительная и широкомасштабная добыча железных руд привела к повышению уровней загрязненности атмосферного воздуха, водных объектов, земельных угодий, накоплению значительного количества промышленных отходов, что значительно снижает уровень экологической безопасности в железорудных регионах Украины. Такая ситуация привела к изменению естественных условий существования живых организмов, включая человека, уменьшению биоразнообразия, повышению уровня заболеваемости и сокращению продолжительности жизни населения.

Весомый вклад в изучение этих вопросов внесли известные ученые: Адаменко И.Ф., Горовая А.И., Долгова Т.И., Крупская Л.Т., Некос В.Ю., Устименко Е.Б., Шапарь А.Г., Шмандий В.М. и др. Однако, уровень экологической безопасности подземной добычи железных руд остается довольно низким, в силу недостаточной изученности механизма загрязнения рудничного и атмосферного воздуха вредными выбросами взрывных работ и отсутствия эффективных средств воздействия на эти выбросы. Как следствие, загрязнение объектов окружающей среды на территориях влияния железорудных шахт растет. В связи с этим в работе решалась научная задача в установлении закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха от воздействия шахтных источников выброса. Установление закономерностей формирования загрязнения атмосферного воздуха от воздействия шахтных источников выброса является основой для разработки эффективных методов оценки уровня экологической безопасности и внедрения технологических решений, позволяющих повысить этот уровень при добыче железных руд подземным способом.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Анализ работ в области исследования влияния горных предприятий на воздушный бассейн

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям. Повышение уровня экологической ответственности за безопасность горного предприятия для окружающей среды и населения в известной степени гарантирует его конкурентоспособность. В настоящее время внедрение ресурсосберегающих технологий положительно сказываются на рентабельности горного производства, а повышение эффективности природоохранной деятельности в свою очередь способствует привлечению иностранных инвестиций.

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 работах [1-3] 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 методики представленной в работах [4, 5]. 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 безопасности 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 промышленности 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 от источников выброса, а представлены только статистические данные и качественная оценка горнопромышленного региона.

Авторами в работах [6-9] разработаны методологические подходы к оценке экологической безопасности территорий горнодобывающих районов, базирующиеся на определении комплексного показателя деградации компонентов природной среды, что позволяет оценивать возможности дальнейшего направления развития горнодобывающего предприятия. Сущность разработанной методики определения пространственных границ природно-технологических систем сводится к прогнозированию зон превращения, влияния и взаимодействия каждого природного компонента окружающей среды и объединения их пространственных границ в единую территориальную структуру. Предложено для оценки степени повреждения i -го компонента природной среды использовать показатель экологического состояния, который далее приводят к существующей унифицированной измерительной шкале. На следующем этапе оценки каждый показатель экологического состояния i -го компонента, выраженного в значениях унифицированной шкалы приводят к условному показателю экологического состояния территории. Интегральный показатель деградации экологического состояния территории определяется как сумма унифицированных показателей деградации экологического состояния атмосферы, поверхностных вод, почв, подземных вод, биосферы, недр, умноженных на соответствующие коэффициенты. Предложенный подход, который базируется на сравнении фактического состояния каждого компонента окружающей среды с их критическим состоянием, может служить условием для определения резерва техноёмкости среды. Разработанный авторами методологический подход не дает количественной и качественной картины техногенного влияния горного предприятия на отдельные компоненты природной среды, особенно на атмосферный воздух территорий прилегающих к горному предприятию.

Группой авторов [10-16] из Донецкого национального университета было рассмотрено обоснование возможности различных методов биоиндикации, методологическая база для их реализации и получены первичные результаты исследования биоиндикационных возможностей разных видов растений, животных, грибов и показателей функционального состояния человека в горнопромышленном регионе Донецкого бассейна. Дальнейшие исследования, представленные в работе [17], позволили обобщить результаты апробирования биоиндикационных возможностей видов растений, животных, грибов и человека в промышленно развитом регионе. Полученные синтезированные данные рекомендовано рассматривать как базовые для внедрения технологии оценивания вредности факторов окружающей среды. Выполненные исследования показывают только качественную оценку состояния экологической ситуации, полученные с помощью разных методов биоиндикации.

Исследования, выполненные авторами [18] Государственного высшего учебного заведения «Национальный горный университет», заключались в биоиндикационной оценке состояния атмосферного воздуха с помощью тест-системы «Стерильность пыльцы растений» в горнодобывающем районе Днепропетровской области, где образовалась специфическая атмосферная

производственная зона, которая по своим параметрам далека от природной. Токсичность и потенциальная мутагенность воздушного бассейна определялась цитогенетическим методом «Стерильность пыльцы растений», с помощью которого проводился анализ частоты встречаемости стерильных клеток пыльцы. По результатам исследования установлено, что в промышленной зоне исследованной территории наблюдалось неблагоприятное экологическое состояние атмосферного воздуха с «выше среднего» уровня поврежденности и «угрожающего» состояния растений-индикаторов. Также установлено, что на промышленной площадке шахты «Юбилейная» наблюдается «неблагоприятно-критическое» экологическое состояние воздуха с «угрожающе-критическим» и «выше среднего – высоким» уровнем поврежденности фитоиндикаторов. Авторы считают, что цитогенетические методы могут быть использованы в экологическом мониторинге состояния атмосферного воздуха, так как позволяют получить необходимую дополнительную информацию к аналитическим методам об уровне экологической безопасности экологически опасных веществ в воздухе горнодобывающих регионов. По результатам исследования не установлены закономерности изменения общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха по тесту «Стерильность пыльцы растений» вокруг источников загрязнения.

Исследованиям состояния окружающей среды промышленной площадки горнорудного предприятия с помощью биондикации посвящена работа [19]. 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 исследования, выполненного автором, являлось изучение чувствительности мужского гаметофиту пяти видов *Penstemon* для диагностики загрязнения среды на мониторинговом участке промышленной площадке ПАО «Южный горно-обогатительный комбинат» (г. Кривой Рог). Основными компонентами аэрозольных выбросов предприятия является пыль и газообразные вещества (оксиды азота, серы и оксид углерода). Предыдущими исследованиями доказано, что условия, при которых выращиваются растения, влияют на состояние зерен пыльцы и их жизнеспособность, это представлено авторами в работе [20]. 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 метода биоиндикации для мониторинга состояния атмосферного воздуха на территориях прилегающих к горнорудным предприятиям.

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. Основная масса, применяемых в

горнорудной промышленности ВВ, является тротилосодержащей, что является источником повышенного выделения газообразных токсичных выбросов. Группой авторов в работе [21, 22] 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 гидроксида 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. 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.

Результаты исследования формирования пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах, приведенных в работах [23-25], позволили установить, что с определённой начальной скоростью движения первоначально в атмосферу выбрасываются продукты детонации, которые зависят от динамического фактора. Далее скорость подъёма пылегазового облака уменьшается, и процесс его дальнейшего развития идёт за счёт температурного фактора. При этом время действия динамического фактора исчисляется миллисекундами, а температурного – несколькими минутами. Экспериментальными исследованиями установлено, что при температуре 55 – 65 °С облако начинает терять свои чёткие очертания и через несколько минут скорость развития становится минимальной и равной скорости ветра у поверхности карьера. Газы и мелкие частицы пыли в зависимости от скорости ветра распространяются на различные расстояния от места производства взрывных работ (более 3000 м). Далее исследованиями установлено, что высота подъёма пылегазового облака от поверхности земли на период его окончательного рассеивания, дальность распространения в пограничном слое атмосферы и время его существования зависят от количества ВВ, взрываемого в карьере, метеорологических параметров окружающей среды и термического состояния атмосферы. Получены зависимости для определения высоты пылегазового облака, а также приведены аналитические выражения по определению объёма пылегазового облака. В результатах исследований не установлены закономерности распространения пылегазового облака от места производства взрывных работ на прилегающую территорию.

Автором в работах [26, 27] одним из вопросов исследований в области экологической безопасности почв в горнодобывающих районах Днепропетровской области рассмотрено комплексное пылегазовыделение при буровзрывных работах. Установлено, что крупнодисперсные частички пыли из пылегазового облака выпадают в эпицентре взрыва на территорию радиусом 600 м. Это означает, что за границы зоны контроля попадают мелкодисперсные компоненты, которые включают в себя тяжелые металлы. Изучение проблем экологической безопасности буровзрывных работ показало, что они не только вызывают перестроение почв с падением их экологического потенциала, но и стимулируют их дальнейшую деградацию. Установлено также, что площадь зон действия зависит от многих факторов, среди которых наиболее влиятельные количество взрывчатых материалов, а также объемы взрывааемой горной массы. Дальнейшие исследования позволили автору установить, что размеры зоны влияния пылегазового облака, которое формируется при массовых взрывах в карьере, зависит от одновременно взрывааемого количества ВВ, а также от объемов взрывааемой горной массы, и изменяется по линейной и по параболической зависимостям соответственно. По результатам исследования не установлены закономерности изменения общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха вокруг источников загрязнения.

Результаты исследования, представленные в работах [28-32], заключались в установлении закономерностей рассеивания пылевого облака после массовых взрывов в железорудных карьерах Криворожского бассейна и уровня изменения его экологической опасности. На их основе разработаны экологически эффективные способы и средства снижения выбросов пыли в окружающую среду. Разработана методика расчёта высоты подъёма пылевого облака с учётом дисперсности пылевых частиц и других влияющих факторов. Расчёты рассеивания пылевого облака показали, что дальность выноса грубодисперсной железорудной пыли составляет от 0,14 до 4,4 км, а тонкодисперсной – 40 – 70 км. При этом удельные выбросы пыли при общей площади рассеивания до 28770 км² достигают 1,302 кг/км². Выполнены исследования параметров подавления пылевого облака путём его орошения. Установлено аналитическое выражение оценки эффективности пылеулавливания от диаметра пылевых частиц, капель воды, скорости их движения, количества орошаемой жидкости, высоты орошения облака, а также суммарного коэффициента захвата пылевых частиц каплями жидкости. Разработан способ снижения высоты выброса пылегазового облака при массовом взрыве на основе оптимизации параметров скважинных зарядов. Предложена также усовершенствованная конструкция забойки скважинных зарядов, которая предусматривает использование в составе забойки резиновой пробки с анкерным устройством. По результатам исследования не установлено закономерности изменения устойчивости растений биоиндикаторов в зависимости от удельного расхода взрывчатых веществ при массовых взрывах.

На основе выполненного анализа работ в области влияния горных предприятий на воздушный бассейн можно сделать следующие *выводы*:

1. Выполненные исследования в области техногенного влияния на атмосферный воздух горных предприятий проводились для карьеров, что обуславливает необходимость оценки влияния на воздушный бассейн горных предприятий ведущих разработку руд подземным способом.

2. Отсутствие научного обоснования закономерностей общей токсикомутагенной активности атмосферного воздуха и биологических признаков культур агрофитоценоза в окрестности промышленной площадки и территорий прилегающих к железорудной шахте не позволяет производить оценку степени влияния на флору, и, следовательно, учитывать это в технологии ведения подземных горных работ.

3. Предложенные способы снижения негативного влияния на атмосферный воздух при массовых взрывах в карьерах позволят учитывать опыт ведения буровзрывных работ на открытых горных работах при разработке эколого-ориентированных технологических решений по добыче руд подземным способом, и снизить техногенное влияние на атмосферный воздух горных предприятий.

1.2. Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК»

1.2.1. Выбор объекта исследования

Запасы железных руд на нашей планете составляют около 150 млрд. тонн, 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, внушительными по запасам, месторождениями железа. В Государственном балансе полезных ископаемых Украины учтены запасы железных руд в размере 28491,2 млн. тонн. Они сосредоточены в 52 месторождениях, из которых на сегодняшнее время разрабатываются 24. Кроме того, разведаны запасы железных руд объёмом в 10,8 млрд. тонн, не включённые в Государственный баланс. По производству товарных железных руд (4,9% мировых) Украина занимает 7-е место в мире, уступая лишь Китаю, Бразилии, Австралии, Индии, Российской Федерации и США.

Наиболее значимыми месторождениями железной руды в Украине [112] 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.

Криворожский железорудный бассейн – одна из наиболее изученных, промышленно освоенных и лидирующих по добыче железных руд территория в пределах Украинского щита. Кривбасс практически полностью находится в пределах Днепропетровской области. Все его разведанные запасы составляют 21,8 млрд. тонн, а прогнозные ресурсы оцениваются ещё в более чем 19 млрд.

тонн. Территориально Кривбасс представляет собой полосу развития метаморфизованных протерозойских толщ, протягивающуюся на 85 км (ширина 0,5 – 7 км) и вмещающую основные железорудные месторождения Украины. Большую часть этой территории занимает г. Кривой Рог. Основными типами железных руд Кривбасса являются железистые кварциты (джеспилиты) с содержанием железа 30 – 45%, богатые железные руды (содержащие 46 – 67% железа), труднообогатимые железистые окисленные кварциты и бурые железняки.

Кременчугский железорудный район расположен на левом берегу р. Днепр (Полтавская область). Зачастую он объединяется с Кривбассом и рассматривается как Криворожско-Кременчугская железорудная зона (бассейн). Территориально район представляет собой полосу (длиной до 45 км и шириной 0,2 – 3,5 км) метаморфизованных железисто-кремнистых пород и сланцев, протягивающуюся в северо-восточном направлении. В этом районе находятся 5 месторождений (Горишнеплавнинское, Лавриковское, Еристовское, Белановское и Кременчугское) с общими запасами 4504 млн. тонн со средним содержанием железа 27,4 – 58,5%. Из них первые два разрабатываются открытым способом (карьерами) Полтавским горно-обогатительным комбинатом (ГОКом), остальные пока остаются резервными.

Белозерский железорудный район представляет полосу (длиной 65 км и шириной 2 – 20 км) железистых кварцитов, протягивающуюся в субмеридиональном направлении. На этой территории разведаны 3 месторождения (Северо-Белозерское, Южно-Белозерское и Переверзевское), в которых пласты железистых кварцитов (мощностью 60 – 250 м) простираются на несколько километров. Руды здесь залегают в сложных горно-геологических условиях – они покрыты мощными, сильно обводненными наносными породами. Разведанные запасы месторождений Белозерского железорудного района оцениваются в 700 млн. тонн, а среднее содержание железа в них составляет 60,6%. Частное акционерное общество «Запорожский железорудный комбинат» (ЧАО «ЗЖРК») разрабатывает Южно-Белозерское месторождение, где подземным способом добываются не требующие обогащения богатые железные руды со средним содержанием железа 55,7 – 62,8%.

Конкский район магнитных аномалий. В этом районе установлена полоса магнитных аномалий, вытянутая в северо-восточном направлении на более 40 км (ширина 3 – 12 км). Это фрагмент крупной структуры, сложенной метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами – железистыми кварцитами, амфиболитами и сланцами. В Конкском районе магнитных аномалий установлены Веселянский, Кирпотинский, Промежуточный, Магдалиновский и другие железорудные участки со средним содержанием железа в 15 – 40%. Относительно малые ресурсы, низкое содержание железа, сложности их обогащения обуславливают квалификацию этого района пока в качестве неперспективного.

Приднепровский железорудный район. Район расположен на территории Днепропетровской, Запорожской и Херсонской областей. На западе он граничит с Криворожско-Кременчугской, на востоке – Белозерско-Ореховской

железорудными зонами. В пределах района выделяются Толоко-Подьянская, Кобелякская магнитные аномалии, Верховцевское и Чертомлыкское рудоносные поля. В целом железистые кварциты архейского возраста имеют здесь относительно невысокое среднее содержание железа – 26,7 – 35,3%.

Приазовский железорудный район (Запорожская и Донецкая области) является первоочередной резервной базой сырья для черной металлургии Украины. Здесь промышленные запасы составляют 2958,8 млн. тонн при среднем содержании железа 27,6%. Они подсчитаны в пределах Васиновского, Куксунгурского, Гуляйпольского и Мариупольского месторождений. Подготовленные ещё 30 лет назад к промышленному освоению месторождения пока не эксплуатируются. Примерно треть из разведанных запасов района представляют собой легкообогатимые высококачественные магнетитовые кварциты Мариупольского, Куксунгурского и Васиновского месторождений. Из приазовских месторождений (прежде всего, Куксунгурского и Васиновского) можно получать железорудные концентраты с содержанием железа 69 – 72%, пригодные для применения в современной металлургии.

Одесско-Белоцерковский железорудный район. Этот наибольший по площади железорудный район Украинского щита, охватывающий участки в пределах Житомирской, Киевской, Винницкой, Черкасской, Одесской и Николаевской областей. На его территории в архейских осадочно-вулканогенных породах выявлено более 200 магнитных аномалий, из которых около четверти исследовано бурением. Здесь выявлен ряд мелких и средних железорудных месторождений, которые в будущем могут разрабатываться открытым и подземным способами.

Керченский железорудный бассейн. В прошлом веке Керченский железорудный бассейн играл заметную роль в поставках товарной железной руды для чёрной металлургии Украины. Добыча железных руд из-за их низкого качества и нерентабельности производства в сравнении с рудами Украинского щита была прекращена 15 лет назад, а месторождения законсервированы. В этом бассейне на Государственном балансе запасов состоит ныне 8 месторождений железных руд с общими запасами 1182 млн. тонн и средним содержанием железа в 28,4%. Руды Керченского железорудного бассейна представляют собой бурые оолитовые железняки неогенового возраста.

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. С целью снижения негативного влияния на окружающую среду во время проведения взрывных работ все карьеры переведены на эмульсионные 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 шахтах Кривбасса 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. 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 состояние объектов окружающей среды и здоровье населения, проживающего на прилегающей территории.

На территории Криворожского бассейна из 23 шахт, на сегодняшний день действующими остались только 7: Октябрьская, им. В. И. Ленина, Гвардейская, Родина, им. Артёма, Юбилейная и им. Фрунзе. В структуру ПАО «Криворожский железорудный комбинат» входят шахты им. В. И. Ленина, Гвардейская, Октябрьская и Родина, в структуру ПАО «ЕВРАЗ Сухая Балка» входят шахты Юбилейная и им. Фрунзе, а в структуру ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» входит шахта им. Артёма. В структуру ЧАО «ЗЖРК», который ведет разработку богатых железных руд Южно-Белозерского месторождения (Белозерский железорудный район, Запорожская область), входят шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая». Основные технические показатели железорудных шахт Украины представлено в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Технические показатели железорудных шахт Украины

Показатель	ПАО «КЖРК»				ПАО «ЕВРАЗ Сухая Балка»		ПАО «АМ Кривой Рог»	ЧАО «ЗЖРК»
	им. В. И. Ленина	Гвардейская	Октябрьская	Родина	Юбилейная	им. Фрунзе	им. Артёма	«Эксплуатационная» и «Проходческая»
Длина залежи, м	60 – 300	100 – 250	200 – 1450	880	400 – 600	60 – 600	1700	2500
Угол падения залежи, град.	55 – 60	50 – 70	45 – 55	36 – 57	50 – 55	55 – 60	42 – 50	68 – 74
Мощность залежи, м	20 – 90	25 – 30	17 – 30	20 – 35	25 – 30	15 – 25	45 – 60	10 – 150
Производительность, млн. т/год	1,5	1,83	1,5	1,75	2,25	1,05	1,33	4,5
Удельный расход ВВ, кг/т	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	0,6 – 0,68
Средне годовой расход ВВ, кг	675000	823500	675000	787500	1012500	472500	598500	2900000

Анализ технических показателей производственной деятельности железорудных шахт Криворожского бассейна и Белозерского железорудного района позволил установить, что шахтами ЧАО «ЗЖРК» для добычи железной руды используется в среднем 2,9 млн. кг тротилосодержащих ВВ в год, что в 5 – 7 раз больше чем на каждой железорудной шахте в отдельности. На подземных горных работах шахты ЧАО «ЗЖРК» используют ВВ типа аммонит №6 ЖВ, граммонит 79/21 и граммонит А. Как известно, что во время взрывания 1 кг этих ВВ в воздух выделяется 890 – 950 литров токсических газов. Поэтому промышленная площадка ЧАО «ЗЖРК» и прилегающая к ней территория представляет собой актуальный полигон для проведения исследований по повышению уровня экологической безопасности.

1.2.2. Месторасположение и горно-геологические условия разработки Южно-Белозерского месторождения

ЧАО «ЗЖРК» находится на территории Белозерского железорудного района, в который входит Северо-Белозерское, Южно-Белозерское и Переверзевское месторождения [64]. Белозерский железорудный район располагается в южной части Василевского и Веселовского административных районов Запорожской области и вытянут в субмеридиальном направлении на 40 км от Каховского водохранилища на севере до с. Веселое на юге. Площадь района охватывает около 1200 км². Район сравнительно густо заселен. Вблизи месторождений в 25 км севернее находятся г. Днепрорудный, в 8 км с. Малая-Белозерка, южнее на расстоянии 9 км с. Новоалександровка, в 10 км восточнее с. Тимошовка. Ближайшими крупными промышленными центрами являются города Запорожье, Никополь, Энергодар, Мелитополь. Географические координаты месторасположения Южно-Белозерского месторождения 47°10' северной широты и 34°58' восточной долготы.

Рельеф исследуемого района представлен холмистой равниной степной зоной, слегка наклонной к югу со средней абсолютной отметкой + 70 м, изрезанной балками и оврагами. Ближайшее Каховское водохранилище расположено в 25 километрах к северу от месторождения.

Климат района умеренно-континентальный с продолжительным сухим и жарким летом и короткой, малоснежной, мягкой, с частыми оттепелями, зимой. По количеству выпадающих атмосферных осадков район входит в зону с недостаточным увлажнением. Многолетняя среднегодовая сумма осадков для района составляет 0,435 м. Наибольшее количество осадков (0,042 – 0,054 м) выпадает в мае-июле. В результате ливневого характера их выпадения при дефиците насыщения и повышенной температуре воздуха большая часть выпадающих в этот период осадков расходуется на поверхностный сток и испарение. По данным многолетних наблюдений величина испарения с водной поверхности составляет от 0,7 до 1,1 м и от 0,3 до 0,5 м с поверхности суши. Многолетняя относительная влажность воздуха составляет 72 %. Наиболее высокое многолетнее ее значение (85 – 89 %) наблюдается в осенне-зимний период (ноябрь-февраль), в летнее время она снижается до 56 – 60 %. Снежный

покров неустойчив. На протяжении зимы только 20 – 80 дней бывает со снежным покровом. Средняя многолетняя высота снежного покрова составляет 0,08 м. В летнее время дожди выпадают редко. Максимальная глубина промерзания почвы не превышает 0,5 – 0,6 м. С учетом метеорологических характеристик района расположения ЧАО «ЗЖРК», который работает на базе Южно-Белозерского месторождения, представлена табл. 1.2 розы ветров за год.

Таблица 1.2

Среднегодовое направление румба ветра на территории ЧАО «ЗЖРК»

Направление румба ветра, %	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
	14,7	14,4	14,8	13,3	10,8	9,9	11,2	10,9

Транспортные условия района благоприятные. Вдоль района, на расстоянии от месторождений до 1,5 км, проходит с севера на юг железная дорога, которая связывает г. Днепрорудный с промплощадкой ЧАО «ЗЖРК» (ст. Днепрорудная) и на юге, у разъезда Веселое, она примыкает к железнодорожной линии Федоровка-Каховка. Расстояние от ст. Днепрорудная до разъезда Веселое 18,5 км, а от него до ст. Федоровка на автомобильной магистрали Москва-Симферполь – 25 км. ЧАО «ЗЖРК» соединен с г. Днепрорудный, а также районными центрами – Большая Белозерка, Васильевка и Михайловка и с железнодорожной станцией Пришиб асфальтированной дорогой. К району месторождения подведены и пересекают его линии высоковольтных передач. Все населенные пункты электрифицированы и радиофицированы. На территории, примыкающей к промышленной площадке ЧАО «ЗЖРК» от ближайших сел располагаются поля, на которых выращивают сельскохозяйственные культуры, такие как рожь, пшеница и подсолнечник.

В геологическом строении кристаллического фундамента района принимают участие метаморфизованные породы Конкско-Верховцевской серии верхнего архея. Эти породы подстилаются гнейсами и магматитами, объединяемые в Днепровскую группу.

Породы Конкско-Верховцевской серии делятся на Конкскую метабазитовую свиту ($AR_2Kп$) и Белозерскую кварцито-сланцевую свиту ($AR_2Б$). Конкская свита представлена метаморфизованными породами эффузивного, осадочного и интрузивного генезиса: амфиболитами, ортосланцами, парасланцами, кварцитами. Абсолютный возраст пород 3250 млн. лет. Мощность свиты около 1200 м. Свита несогласно залегает на породах Днепровской группы.

Белозерская кварцито-сланцевая свита ($AR_2Б$) сложена эффузивными и осадочными метаморфизованными породами: сланцами, кварцевыми кератофирами, железистыми кварцитами, богатыми железными рудами. Мощность свиты 2855 м. Белозерская свита разделится на три подсвиты: нижняя – метапесчанико-сланцевая ($AR_2Б_1$), средняя сланцево-кварцитовая (железорудная) ($AR_2Б_2$) и верхняя кварцито-песчанико-сланцевая ($AR_2Б_3$). Нижняя метапесчаниковая подсвита ($AR_2Б_1$) представлена кварц-серицитовыми

сланцами, метапесчаниками, кислыми и основными эффузивными породами. Мощность ее около 2200 м. Выше залегает средняя сланцево-кварцитовая подсвета (AR₂Б₂) сложенная железистыми кварцитами и богатыми железными рудами. Мощность подсветы 355 м. Верхняя кварцито-песчанико-сланцевая подсвета (AR₂Б₃) представлена преимущественно породами среднего состава, подчиненное значение имеют основные кислые и ультраосновные разности, превращенные в процессе метаморфизма в плагиоклаз-кварц-хлоритовые и кварц-биотитовые сланцы, переслаивающиеся с метапесчаниками и маломощными прослоями магнетитовых кварцитов. Руднокристаллический комплекс на Южно-Белозерском железорудном месторождении перекрыт мощной толщей осадочных пород. Поверхность кристаллического массива постепенно погружается с севера на юг и в этом направлении увеличивается мощность осадочной толщи от 140 м на севере до 402 м на юге.

Мощность осадочной толщи в пределах эксплуатируемого ЧАО «ЗЖРК» Южно-Белозерского месторождения богатых железных руд составляет до 230 – 280 м. В осадочной толще выделяются отложения мелового возраста, палеогена, неогена и четвертичной системы.

Южно-Белозерское месторождение занимает северную часть западного крыла центральной (Переверзевской) синклинали, представляя собой полосу шириной 182 м субмеридиального (от северо-западного до северо-восточного) простирания. Простирание его изменяется: на южном фланге (до разведочного профиля 40 – 230) – северо-западное (310°), далее, на участке между разведочными профилями 39 – 230, субмеридиальное и в северной части (севернее разведочного профиля 39) – северо-восточнее 40°. Падение железистых кварцитов и руд крутое, северо-восточное, в южной части (до профиля 39) и юго-восточное в северной. В общем, угол падения увеличивается с юга на север (с 60 – 65° до 85 – 90°).

Залегание железистых кварцитов и согласных с ними железных руд, как показывают данные горно-эксплуатационных работ и разведочные скважины, значительно осложнено складчатостью четвертого, пятого и более высоких порядков. Разрывных нарушений, влияющих на залегание пород и руд, не наблюдается. На южном фланге месторождения, в районе профиля 41, находится западный замок крупной флексуорообразной складки, осевая плоскость которой имеет направление на северо-восток под углом 20°. Простирание пород и руд здесь меняется с северо-западного на субширотное.

Горно-эксплуатационными работами и разведочными скважинами установлено в южной части месторождения наличие всех элементов морфологии рудной складчатости. Направление склонения изменчивое и совпадает с простиранием железистых кварцитов и руд. Установлено также широкое развитие по всей площади месторождения трещин отдельности-вертикальных и пологих (с углом падения до 10 – 20°). Простирание вертикальных трещин – 350°, а пологих 250 – 275°. Этими трещинами железистые кварциты разбиты на блоки.

Южно-Белозерское месторождение состоит из залежи «Главная», занимающей важную часть месторождения, и отдельных, более мягких тел, в

северной части месторождения. Залежь «Главная» имеет пластообразную форму. Наибольшая мощность залежи наблюдается в южной и центральной части (110 – 120 м), дальше к северу она приобретает сложное строение и расщепляется на ряд мелких тел. Угол падения залежи 56 – 78°, чаще 65 – 70°. Руды, в основной своей массе, крепкие, кусковатые с пределом прочности от 30 – 50 до 100 – 120 МПа. Железные руды месторождения приурочены к западному крылу основной синклинали структуры и размещены в горизонте железистых кварцитов мощностью 150 – 300 м. Лежачий бок месторождения представлен кварцит-серицитовыми сланцами, висячий – серицит-хлоритовыми сланцами и серпентинитами. Руды в подавляющем большинстве относятся к мартеновским. Остальные руды представлены доменными рудами также, не требующими обогащения. Минимальное промышленное содержание железа в руде 48%, среднее содержание железа в рудах месторождения более 60%. В табл. 1.3 представлены сорта руды Южно-Белозерского месторождения.

Таблица 1.3

Содержание железа в сортах руды Южно-Белозерского месторождения

Сорт руды	Среднее содержание железа в руде, %	
	Содержание железа, %	Размер куска, м
Агломерационная (А)	61,26	0 – 0,01
Доменная (Д)	52,1	0,01 – 0,1
Мартеновская 21 класс	61,5	0,1 – 0,35
Мартеновская 22 класс	58,4	0,1 – 0,35

По внешним признакам и физическим свойствам руды отличаются следующим образом: мартитовые – темно-серые с синеватым отливом, весьма крепкие от 60 – 120 МПа, дисперсногематит-мартитовые с красным оттенком, менее крепкие от 30 – 80 МПа, мартит дисперсно-гематитовые, буро-красные, не крепкие или рыхлые 10 – 30 МПа, объемным весом руды 39 – 40 кН/м³.

ЧАО «ЗЖРК», в состав которых входят шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая», ведет разработку железных руд Южно-Белозёрского месторождения подземным способом в сложных гидрогеологических условиях. Сложность заключается в том, что рудно-кристаллический массив перекрыт мощным слоем осадочных отложений, в котором находится шесть водоносных горизонтов. Рудные залежи замечены на глубине 250 – 300 м от земной поверхности. Приток воды в подземные горные выработки составляет около 2000 м³/час. Перед началом отработки месторождения были проведены специальные мероприятия по осушению рудного массива и снятию напоров в самом нижнем водоносном горизонте – бучагском. Очистные работы ведутся в сдренированном массиве горных пород в пределах депрессионной воронки. Залежь «Главная» со стороны лежачего бока, по центру месторождения, вскрыта тремя вертикальными стволами – главный ствол №1, №2 и вспомогательный ствол (центральная группа стволов). По флангам месторождения – северным и южным вентиляционными стволами (СВС и ЮВС). С висячего бока по центру залежи – дренажным вентиляционным

стволом (ДВС).

Из трех стволов центральной группы стволов (ЦГС), которые пройдены на расстоянии 1 км от залежи – главный ствол №1 предназначен для выдачи руды и породы, главный ствол №2 – для выдачи руды скипами и спуска-подъема людей и материалов в клетки. Вспомогательный ствол – предназначен для материально-людского подъема и выдачи породы от проходки горных выработок.

СВС и ЮВС оборудованы клетьевыми подъемами. На поверхности в устье стволов расположены главные вентиляторные установки (ГВУ). Третий вентиляционный ствол ДВС оборудован клетьевым подъемом и вентилятором главного проветривания.

Для отработки запасов богатых железных руд с такими сложными гидрогеологическими условиями разработки, для ЧАО «ЗЖРК» принята этажно-камерная система разработки с последующим заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой с расположением камер вкрест простирания. Форма очистных камер призматическая, вытянутая по вертикали. При плоской, либо слегка сводчатой потолочине, днище камеры со стороны висячего бока имеют наклонную под углом $50 - 55^\circ$ плоскость кровли охранного целика, обеспечивающего устойчивость орта-заезда, для использования его при отработке соседней камеры, а также естественное сползание отбитой руды.

Погрузочный горизонт расположен на 10 – 15 м выше откаточного горизонта и соединяется с последним рудоспусками, оборудованными вибрационными питателями. По погрузочному горизонту в лежащем и висячем боках проходятся транспортные штреки и соединяющие их орты-заезды. Такие же транспортные (буровые) штреки проходятся и на двух подэтажных горизонтах, с которых проходятся буровые орты. С буропогрузочного горизонта на всю высоту камеры проходится отрезной восстающий, который сбивается с буровыми ортами. Отрезной восстающий буровзрывными работами расширяется до отрезной щели. Разбуривание рудного массива осуществляется буровыми станками типа Simba H1352. Рудный массив камеры согласно проекту на массовый взрыв разбуривается веерами глубоких скважин, а в пределах отрезной щели – параллельными. Затем эксплуатационные скважины заряжаются взрывчатыми веществами и взрываются. Отбитая взрывом руда выпускается в вагонетки на откаточном горизонте с помощью вибрационных питателей.

После окончания ведения очистных работ и приобретения очистной камерой проектных размеров производится закладка твердеющей смесью. Перед началом закладочных работ очистное пространство камер должно быть изолировано от действующих выработок шахты перемычками. Перемычки сооружаются в первую очередь на нижних этажах и подэтажных выработках, примыкающих к очистным камерам. Минимальное расстояние от очистной камеры до места установки изолирующей (основной) перемычки, применяемое на комбинате, составляет 2 м. Место сооружения пульпоулавливающей (предохранительной) перемычки относительно основной принимается с таким расчетом, чтобы между перемычками могло поместиться не менее 100 м^3 закладки. Основная перемычка сооружается на всю высоту выработки, а предохранительная – высотой не менее $2/3$ высоты

выработки. После установки перемычек производят заполнение камеры твердеющей смесью, которое выполняется в три этапа: возведение упрочненного слоя, заполнение основного объема камеры, дозакладка камер. Камеры заполняют на 5 – 7 м закладочной смесью с повышенной прочностью до 120 МПа, что обеспечивает устойчивость будущей кровли и предотвращение разубоживания при отработке нижних этажей. Затем в камеры подают закладочную смесь прочностью до 80 МПа. После твердения смеси спустя 2...3 дня в случае необходимости камеры дозакладывают.

На ЧАО «ЗЖРК» принято фланговое проветривание, которое осуществляется за счёт ГВУ, расположенных на СВС, ЮВС и ДВС. Способ проветривания шахты всасывающий, то есть вентиляторы на фланговых стволах высасывают воздух из шахты и создают в шахте общешахтную депрессию, за счёт которой свежий воздух подается по ЦГС и по сети горных выработок выходит по вентиляционным стволам. Фактический режим работы ГВУ представлено в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Фактический режим работы ГВУ

Ствол	Тип ГВУ	Нормальный режим работы	Производительность вентилятора, м ³ /с	Депрессия, Па
СВС	ВЦД-3,3	всасывающий	217	2300
ЮВС	ВЦД-31,5М	всасывающий	257	3100
ДВС	ВЦД31,5	всасывающий	232	2750

Основными потребителями воздуха в шахтной вентиляционной сети являются добычные орты, подготовительные забои (штреки висячего и лежачего боков, орты и забои подэтажных выработок). Вентиляция очистных выработок осуществляется за счет общешахтной депрессии с выдачей исходящей струи по вентиляционным восстающим на основной вентиляционный горизонт 465 м. Для усиления режима вентиляции в очистных выработках, после взрывных работ, проветривание дополнительно осуществляется за счет установленных там вентиляторов местного проветривания (ВМП), которые создают дополнительную тягу воздуха. Нарезные и подготовительные забои проветриваются ВМП типа ВМ-5М и СВМ-6М при помощи вентиляционных труб диаметром 0,5 и 0,6 м. Проветривание очистных блоков осуществляется за счет общешахтной депрессии. В связи с тем, что месторождение обрабатывается этажно-камерной системой с твердеющей закладкой выработанного пространства, полностью исключается утечка воздуха через зону обрушения.

По выполненному анализу месторасположения и горно-геологических условий разработки Южно-Белозерского месторождения можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что Южно-Белозерское месторождение, на базе которого работает ЧАО «ЗЖРК», расположено в сравнительно густо заселенной

местности: севернее в 25 км находится г. Днепрорудное и в 8 км с. Малая-Белозерка, южнее на расстоянии 9 км с. Новоалександровка, восточнее в 10 км с. Тимошовка. Климат – умеренно-континентальный, с частыми сухими ветрами. Среднегодовое направление румба ветра на территории ЧАО «ЗЖРК»: северное (14,7 %), северо-восточное (14,4 %) и восточное (14,8 %). Территория, примыкающая к промышленной площадке ЧАО «ЗЖРК» представлена сельскохозяйственными угодьями, на которых выращивается рожь, пшеница и подсолнечник.

2. Месторождение представлено залежью «Главная», которое имеет сложную пластообразную форму с углом падения $65 - 75^\circ$ на восток. Основная масса руд до 80 – 85% сосредоточена в южной части залежи. Горизонтальная мощность залежи «Главная» колеблется от 3...10 м в северной части до 120 – 150 м в южной. Руды имеют предел прочности на сжатие 30 МПа, который возрастает до 120 МПа с юга на север залежи. Добыча железной руды Южно-Белозерского месторождения осуществляется этажно-камерной системой разработки с расположением камер вкрест простирания и последующей закладкой выработанного пространства. Способ проветривания шахты после ведения проходческих и очистных работ – всасывающий. Вентиляторы на фланговых стволах высасывают воздух из шахты и создают в ней общешахтную депрессию, за счёт которой свежий воздух всасывается по ЦГС и по сети горных выработок выходит по вентиляционным стволам СВС, ЮВС и ДВС на поверхность.

1.2.3. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК»

Как уже отмечалось, предприятия горнорудной промышленности являются одним из значительных источников техногенной нагрузки на окружающую среду. Поэтому дальнейшее развитие горнодобывающей отрасли должно сочетаться с осуществлением систем мероприятий, направленных на повышение экологической безопасности и восстановление всех составных частей природного комплекса.

ЧАО «ЗЖРК» ведет подземную добычу богатой железной руды этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой [65]. 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 энергетических комплексов (доменные шлаки, золошлаки и др.). Природоохранная работа на предприятии осуществляется экологической службой технического директора, которая в своей деятельности руководствуется законодательными и нормативными природоохранными актами, текущим и перспективным планированием, предписаниями контролирующих органов. Ведение горных работ с

заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой позволяет рационально извлекать железную руду до 95%, с потерей руды до 5%. После инвентаризации часть земель промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК» передана сельскохозяйственным предприятиям (200 га) и сегодня площадь земель составляет около 700 га. Для обеспечения производства на комбинате функционируют основные и вспомогательные цеха. К основным цехам относятся: шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая», дробильно-сортировочная фабрика, закладочный цех и железнодорожный цех. Вспомогательные цеха и службы включают в себя: автотранспортный цех, энергоцех, ремонтно-механический цех, цех капитальных и текущих ремонтов, электроремонтный участок, участок подготовки производства и др. В течение процессов добычи, дробления, сортировки и отгрузки железной руды, а также при вспомогательных операциях в атмосферу выбрасывается значительное количество экологически опасных веществ. Основными источниками загрязнения (рис. 1.1) атмосферного воздуха являются: шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая», дробильно-сортировочная фабрика (ДСФ), закладочный цех (ЗЦ), ремонтно-механический цех (РМЦ) и автотранспортный цех (АТЦ).



Рис. 1.1. Расположение источников загрязнения атмосферного воздуха на территории промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК»: 1 – северный вентиляционный ствол; 2 – южный вентиляционный ствол; 3 – дренажный вентиляционный ствол; 4 – дробильно-сортировочная фабрика; 5 – закладочный цех; 6 – ремонтно-механический цех; 7 – автотранспортный цех

ДСФ предназначена для дробления добытой руды и сортировку ее на отдельные сорта. ДСФ введена в эксплуатацию с апреля 1970 года и включает в себя корпус дробления в надшахтном здании грузовых стволов, корпус сортировки и склады товарной руды и осуществляет две стадии дробления и три операции грохочения. Выданная из шахты на поверхность железная руда направляется на ДСФ для предварительного грохочения. Крупные куски по системе конвейеров транспортируются на дробление, а подгрохотная часть её – в сортировочное отделение. В корпусе сортировки производится рассев руды по сортам и затем конвейерным транспортом направляется на склад готовой продукции. Вредным влиянием при эксплуатации комплекса можно считать пылевое загрязнение окружающей среды, а также вибрационное загрязнение, исходящее от работающего оборудования. На ДСФ для улавливания пыли после дробления руды установлено – ПОУ мокрой очистки типа «СИОТ» – 17 штук и скрубберы, СЦВД-20 количество которых 6 шт. Объем выбросов в атмосферу, с учетом очистительных мероприятий составляет 37,4 т/год.

ЗЦ предназначен для приготовления и подачи в шахту закладочной смеси. Режим работы закладочного комплекса должен обеспечивать непрерывное заполнение выемочных единиц (очистных камер) после выемки руды закладочной смесью. В настоящее время для приготовления твердеющей смеси используются следующие составляющие: доменный гранулированный шлак, песок, цемент и вода. Технология приготовления твердеющей смеси состоит из следующих производственных процессов:

- разгрузка сыпучих материалов (песок, шлак, заполнители) производится на опрокидывателе и конвейерами подаётся в главный корпус;
- производится измельчение шлака в шаровых мельницах;
- из цементного склада пневмотранспортом подаётся цемент;
- измельченный шлак, заполнители и цемент перемешиваются в смесителях и по скважинам подаются в шахту;
- закладочная смесь с поверхности по скважинам подаётся в шахту для заполнения отработанных камер.

ЗЦ состоит из пункта разгрузки сыпучих материалов, склада для заполнителей и главного корпуса, где установлены шаровые мельницы для помола гранулированного шлака, а так же смесителя. Готовая смесь по трубам, проложенным по вертикальным скважинам и горизонтальным выработкам в шахте, доставляется к месту укладки в камеры. Вредным влиянием при эксплуатации ЗЦ можно считать пылевое загрязнение окружающей среды. На закладочном комплексе для улавливания цементной пыли установлены рукавные фильтры типа СМЦ-166 и СМЦ-199 в количестве 3 штук. Объем выбросов в атмосферу, с учетом очистительных мероприятий составляет 33,1 т/год.

РМЦ предназначен для выполнения ремонтов горного и вспомогательного оборудования, изготовления запасных частей и восстановления изношенных деталей. В соответствии с назначением цех включает в себя: механическое отделение, отделение металлоконструкций, кузнечное отделение, отделение ремонта горного оборудования, участки термообработки, цветного литья и

ремонта технологического оборудования. В цехе установлены современные станки, механические ножницы, пневматический молот, сварочное оборудование, универсальная установка для химико-термической обработки и бурозаправочный станок. Имеются термические печи для плавки черных и цветных металлов. В отделении новой техники ведутся работы по апробированию и техобслуживанию самоходной горной техники. Вредным влиянием при эксплуатации РМЦ на окружающую среду являются пылевое загрязнение и выбросы оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы. В РМЦ на заточных станках установлены 4 шт. ПОУ типа ЗИЛ-900, две осадительные камеры. Объем выбросов в атмосферу экологически опасных веществ, с учетом очистительных мероприятий составляет 1,9 т/год.

АТЦ, основными производственными функциями которого являются:

- транспортировка БелАЗами пустой породы на отвал;
- снабжение материалами комбината;
- обеспечение землеройной, грузоподъемной техникой ремонтных работ;
- перемещение сыпучих материалов бульдозерами в закладочном цехе;
- перевозка пассажиров.

Вредным влиянием АТЦ на окружающую среду являются пылевое загрязнение и выбросы оксида углерода, оксидов азота, диоксида серы и сероводород. В на заточных станках установлены 4 шт. ПОУ типа ЗИЛ-900, две осадительные камеры. Объем выбросов в атмосферу экологически опасных веществ, с учетом очистительных мероприятий составляет 3,7 т/год.

Отработанная струя воздуха из шахт выбрасывается в атмосферу через три вентиляционных ствола (СВС, ЮВС и ДВС) неочищенной, т.к. на сегодняшний день не существует эффективного оборудования и очистительных сооружений для улавливания и очистки газов в рудничном воздухе, который выдается на поверхность в таких весьма больших объемах (см. раздел 1.3). Вредным влиянием ведения подземных горных работ на окружающую среду являются пылевое загрязнение и выбросы оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы. Объем выбросов в атмосферу экологически опасных веществ составляет 40,5 т/год.

В задачу вентиляции подземных горных выработок входит подача рудничного воздуха необходимого состава для обеспечения безопасных санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах.

К основным причинам загрязнения токсичными газами рудничного воздуха и снижения содержания в нем кислорода относятся: ведение взрывных работ, окисление горных пород и древесины, работа двигателей внутреннего сгорания и др. На подземных горных работах применяется высокопроизводительное импортное горное оборудование производства Atlas Copco (Швеция), Sandvik (Финляндия), с двигателями внутреннего сгорания и многоступенчатыми степенями очистки выхлопных газов, но при использовании не качественного топлива и не исправных катализаторов выхлопных газов приводит к выбросам в рудничный воздух сернистого газа (SO_2) и сероводорода (H_2S).

Сернистый газ – бесцветен, имеет сильный раздражающий запах и кислый вкус. Весьма ядовит: он раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, в тяжелых случаях вызывает воспаление бронхов, отек гортани и легких. Концентрация 0,05% опасна для жизни даже при кратковременном вдыхании. Запах SO_2 ощутим с 0,0005%. Сернистый газ образуется при взрывных работах, если они ведутся в сернистых породах или если взрывчатые вещества содержат серу, при рудничных пожарах и выделяется из горных пород. Содержание SO_2 в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00035%.

Сероводород – газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц (ощутим при содержании его в воздухе до 0,0001%). Сероводород горит и, при концентрации в воздухе 6%, взрывается. Сероводород очень ядовит, действует раздражающе на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Симптомы отравления: раздражение и жжение в глазах и дыхательных путях, усталость, тошнота, рвота, обморок. Смертельно опасен при кратковременном воздействии концентрации H_2S – 0,1%. Содержание H_2S в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00066%. Сероводород образуется при взрывных работах, гниении органических веществ, разложении шахтными водами содержащих серу пород, рудничных пожарах. Также газ выделяется из горных пород и минеральных источников.

При проведении горных выработок и ведении очистных работ древесина используется в минимальных количествах, а горные породы незначительно склонны к окислению. Главным источником появления токсичных газов окиси углерода (CO), диоксида углерода (CO_2) и окислов азота (NO и NO_2) в рудничной атмосфере являются буровзрывные работы.

Окись углерода – газ без цвета, вкуса и запаха, удельный вес 0,97. Горит и взрывается при содержании его в воздухе 12,5 – 75%, наибольшая сила взрыва достигает при 30%. Температура воспламенения газовой смеси в этом случае 630 – 810° С, цвет пламени голубовато-синий. Газ весьма ядовит: легко соединяясь с гемоглобином в крови (в 250 – 300 раз активнее кислорода), он вытесняет из нее кислород, вызывая тем самым кислородное голодание организма. Для полного насыщения крови человека окисью углерода его требуется всего лишь 300 см³. Симптомы хронического отравления окисью углерода: при слабом отравлении, являющимся следствием вдыхания в течение до 1 часа воздуха с содержанием 0,048% CO – головная боль, шум в ушах, головокружение, сердцебиение. При сильном отравлении, вызываемом вдыханием в течение 0,5 – 1 часа воздуха с содержанием 0,128% CO – кроме вышеуказанных симптомов, потеря способности двигаться и притупление сознания. Смертельно опасное отравление, наступает после очень непродолжительного вдыхания воздуха с содержанием 0,4% CO – потеря сознания, судороги; при содержании CO около 1,0% потеря сознания наступает после нескольких вдохов. Основными источниками загрязнения рудничного воздуха окисью углерода являются взрывные работы, рудничные пожары, взрывы угольной пыли и метана, работа двигателей внутреннего сгорания. В обычных условиях основное количество CO в шахтах дают взрывные работы. Содержание CO в рудничном воздухе не должно превышать 0,0024% при длительном пребывании людей.

Углекислый газ – бесцветен, тяжелее воздуха, со слабокислым запахом. Не поддерживает горения, слабо ядовит. При содержании его в количестве 5 – 10 % по объёму может являться причиной обморока, а при 20 – 25 % содержании во вдыхаемом воздухе может вызвать отравление и даже смерть. Кроме того, углекислый газ раздражает кожу, слизистые оболочки и, всасываясь, возбуждает, а затем угнетает кору головного мозга, терморегуляторный, сосудодвигательный и дыхательные центры, а также вызывает тяжёлые расстройства во внутренних органах.

Оксиды азота – образуются при взрывных работах и состоят из смеси окиси азота NO, двуокиси азота NO₂, двучетырёх окиси азота N₂O₄, пятиокиси азота N₂O₅. Эти окислы имеют бурый цвет и характерный резкий запах. Окислы азота весьма ядовиты, вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а в тяжелых случаях – отеки легких. Токсичное действие окислов азота проявляется через 4 – 6 часов (иногда через 20 – 30 ч). Симптомы отравления: кашель, головная боль, рвота, синюшность, повышение температуры тела, расстройство сердечной деятельности. Смертельная концентрация окислов азота при кратковременном вдыхании – 0,025%. Содержание окислов азота в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00025% в пересчете на NO₂.

Подземные горные работы по добыче руды ведут с помощью буровзрывных работ. Для горных работ используют следующие типы непродохранительных промышленных ВВ: патронированный аммонит №6ЖВ, гранулированные граммонит 79/21 и граммонит А (табл. 1.5).

Аммонит №6ЖВ представляет собой плохо сыпучий, пылящий порошок желтого цвета, смесь порошкообразной аммиачной селитры 79% с тротилом 21%. При тщательном изготовлении и хорошей упаковке мало слеживается, поэтому он выпускается в патронированном виде. Аммонит №6ЖВ предназначен для заряжания сухих и влажных шпуров и скважин, в породах средней и выше средней крепости, для вторичного взрывания, а также в качестве патронов-боевиков для взрывания гранулированных и водосодержащих ВВ.

Таблица 1.5

Использование промышленных ВВ при ведении горных работ по добыче железной руды на шахтах ЧАО «ЗЖРК»

Промышленные ВВ	Использование промышленных ВВ при ведении горных работ, %
Проведение подземных горных выработок	
Аммонит №6ЖВ	10 – 15
Граммонит 79/21	10 – 15
Граммонит А	70 – 80
Ведение очистных работ	
Аммонит №6ЖВ	≤ 5
Граммонит 79/21	80 – 95
Граммонит А	≤ 15

Граммонит 79/21 – является хорошо сыпучей механической смесью гранулированной аммиачной селитры 79% с тротилом 21% и предназначен для механизированного заряжания шпуров и скважин на подземных и открытых горных работах. При механизированном зарядании образуется много взрывчатой пыли, поэтому его перед заряданием увлажняют.

Граммонит А представляет собой механическую смесь гранулированной аммиачной селитры 86,5 – 87,5%, с чешуйчатым тротилом 9 – 10% и дизельного топлива 3,5%, и предназначен для проведения взрывных работ на открытых поверхностях, в подземных условиях рудников и шахт, не опасных по газу и пыли, при ручном и механизированном способе зарядания сухих и мокрых (обезвоженных) скважин и камер. Основные характеристики и химические формулы ВВ представлены в таблице 1.6.

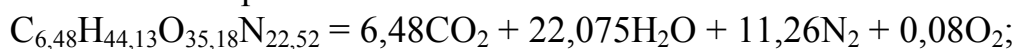
Таблица 1.6

Основные физико-химические характеристики ВВ

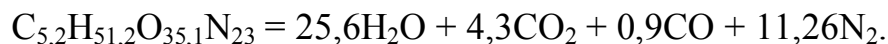
Наименование показателя	Аммонит №6ЖВ	Граммонит 79/21	Граммонит А
Теплота взрыва, кДж/кг	4312	4291	3929
Бризантность, мм	14	20 – 25	16 – 17
Температура взрыва, °С	2960	2960	2694,9
Скорость детонации, км/с	3,6 – 4,8	3,2 – 3,6	3,2 – 3,6
Работоспособность, см ³	360	360 – 370	360 – 370
Кислородный баланс, %	-0,53	+0,02	-0,21
Плотность зарядания, г/см ³	1 – 1,2	0,85 – 1,15	0,85 – 1,15
Объем газов, л/кг	895	895	947,3
Брутто формула	C _{6,48} H _{44,13} O _{35,18} N _{22,52}		C _{5,2} H _{51,2} O _{35,1} N ₂₃

Рассмотрим первичные реакции взрывчатого разложения применяемых ВВ по общеизвестным формулам представленных в работах [66, 67]:

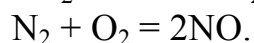
- аммонит №6ЖВ и граммонит 79/21



- граммонит А



Представленные уравнения соответствуют первичной реакции разложения ВВ. В действительности ход реакции более сложен, наряду с первичной реакцией при высокой температуре и давлении имеют место обратимые вторичные реакции, протекающие при взаимодействии образовавшихся первичных газовых продуктов взрыва. Основные вторичные реакции следующие:



Уравнения вторичных реакций показывают возможность образования ядовитых газов, таких как окись углерода и окиси азота. Таким образом, при

взрыве сначала образуется окись азота NO (плотность $1,037 \text{ г/см}^3$), которая при повышенной температуре легко реагирует с кислородом, переходя в двуокись азота NO₂ (плотность $1,58 \text{ г/м}^3$), которая тяжелее воздуха и легко адсорбируется горной породой или рудой, и медленно выделяется из нее во время уборки взорванной породы. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК» представлено в работе [68].

На основе проведенного анализа источников загрязнения атмосферного воздуха, в условиях ЧАО «ЗЖРК» можно сделать следующие *выводы*:

1. Установлено, что к основным источникам загрязнения воздушного бассейна в условиях ЧАО «ЗЖРК» относятся следующие цеха: шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая», дробильно-сортировочная фабрика, складочный, ремонтно-механический и автотранспортный цеха. Для улавливания пыли после дробления руды на ДСФ установлены ПОУ мокрой очистки типа «СИОТ» скрубберы и СЦВД-20. На складочном комплексе для улавливания цементной пыли установлены рукавные фильтры типа СМЦ-166 и СМЦ-199. В ремонтно-механическом цехе и автотранспортном цехе на заточных станках установлены ПОУ типа ЗИЛ-900, две осадительные камеры. После ведения горных работ в шахтах отработанная струя воздуха из них выбрасывается в атмосферу через три вентиляционных ствола неочищенной, т.к. 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.

2. Анализ источников загрязнения рудничного воздуха позволил установить, что основными причинами уменьшения содержания кислорода в воздухе сети горных выработок является ведение взрывных работ и использование горного оборудования с двигателями внутреннего сгорания. Выделение большого количества токсичных газов происходит при ведении взрывных работ на проходческих и очистных работах. Это связано с использованием при выполнении этих работ промышленных ВВ содержащих тротил типа аммонит №6ЖВ, граммонит 79/21 и граммонит А. Рассмотренные реакции взрывчатого разложения этих ВВ позволило установить, что в действительности ход реакции более сложный, наряду с первичной реакцией при высокой температуре и давлении имеют место обратимые вторичные реакции, которые сопровождаются взаимодействием с кислородом и превращением двуокиси.

1.3. Постановка цели и задач исследования

При выполнении анализа работ в области влияния горных предприятий на воздушный бассейн установлено, что уровень экологической безопасности подземной добычи железных руд остается довольно низким, в силу недостаточной изученности механизма загрязнения рудничного и атмосферного воздуха вредными выбросами взрывных работ и отсутствия эффективных средств воздействия на эти выбросы. В связи с этим сформулирована цель

работы – научное обоснование эффективных методов повышения экологической безопасности при добыче железных руд подземным способом 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:

- 1) проанализировать доминирующие источники загрязнения атмосферного воздуха при подземной добыче железных руд;
- 2) оценить уровни загрязнения объектов окружающей среды на разных расстояниях от источников выброса, и установить закономерности влияния выбросов железорудных шахт на состояние атмосферного воздуха по показателям индикаторов;
- 3) провести оценку параметров экологической опасности выбросов железорудных шахт;
- 4) разработать технологические решения по повышению уровня экологической безопасности подземной добычи железных руд;
- 5) определить эколого-экономическую эффективность внедрения технологий экологизации процессов подземной добычи железных руд.

Для решения поставленных в работе задач принят комплексный метод исследования, который включает следующие этапы:

- анализ научно-технической литературы по современным методам исследования и биологического мониторинга состояния атмосферного воздуха;
- анализ проектно-технической литературы по вопросам эксплуатации Южно-Белозерского месторождения этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой;
- анализ проектно-технической литературы по вопросам техногенного воздействия источников загрязнения ЧАО «ЗЖРК» на атмосферный воздух;
- оценка состояния атмосферного воздуха вокруг источников выброса экспресс методом физико-химического анализа;
- анализ проектно-технической литературы по вопросам расчета приземной концентрации вредных веществ от источников выброса;
- исследование уровня токсико-мутагенного фона цитогенетическим методом по тесту «Стерильность пыльцы растений»;
- оценка техногенного влияния горного предприятия на процессы онтогенеза культур агрофитоценоза на примере озимой пшеницы;
- определения последствий техногенеза в первом поколении культур агрофитоценоза с помощью метода биотестирования по ростовому тесту;
- обоснование способов снижения количества вредных веществ в рудничной атмосфере.

Анализ научно-технической литературы по современным методам исследования и биологической оценки состояния атмосферного воздуха позволит выявить целесообразные методы экологической оценки и прогнозирования состояния атмосферного воздуха вблизи источников выброса.

Анализ проектно-технической литературы по вопросам эксплуатации Южно-Белозерского месторождения этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой позволил установить месторасположение

месторождения, климатические условия, среднегодовое направление ветра, горно-геологические условия залегания рудного тела, технологию ведения подземных горных работ.

Анализ проектно-технической литературы по вопросам техногенного воздействия на атмосферный воздух источников загрязнения ЧАО «ЗЖРК», позволил детально изучить мероприятия, которые проводятся в структурных подразделениях предприятия и шахтах для снижения негативного влияния на атмосферу.

Оценка состояния атмосферного воздуха вокруг источников выброса физико-химическим методом позволит определить содержание экологически опасных веществ в атмосферном воздухе в исходящей струе каналов вентиляторов.

Анализ проектно-технической литературы по вопросам расчета приземных концентраций экологически опасных веществ позволит установить характер изменения приземных концентраций экологически опасных веществ вокруг источников выбросов.

Исследования уровня токсико-мутагенного фона цитогенетическим методом по тесту «Стерильность пыльцы растений» позволит установить закономерности общей токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха.

Оценка техногенного влияния горного предприятия на процессы онтогенеза культур агрофитоценоза на примере озимой пшеницы произрастающей на разном расстоянии от источника выброса позволит установить характер изменения биологических признаков.

Биотестирование по ростовому тесту озимой пшеницы позволит установить закономерности последствия техногенеза на культуры агрофитоценоза в первом поколении.

Обоснование технологических решений направленных на снижения количества экологически опасных веществ в рудничном воздухе позволит использовать эмульсионные ВВ при подземной добычи железной руды с усовершенствованием технологии бурения и механизированного заряжания эксплуатационных скважин, что в свою очередь приведет к повышению безопасности ведения взрывных работ, снижению загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва, а также снижению индекса опасности и себестоимости 1 т руды.

Комплексная методика исследований, принятая в работе, представлена на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Комплексная методика исследований

2. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

2.1. Анализ современных методов исследования состояния атмосферного воздуха

Огромное количество и сложность взаимосвязей и взаимозависимостей живых систем разных уровней организации и среды обитания, которые формируются в экосистемах, обусловлено многообразием методов экологических исследований. Круг этих методов очень широк и разнообразен и зависит от объектов исследований и поставленных задач [33]. Исследование состояния атмосферного воздуха вблизи источника выброса осуществляется различными методами. К их числу относятся физико-химические методы и биологическая оценка.

С помощью физико-химических методов выполняют анализ загрязнения атмосферного воздуха, в результате чего получают информацию о качественном и количественном составе воздуха, необходимого для прогнозирования степени его загрязнения. К физико-химическим исследованиям атмосферного воздуха относятся следующие инструментальные методы анализа: метод газовой хроматографии, колориметрический метод, фотометрический метод, газовольметрический метод, титриметрический метод, экспресс-метод.

Метод газовой хроматографии. Метод применяется для определения примесей экологически опасных веществ в воздухе, для анализа многокомпонентных смесей сложного состава, определения состава продуктов органического и нефтехимического синтеза отходящих газов [34-38]. Метод основан на разделении летучих, термостабильных соединений. Этим требованиям отвечает около 5% известных органических соединений, но именно эти соединения оставляют 70 – 80 % соединений, которые использует человек в сфере производства и быта. Подвижной фазой служит инертный газ (газ-носитель), протекающий через неподвижную фазу, имеющую большую поверхность. В качестве подвижной фазы можно использовать водород, гелий, азот, аргон и углекислый газ. Наиболее часто используют азот, как более доступный и дешевый. Газ-носитель обеспечивает перенос разделяемых компонентов по хроматографической колонке и не взаимодействует ни с разделяемыми веществами, ни с неподвижной фазой. Процесс разделения основан на различии в растворимости и летучести анализируемых компонентов. Быстрее через хроматографическую колонку движется тот компонент, растворимость которого в неподвижной фазе меньше, а летучесть при данной температуре больше. Принцип разделения неодинаковое сродство веществ к летучей подвижной фазе и стационарной фазе в колонке. Компоненты смеси селективно задерживаются последней, поскольку растворимость их в этой фазе различна, и таким образом разделяются (компонентам с большей растворимостью требуется большее время для выхода из жидкой фазы, чем компонентам с меньшей растворимостью). Затем вещества

выходят из колонки и регистрируются детектором. Сигнал детектора записывается в виде хроматограммы автоматическим потенциометром (самописцем). Достоинствами метода являются: сравнительная простота аппаратного оформления, весьма широкие границы применения, возможность определения с высокой точностью малых количеств газов органических соединений с высокой точностью, быстрота анализа, широкий выбор сорбентов и неподвижных фаз, высокая гибкость изменения условий разделения, возможность осуществления химических реакций в хроматографической колонке или детекторе, что расширяет круг анализируемых соединений (реакционная газовая хроматография). Недостатки: метод требует подачу не только газа носителя, но и водорода, а также наличие форсунки горелки детектора, что сложно исполнить во взрывозащищенном исполнении, периодичность анализа (показания запаздывают на время, равное продолжительности разделения); высокая стоимость газового хроматографа.

Колориметрический метод предназначен для определения концентрации растворенного вещества по поглощению света растворами [36, 39-41]. Сущность метода заключается в установлении концентрации растворимого окрашенного соединения по интенсивности или оттенку его окраски. Чаще всего такое соединение образуется в результате взаимодействия определяемого компонента с подходящим реагентом. Это взаимодействие должно быть, возможно, более полным. Необходимо также устранить влияние мешающих веществ. После завершения реакции цвет полученного раствора сравнивают с цветом серии стандартных растворов с известными концентрациями того же соединения. В колориметрах погружения наблюдатель уравнивает окраски исследуемого и стандартного растворов, меняя толщину их слоев. Для этого растворы помещают в цилиндры с прозрачным дном, через которое проходит свет от источника. В них погружают монолитные стеклянные цилиндры, способные перемещаться в вертикальном направлении. Поскольку, по закону Бера, концентрация раствора обратно пропорциональна толщине его слоя, можно вычислить концентрацию окрашенного соединения в исследуемом растворе, зная его концентрацию в стандартном растворе. В визуальных колориметрах диафрагменного типа для уравнивания окрасок растворителя и исследуемого раствора их рассматривают через светофильтр и изменяют отверстие диафрагмы. Количественный анализ проводят по градуировочной кривой в координатах размер диафрагмы – концентрация вещества, построенной с помощью серии стандартных растворов для данного светофильтра и данной толщины слоя. Достоинства метода: простота техники, нет необходимости в сложном дорогостоящем оборудовании, глаз наблюдателя может оценивать не только интенсивность, но и оттенки окраски растворов. Недостатки: необходимость готовить стандартный раствор или серии стандартных растворов, невозможно сравнивать интенсивность окраски раствора в присутствии других окрашенных веществ, увеличение ошибок измерения при длительном сравнении за счет утомления глаз человека, погрешность в результатах измерения так, как глаз человека не столь чувствителен к небольшим изменениям оптической плотности.

Фотометрический метод предназначен для количественного анализа, основанного на зависимости светопоглощения раствора вещества от его концентрации [42-46]. Сущность метода заключается в избирательном поглощении электромагнитного излучения в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях молекулами определяемого компонента или его соединения с подходящим реагентом. Концентрацию определяемого компонента устанавливают по закону Бугера-Ламберта-Бера, т.е. абсорбционность прямо пропорциональна концентрации раствора и толщине поглощающего слоя. Использование света видимой области спектра в данном методе дает возможность анализировать окрашенные вещества или вещества, которые можно перевести в окрашенные растворы. Достоинства: простота необходимого оборудования, высокая чувствительность и возможность применения для определения почти всех элементов периодической системы и большого количества органических веществ. Недостатки: погрешность результатов измерения вызванного ослаблением чувствительности глаза человека, за счет длительного наблюдения окрасок и сравнение их между собой, высокая стоимость аппаратуры.

Газоволюметрический метод предназначен для определения очень малых объемов газов, и определения малых навесок путем измерения объемов газов при пониженном давлении [47]. Метод основан на том, что при растворении активного вещества в щелочи или кислоте выделяется эквивалентное количество газа, объем которого измеряют в специальной газовой бюретке. По количеству выделившегося газа рассчитывают содержание активного вещества и затем по разности – окись вещества. В случае, когда в веществе присутствуют другие примеси, они должны быть определены и количество их учтено при расчете. При выполнении измерений необходимо тщательно термостатировать реакционные сосуды и применять реагенты высокой чистоты, т.к. скорость каталитических реакций сильно зависит от температуры, присутствия посторонних веществ и других факторов. Достоинства: метод можно применять для определения как сравнительно больших, так и малых количеств вещества, быстротой анализа. Недостаток: высокая стоимость реактивов и аппаратуры.

Титриметрический метод предназначен для определения эквивалентной концентрации раствора одного вещества по известной эквивалентной концентрации раствора другого вещества, а также определение количественного содержания анализируемого вещества в растворе [48-51]. Сущность метода заключается в измерении количества реагента необходимого для взаимодействия с определяемым компонентом в растворе или газовой фазе. Раствор или газовую смесь с точно известной концентрацией реагента (титрант) постепенно добавляют к анализируемой смеси, при этом объем (или массу) вводимого титранта контролируют. Эта операция называется титрованием. Кривая титрования – зависимость какого-либо физического свойства раствора или газовой смеси (окислительно-восстановительного потенциала, электрической проводимости и т.п.) от объема или массы титранта. Титрование производят с помощью бюретки, заполненной титрантом до нулевой отметки. Титровать, начиная от других отметок, не рекомендуется, так как шкала

бюретки может быть неравномерной. Заполнение бюреток рабочим раствором производят через воронку или с помощью специальных приспособлений, если бюретка полуавтоматическая. Конечную точку титрования (точку эквивалентности) определяют индикаторами или по электропроводности, светопропусканию, потенциалу индикаторного электрода и т. д. По количеству израсходованного на титрование рабочего раствора рассчитывают результаты анализа. Достоинства метода: простота и доступность аппаратуры и приспособлений, точность результатов измерения. Недостатки: методические и специфические ошибки, обусловленные особенностями реакции. Методические ошибки связаны с особенностями метода титрования и зависят от погрешностей измерительных приборов, калибровки мерной посуды, пипеток, бюреток, неполного стекания жидкостей по стенкам мерной посуды. Специфические ошибки обусловлены особенностями данной реакции и зависят от константы равновесия реакции и от точности обнаружения точки эквивалентности. Измерения занимают достаточно много времени.

Экспресс-метод. Представляет собой метод анализа с помощью индикаторных трубок. Индикаторные трубки предназначены для проведения химического экспресс-анализа качества воздушной и газовой среды на уровне предельно-допустимых концентраций примесей в воздухе рабочей зоны, при аварийных ситуациях, в промышленных выбросах производств, при значительном превышении ПДК в атмосферном воздухе [52, 53]. Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом (газом или паром) в анализируемом воздухе, просасываемом через трубку. Измерение концентрации загрязняющего вещества производится по длине изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка в трубке (линейно-колористическая индикаторная трубка) или по его интенсивности (колориметрическая индикаторная трубка). К воздухозаборному устройству присоединяют индикаторную трубку, предназначенную для измерения концентрации вредного вещества, и фильтрующие трубки, если они предусмотрены нормативной документацией. Измерение начинают не позднее 1 мин после разгерметизации трубок. Количество воздуха, просасываемого через индикаторные трубки, устанавливается в соответствии с нормативной документацией на эти трубки. Концентрацию вредного вещества в мг/м³ в воздухе рабочей зоны измеряют по длине или интенсивности изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка с помощью шкалы, нанесенной на индикаторную трубку, кассету или специальную этикетку. За результат измерения принимают среднее арифметическое из последовательных наблюдений. При размытости границы раздела окрасок слоев исходного и прореагированного индикаторного порошка отсчет концентрации измеряемого вредного вещества по шкале проводят по нижней и верхней частям границы. Достоинства экспресс метода: минимальные сроки проведения анализа, получение результатов непосредственно на объекте исследования, своевременное принятие конкретных мер для обеспечения безопасных условий труда, простота методик выполнения анализа и достаточная чувствительность метода, отсутствие

необходимости в стационарном оборудовании, отсутствие необходимости в высококвалифицированных специалистах, отсутствие потребности в источниках электрической и тепловой энергии, портативность и мобильность, низкая стоимость оперативного анализа исследуемого объекта. Недостатков при производственном применении метода не установлено.

Биологическая оценка является составной частью экологического мониторинга, в задачи которого входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов [54-57]. К методам биологической оценки относятся: биондикация и биотестирование.

Биондикация (bioindication) представляет собой метод, который предназначен для выявления и определения экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов (биоиндикаторов) непосредственно в среде их обитания [58-61]. Сущность метода заключается в том, что индикация экологических условий проводится на основе оценки изменения как видового разнообразия организмов той или иной местности, так и их химического состава, который отражает присущую им способность накапливать элементы и соединения, поступающие из окружающей среды. Функции индикатора выполняет тот вид, который имеет узкую амплитуду экологической толерантности по отношению к какому-либо фактору. Большинство индикаторами являются растения и организмы, не способные к активному перемещению. С их помощью может проводиться оценка как абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, соленость, содержание поллютантов и т.д.), так и биотических (благополучие организмов, их популяций и сообществ). Биондикация на уровне организма, популяции и сообщества характеризует, как правило, результат загрязнения. К числу наиболее распространённых методов оценки состояния окружающей среды по различным параметрам индикаторных видов, а также по структуре и строению растительных сообществ относятся: анализ химического состава растений, морфологический, флористический, спектрофотометрический, генетический, фитоценотический, лишеноиндикация, бриоиндикация, дендроиндикация. Достоинства: простота, дешевизна и универсальность. Недостатки метода не выявлены.

Биотестирование (bioassay) один из методов исследования в биологической оценке состояния объектов окружающей среды, который предназначен для установления токсичности среды и степени повреждающего действия химических веществ с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения биологически значимых показателей (жизненно важных функций) у исследуемых тест-объектов. [62, 63]. Сущность биотестирования заключается, в оценке параметров среды, с использованием стандартизованных реакции живых организмов (отдельных органов, тканей, клеток или молекул). В организме, пребывающем контрольное время в условиях загрязнения, происходят изменения физиологических, биохимических, генетических, морфологических или иммунных систем. Объект извлекается из среды

обитания, и в лабораторных условиях проводится необходимый анализ. Живой организм может тестироваться также в специальных камерах или на стендах, где создаются условия изучаемого загрязнения (что очень важно для выявления реакций организма на то или иное доминирующее загрязнение или целый комплекс известных загрязняющих веществ на данной территории обитания). Хотя подходы очень близки по конечной цели исследований, надо помнить, что биотестирование осуществляется на уровне молекулы, клетки или организма и характеризует возможные последствия загрязнения окружающей среды для биоты. Достоинствами метода являются его простота, сравнительная неприхотливость к лабораторным условиям, дешевизна и универсальность. Недостатки метода не выявлены.

2.2. Обоснование методов исследования, используемые в работе

2.2.1. Определение концентрации экологически опасных веществ исходящих из вентиляционных стволов шахты

Измерения экспресс-методом физико-химического анализа концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов необходимы для получения количественной картины и необходимых исходных данных для дальнейшего определения областей их оседания и рассеивания в санитарно-защитной зоне и за ее пределами. Опираясь на сравнительный анализ методов измерения концентрации газов в рудничном воздухе, нами был выбран наиболее целесообразный метод, которым является экспресс-метод физико-химического анализа. Экспресс-метод является наиболее приемлемым для выполнения поставленных задач и прошел аттестацию метеорологической службой Украины для измерения концентрации токсичных газов в воздухе. Методика физико-химического измерения с помощью экспресс-метода включает в себя следующие этапы:

- изучение инструментов для отбора проб воздуха, технических характеристик и принципа работы газоанализаторов;
- порядок отбора проб рудничного воздуха в канале вентилятора главного проветривания;
- измерение концентрации газов с помощью газоанализаторов в промышленной лаборатории;
- обработка полученных результатов измерений.

Отбор проб воздуха в исходящей струе вентиляторов главного проветривания осуществляется с целью получения количественной картины состава воздуха и для этого используются следующие инструменты: пробоотборник, представляющий собой трубу, изготовленную из трубчатой стали и аккумулирующий мешок из полиэтилена для проб воздуха. Для закачки воздуха используется установка пневматическая, которая позволяет с помощью компрессора находящегося непосредственно в ней по сети соединенных воздухопроводов (трубка для отбора проб – пневматическая установка – мешок

для аккумуляции проб воздуха) закачивать пробы воздуха из исходящей струи отработанного воздуха канала вентилятора.

Пробоотборник предназначен для отбора проб воздуха при большой скорости его движения в исходящей струе вентилятора главного проветривания (рис. 2.1 а). Он представляет собой металлическую трубку круглого сечения длиной 0,75 – 0,8 м. Один конец, которого располагают в канале вентилятора посредством навинчивания по резьбовому соединению фильтра-патрубка. Последний предназначен для фильтрации от присутствующей пыли со стекловолокном с диаметром отверстия 0,01 – 0,012 м, через который проба воздуха попадает в металлическую трубку, которая имеет внутренний диаметр 0,012 – 0,014 м. По ней воздух закачивается через установку пневматическую в полиэтиленовый мешок для отбора проб (рис. 2.1 б).



Рис. 2.1. Инструменты для отбора проб воздуха: а – пробоотборник; б - полиэтиленовый мешок для отбора проб

Переносная установка пневматическая УП 1224 АС (пневмоаспиратор) предназначена для отбора проб воздуха или газов в процессе лабораторных исследований в условиях, не допускающих применения электроаспираторов в обычном исполнении из-за повышенных требований к взрывоопасности и пожароопасности: газообразных промышленных выбросов, воздуха рабочей и санитарно-защитной зон предприятий, воздуха жилой зоны (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Переносная установка пневматическая УП 1224 АС 4-х канальная

Изготавливаются 2-х, 3-х и 4-х канальные модели aspirаторов: 45 моделей aspirаторов с комбинированным питанием (220 В или 12 В) и 11 моделей «сетевых», т.е. только с питанием 220В (рекомендованы для применения на стационарных постах). Все модели отличаются между собой комбинацией ротаметров по каждому каналу и соответственно по максимально возможному суммарному объему отбираемого газа. Конструктивное исполнение включает в себя наличие независимых каналов, каждый из которых имеет компрессор и пылевой фильтр. Применение компрессоров специального исполнения, не требующих смазки и технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Плавная независимая регулировка скорости потока по каждому каналу. Автоматическое отключение при попадании жидкости в газовый тракт и отбор воздуха или газов из источников промышленных выбросов с повышенным разрежением. Для отбора проб применяли переносную установку пневматическую, техническая характеристика которой представлена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Техническая характеристика переносной установки пневматической

Модель	Количество каналов, шт.	Суммарный расход отбираемого газа, л/мин
УП 1124 АС	4	66

Для измерения концентрации вредных веществ в исходящей струе воздуха использовали следующие газоанализаторы: «Палладий-3М» и газоанализатор химический ГХ-М с индикаторными трубками. Электрохимический газоанализатор «Палладий-3М» предназначен для автоматического и непрерывного измерения концентрации оксида углерода в атмосфере и в пробах воздуха (рис. 2.3). Область применения: аттестация рабочих мест, контроль ПДК атмосферы рабочей зоны, а также для определения уровня загрязнения атмосферы и промышленной зоны в составе передвижных лабораторий (измерение производится во время остановок). Принцип его работы – электрохимический, способ забора пробы – принудительный (от встроенного насоса). Основная техническая характеристика газоанализатора представлена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Техническая характеристика газоанализатора «Палладий-3М»

Характеристики	Значения
Диапазон измерения, мг/м ³	0 – 50
Предел допускаемой основной погрешности, мг/м ³ , не более	± 0,75
Уровень срабатывания сигнализации, мг/м ³	20
Напряжение переменного тока, В	220
Габаритные размеры, мм	110×190×245
Масса, кг, не более	3,5



Рис. 2.3. Газоанализатор «Палладий-3М»

Порядок работы газоанализатора «Палладий-3М». Для включения газоанализатора от сети переменного тока необходимо перевести клавишу включения в положение «|», при этом на передней панели загорится индикатор единичный зеленого цвета, при этом побудитель расхода выключен. Непосредственного после включения газоанализатор переходит в режим нагрева и на дисплее в течение 5 с отобразится «- - - -». Затем на дисплее появится надпись «П Р 1 5», свидетельствующая о начале режима прогрева. Надпись на дисплее будет изменяться каждую минуту, в течение 15 мин ведя обратный отсчет окончания прогрева и перехода в основной режим измерения. В основном режиме на дисплее индицируется концентрация оксида углерода в анализируемой пробе в мг/м^3 . При концентрации оксида углерода в анализируемой пробе менее 10 мг/м^3 индицируется два разряда после запятой, а при концентрации более 10 мг/м^3 индицируется один разряд после запятой. Забор пробы осуществляется встроенным побудителем расхода или за счет избыточного давления баллона ГСО-ПГС (при этом побудитель расхода выключен). Включение или выключение побудителя расхода осуществляется кнопкой «○». После включения побудителя расхода по индикатору расхода расположенному на передней панели газоанализатора, проконтролировать прохождение пробы через электрохимическую ячейку (ЭХЯ). При этом поплавок индикатора расхода должен находиться выше риски, что соответствует расходу через ЭХЯ – $0,3 \pm 0,1$ л/мин. Сохранение текущего значения концентрации углерода в анализируемой пробе с привязкой по номеру измерения осуществляется кнопкой «☀». При этом на дисплее отобразится «S A V E», затем появится текущий номер измерения (цифры от 01 до 90). Через 3 – 5 с газоанализатор перейдет в основной режим измерения. При переполнении архива (записано 90 значений с привязкой по номеру измерения) происходит автоматическая перезапись измерения, начиная с номера 01 архива.

Определение экспресс методом концентрации сернистого газа и окиси азота в отобранной пробе рудничного воздуха осуществляли химическим

газоопределителем ГХ-М. Прибор состоит из комплекта стеклянных индикаторных трубок ИТ (рис. 2.4, а) на различные газы и мехового аспиратора типа АМ-5 (рис. 2.4, б) предназначенного для продувания рудничного воздуха через трубки.

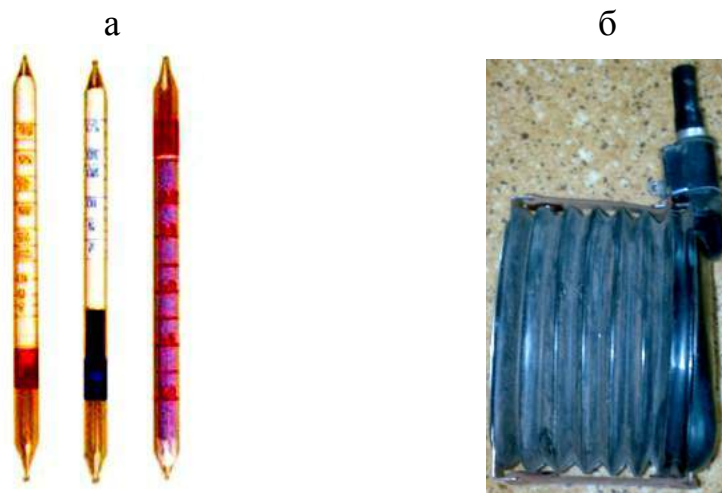


Рис. 2.4. Газоопределитель химический ГХ-М:
а – индикаторные трубки ИТ; б – аспиратор меховой типа АМ-5

Перед измерением концентрации газов один или два раза продували клапан аспиратора. Для этого закрывали отверстие для подключения трубки и резко сжимали сифон, затем отверстие открывали и сифон отпускали. Таким образом, проверяли исправность мехового аспиратора. Оба конца стеклянной индикаторной трубки обламывали и одним концом размещали в меховом аспираторе, а другой конец трубки помещали в пробный мешок с рудничным воздухом, затем начинали прокачивать воздух. Действие прибора основано на изменении окраски реактивов, которыми заполнены трубки, при продувании через них анализируемого воздуха. Концентрацию газа определяют по длине столбика реактива, изменившего окраску, и объему воздуха, пропущенного через трубки, которая имеет длину 0,125 м и наружного диаметра 7 мм (концы трубки запаяны).

Измерение содержания оксида азота. Метод определения суммарного содержания оксидов азота газоопределителем основан на последовательном окислении оксида азота до диоксида марганцевокислым калием в кислой среде и окислении йодида калия диоксидом азота с образованием йодокрахмального комплекса синего цвета. Если после одного хода окраска в трубке не появилась или не достигла второго деления шкалы, то необходимо сделать еще девять ходов аспиратора, т. е. пропустить через трубку исследуемую смесь в общем объеме равном 1000 см^3 . Содержание оксидов азота определяли по градуировочной шкале на трубке или футляре, разделив цифру, соответствующую делению шкалы до которого окрасилась индикаторная масса, на 10000. Для пересчета содержания из объемных долей в процентах в мг/м^3 пользовались табл. 2.3.

Для отдельного определения содержания оксидов азота, в начале определяли их суммарное содержание, а затем содержание NO₂. Для этого брали вторую индикаторную трубку, отламывали ее оба конца и вставляли один конец трубки в аспиратор по направлению стрелки с обозначением NO₂, а другой в пробный мешок. По методике изложенной выше аналогично определяли концентрацию NO₂, совместив начало окрашенного слоя с нулевым делением шкалы на футляре. Содержание NO определяли как разницу между суммарным содержанием оксидов азота и содержанием диоксида азота.

Таблица 2.3

Таблица пересчета содержания оксидов азота

Содержание NO+NO ₂	
Объемная доля, %	мг/м ³ в пересчете на NO ₂
0,0001	2,05
0,0002	4,1
0,00035	7,2
0,0005	10,3
0,00075	15,4
0,001	20,5
0,0015	30,8
0,002	41,0
0,003	61,6
0,004	82,1
0,005	102,6

Измерение содержания диоксида серы (сернистый ангидрид). Метод определения содержания диоксида серы газоопределителем основан на окислении диоксида серы йодом в присутствии крахмала с изменением цвета индикаторной массы из серо-синего в белый. Если после одного хода аспиратора обесцвечивание индикаторной массы в трубке не наступило или не достигло второго деления шкалы, делали еще девять ходов аспиратора, т. е. пропускали через трубку исследуемую смесь в общем объеме, равном 1000 см³. Содержание диоксида серы определяли по градуировочной шкале на трубке или футляре, разделив цифру, соответствующую делению шкалы, до которого обесцветилась индикаторная масса, на 10000. Для пересчета содержания из объемных долей в процентах в мг/м³ пользовались табл. 2.4.

Отбор проб анализируемого воздуха осуществляли в междусменный перерыв после проведения взрывных работ в шахте связанных с проведением горных выработок и массовыми взрывами. Порядок отбора проб рудничного воздуха заключался в следующем: доставка инструментов и прибора к вентиляторной установке главного проветривания расположенной на вентиляционном стволе, настройка и подключение оборудования для отбора проб в шлюзовой камере и непосредственно отбор проб исходящей струи рудничного воздуха из канала вентилятора. Для отбора пробы анализируемого

воздуха применяли следующие инструменты и прибор: пробоотборник, три полиэтиленовых мешка для проб и переносную установку пневматическую с автономным питанием. После того как пневматическая установка и инструменты были доставлены к главной вентиляторной установке их расположили в шлюзовой камере. Шлюзовая камера представляет собой пристройку к каналу вентилятора и имеет герметично закрываемую дверь или ляду, которая не допускает утечек воздуха. В камере есть ляду, которая имеет выход в канал вентилятора и предназначена для проведения измерения скорости движения воздуха, отбора проб и т.д. Непосредственно в шлюзовой камере выполняли настройку и подключение оборудования для отбора проб воздуха. К «Г-образному» концу пробоотборника присоединяли фильтрующий патрон, со стекловолокном предназначенный для улавливания пыли при отборе проб воздуха (рис. 2.5), представляющий собой цилиндр с внешним диаметром 0,015 – 0,025 м и длиной 0,075 – 0,09 м имеющего в одном основании девять отверстий с сеточкой, а с другой стороны резьбу.

Таблица 2.4

Таблица пересчета содержания диоксида серы

Содержание SO ₂	
Объемная доля, %	мг/м ³
0,0002	5,7
0,0005	14,25
0,001	28,5
0,0015	42,75
0,002	57
0,0035	100
0,005	142,5
0,007	200



Рис. 2.5. Фильтрующий патрон со стекловолокном

После присоединения фильтрующего патрона другую сторону пробоотборника соединяли с переносной пневматической установкой при помощи гибкого шланга. Другой гибкий шланг соединял пневматическую установку и полиэтиленовый мешок для отбора проб. Затем открывали ляду и высывали в канал вентилятора пробоотборник, «Г-образный» конец которого

направляли в противоположную сторону движения исходящей струи воздуха и включали переносную установку пневматическую, которая производила закачку воздуха в мешок. Таким образом, отбирали пробы воздуха в три полиэтиленовых мешка, после чего они герметично консервировались. По окончании отбора проб закрывали ляду, отсоединяли инструменты от прибора. Мешки с отобранными пробами анализируемого воздуха доставляли в лабораторию ЧАО «ЗЖРК». В лаборатории концентрацию оксида углерода определяли с помощью электрохимического газоанализатора «Палладий-3М», а оксиды азота и диоксид серы – газоопределителем ГХ-М.

Общей целью определения концентрации токсичных газов в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания является получение количественной характеристики состава исходящего воздуха и исходных данных для расчета приземной концентрации суммарного воздействия.

2.2.2. Установление параметров рассеивания приземных концентраций экологически опасных веществ на территории, прилегающей к шахте

Определение рассеивания экологически опасных веществ в атмосфере от источников загрязнения выполнялось с использованием автоматизированной системы расчета загрязнения атмосферы «ЭОЛ 2000 [h]» (автор А.И. Фейгин ООО «Софт фонд», согласованный ГГО им. Войкова и рекомендованный к использованию Министерством охраны окружающей природной среды Украины (письмо № 2464-19-4 10 от 15.03.2006 г.). Система позволяет рассчитывать поля загрязнений для точечной модели источника выброса экологически опасных веществ с круглым и прямоугольным устьем трубы, линейной модели, двух моделей площадного источника (модели пруда-отстойника и модели источника, состоящего из множества одиночных точечных источников, расположенных близко друг от друга, с одинаковыми значениями конструктивных и технологических характеристик). По желанию пользователя при оценке влияния проектируемых и реконструируемых предприятий на загрязнение атмосферы расчет производится с учетом фоновых (существующих) концентраций. В основу программного обеспечения положены нормы, которые устанавливают методику расчета концентраций в атмосферном воздухе экологически опасных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [70]. Они соблюдаются при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий. Нормы предназначены для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций. Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентраций, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра. Они не распространяются на расчет концентраций на дальних (более 100 км) расстояниях от источников выброса.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии от источника [70], и определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3, \quad (2.1)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H - высота источника выброса над уровнем земли, м;

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

ΔT - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_0 , °С;

V_1 - расход газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_o, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.2)$$

где D - диаметр устья источника выброса, м;

ω_o - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m , v'_m и f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_o^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (2.3)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (2.4)$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_o \cdot D}{H}; \quad (2.5)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_m)^3. \quad (2.6)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от f по формулам:
при $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (2.7)$$

при $f \geq 100$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}. \quad (2.8)$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычислялся при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_m по формулам:
при $v_m \geq 2$

$$n = 1; \quad (2.9)$$

при $0,5 \leq v_m < 2$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13; \quad (2.10)$$

при $v_m < 0,5$

$$n = 4,4 \cdot v_m. \quad (2.11)$$

Для условия, когда $f \geq 100$ (или $\Delta T \approx 0$) и $v'_m \geq 0,5$ (холодные выбросы) при расчете максимального значения приземной концентрации вредного вещества вместо формулы (2.1) пользуются выражением:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \text{ мг/м}^3, \quad (2.12)$$

где

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{\omega_o \cdot V_1}}. \quad (2.13)$$

Аналогично при $f < 100$ и $v_m < 0,5$ или $f \geq 100$ и $v'_m < 0,5$ (случаи предельно малых опасных скоростей ветра) расчет максимального значения приземной концентрации вредного вещества вместо (2.1) производится по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}} \cdot K, \text{ мг/м}^3, \quad (2.14)$$

где при $f < 100, v_m < 0,5$

$$m' = 2,86 \cdot m; \quad (2.15)$$

при $f \geq 100, v'_m < 0,5$

$$m' = 0,9. \quad (2.16)$$

Расстояние от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения, определяется по формуле:

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \text{ м}, \quad (2.17)$$

где d – безразмерный коэффициент, при $f < 100$ находится по формулам:

при $v_m \leq 0,5$

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}); \quad (2.18)$$

при $0,5 < v_m \leq 2$

$$d = 4,95 \cdot v_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}); \quad (2.19)$$

при $v_m > 2$

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}). \quad (2.20)$$

При $f > 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение d находится по формулам:

при $v'_m \leq 0,5$

$$d = 5,7; \quad (2.21)$$

при $0,5 < v'_m \leq 2$

$$d = 11,4 \cdot v'_m; \quad (2.22)$$

при $v'_m > 2$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v'_m}. \quad (2.23)$$

Максимальная концентрация приземной концентрации вредного вещества, достигающаяся на расстоянии от источника выброса на оси факела при скорости факела, определяется по формуле:

$$C_{mx} = S'_1 \cdot C_m, \text{ мг/м}^3, \quad (2.24)$$

где S'_1 – безразмерный коэффициент определяется по формулам:
при $x/x_m \leq 1$

$$S'_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2; \quad (2.25)$$

при $1 < x/x_m \leq 8$

$$S'_1 = \frac{1,1}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}; \quad (2.26)$$

при $8 < x/x_m \leq 24$

$$S'_1 = \frac{2,55}{0,13 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 9}; \quad (2.27)$$

при $24 < x/x_m \leq 80$ и $F \leq 1,5$

$$S'_1 = \frac{\left(\frac{x}{x_m}\right)}{4,75 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 140 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) + 1435}; \quad (2.28)$$

при $24 < x/x_m \leq 80$ и $F > 1,5$

$$S'_1 = \frac{2,26}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 7,41 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) - 160}; \quad (2.29)$$

при $x/x_m > 80$ и $F \leq 1,5$

$$S'_1 = \frac{\left(\frac{x}{x_m}\right)}{3,58 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) + 120}; \quad (2.30)$$

при $x/x_m > 80$ и $F > 1,5$

$$S_1' = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) - 178}. \quad (2.31)$$

Размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ), установленные в Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий, проверяются расчетом загрязнения атмосферы с учетом перспективы развития предприятия и фактического загрязнения атмосферного воздуха.

Расчетный размер СЗЗ уточняется отдельно для различных направлений ветра в зависимости от результата расчета загрязнения атмосферы и среднегодовой розы ветров района расположения предприятия по формуле:

$$l = L_o \cdot \frac{P}{P_o}, \text{ м}, \quad (2.32)$$

где L_o – расчетный размер участка местности в данном направлении, где концентрация вредных веществ (с учетом фоновой концентрации от других источников) превышает ПДК, м;

P_o – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %. Например, при восьмирумбовой розе ветров повторяемость направлений ветров одного румба равно $P_o = \frac{100}{8} = 12,5\%$.

Значения l и L_o отсчитываются от границы источников.

2.2.3. Определение токсико-мутагенного фона состояния атмосферного воздуха с помощью биоиндикаторов вблизи источников выброса

Оценка токсичности и потенциальной мутагенности атмосферного воздуха необходима для контроля результатов физико-химического анализа. Опираясь на результаты сравнительного анализа методов исследования атмосферного воздуха вблизи источников загрязнения, нами определен наиболее целесообразный метод биологической оценки, которым является цитогенетический метод по тесту «Стерильность пыльцы растений» [71, 72]. Результаты апробации цитогенетического метода по тесту «Стерильность пыльцы растений» на урбанизированных территориях представлены в работах [73-84, 119]. Методика исследования уровня токсико-мутагенного фона цитогенетическим методом по тесту «Стерильность пыльцы растений» включает в себя следующие этапы:

- выбор тест-полигонов;
- отбор проб пыльцы растений;
- оценка токсичности или потенциальной мутагенности атмосферного воздуха по тесту «Стерильность пыльцы растений»;
- расчет условных показателей повреждения состояния окружающей среды по токсико-мутагенному фону.

Для проведения биологической оценки состояния атмосферного воздуха вблизи источников выброса с помощью цитогенетического метода на

исследуемой территории были выделены тест-полигоны. Тест-полигоны выбирали таким образом, чтобы в первую очередь были исследованы наиболее опасные и чрезвычайно техногенные участки. Эти тест-полигоны располагались на расстоянии до 2 км от каждого источника выброса (вентиляционных стволов) в направлении четырех сторон света.

Среди всех живых организмов, используемых для целей биоиндикации, одно из первых мест по праву принадлежит растениям. Растения – это наиболее удобные индикаторы загрязнения окружающей среды, так как они являются первичными звеньями трофических цепей и играют главную роль в поглощении различного рода загрязнителей. Поэтому с помощью пыльцевых зерен растений по тесту «Стерильность пыльцы растений» можно определить общую токсичность (потенциальную мутагенность) воздушного бассейна и территории в целом. Режим и регламент отбора проб пыльцы растений, зависит от биологических особенностей развития видов и производится в течение весенне-летнего сезона. Отбор пыльцы каждого изучаемого вида растений проводили во всех точках наблюдения. С каждой мониторинговой точки, в сухую погоду собирали хорошо развитые, готовые к раскрытию бутоны цветов в макро-популяциях видов – биоиндикаторов, растущих в характерных для исследованной территории местах. С одного участка местности анализировали цветки от 30 растений каждого вида, от каждого цветка учитывали по 100 пыльцевых зерен [85]. У древесных и кустарниковых растений бутоны собирали с неповрежденных, здоровых ростков среднего яруса кроны южной ориентации, а у трав – из экземпляров, растущих в территориальном центре микропопуляции. Растения должны быть хорошо развиты и не иметь признаков угнетения. Бутоны в момент сбора фиксировали в 70° этиловом спирте и доставлялись в лабораторию [86].

Фитоиндикаторы, используемые для оценки состояния окружающей среды, в зависимости от их биологических особенностей (спонтанной мутагенности и устойчивости к действию экзогенных мутагенов) были классифицированы на 5 групп. К первой группе отнесены высоко устойчивые, ко второй – устойчивые, к третьей – среднеустойчивые (средне чувствительные), к четвертой – чувствительные и к пятой – высокочувствительные виды высших растений. В качестве фитоиндикаторов были применены следующие представители местной флоры, которые были классифицированы по уровням спонтанной устойчивости (чувствительности) клеток пыльцы к действию неблагоприятных факторов (табл. 2.5) [72].

Таблица 2.5

Перечень фитоиндикаторов и их классификация по группам устойчивости (чувствительности) к воздействиям неблагоприятных экологических факторов

№ п/п	Биоиндикаторы		Группы устойчивости
1	2	3	4
1	<i>Cirsium deraceum</i> (L.) Scop.	Бодяк огородный	1
2	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Вьюнок полевой	1
3	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Зверобой обыкновенный	1

№ п/п	Биоиндикаторы		Группы устойчивости
1	2	3	4
4	<i>Calendula officinalis</i> L.	Календула лекарственная	1
5	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit.	Молочай лозный	1
6	<i>Valeriana officinalis</i>	Валериана лекарственная	2
7	<i>Centaurea cyanus</i> L.	Василек синий	2
8	<i>Vicia cracca</i> L.	Горошек мышиный	2
9	<i>Myosotis caespitosa</i> K.F. Schultz.	Незабудка лесная	2
10	<i>Matricaria officinalis</i> L.	Ромашка лекарственная	2
11	<i>Sorbus domestica</i> L.	Рябина домашняя	2
12	<i>Echium vulgare</i> L.	Синяк обыкновенный	2
13	<i>Silene latifolia</i> (Mill.) Rendle et Britt	Смолевка обыкновенная	2
14	<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	Сурепка обыкновенная	2
15	<i>Brassica campestris</i> L.	Сурепка полевая	2
16	<i>Achillea micrantha</i> Willd.	Тысячелистник мелкоцветный	2
17	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Чина луговая	2
18	<i>Chelidonium majus</i> L.	Чистотел большой	2
19	<i>Salvia stepposa</i> Shost.	Шалфей степной	2
20	<i>Sambucus nigra</i> L.	Бузина черная	3
21	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Донник лекарственный	3
22	<i>Berteroa incana</i> (L.) Dc.	Икотник серый	3
23	<i>Trifolium pratense</i> L.	Клевер луговой	3
24	<i>Cansolida regalis</i> S. F. Gray	Консолида	3
25	<i>Verbascum lychnitis</i> L.	Коровяк лекарственный	3
26	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch	Лапчатка прямостоячая	3
27	<i>Elaegnus angustifolia</i> L.	Лох узколистный	3
28	<i>Medicago sativa</i> L.	Люцерна посевная	3
29	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Подорожник ланцетолистный	3
30	<i>Crepis tectorum</i> L.	Скерда кровельная	3
31	<i>Spiraea alba</i> L.	Спирея белая (таволга)	3
32	<i>Philadelphus pallidus</i> Hayek.	Чубушник бледный	3
33	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Звездчатка средняя	4
34	<i>Trifolium repens</i> L.	Клевер ползучий	4
35	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Лядвенец рогатый	4
36	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Мак самосейка	4
37	<i>Reseda odorata</i> L.	Резеда душистая	4
38	<i>Rosa canina</i> L.	Роза собачья	4
39	<i>Thymus serpyllum</i> L.	Чебрец ползучий	4
40	<i>Salvia nutans</i> L.	Шалфей поникающий	5

Характеристика представленных выше групп фитоиндикаторов по показателям стерильности клеток пыльцы в экологически чистых $P_{комф}$ и максимально загрязненных $P_{крит}$ территориях приведена в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Характеристика фитоиндикаторов разных групп устойчивости по признаку «Стерильность пыльцы растений»

№ группы	Характеристика групп устойчивости (чувствительности)	Стерильность пыльцы, %	
		$P_{комф} \pm m$	$P_{крит} \pm m$
1	Высокоустойчивые	0,2±0,14	10±0,95
2	Устойчивые	0,5±0,22	20±1,26
3	Среднеустойчивые	1±0,3	30±1,45
4	Чувствительные	1,5±0,38	40±1,55
5	Высокочувствительные	2±0,44	50±1,58

Для определения уровня стерильности пыльцы применяли йодный метод окрашивания. Установлено, что клетки фертильной и стерильной пыльцы отличаются по содержанию в них крахмала. Нормальное его содержание соответствует стадии завершения формирования спермиев. Недоразвитые спермии отличаются пониженным содержанием крахмала. Фертильные пыльцевые зерна полностью заполнены крахмалом, а стерильные – не содержат его вообще или имеют его следы.

Для приготовления йодного раствора (по Грамму) необходимо 2 г йодистого калия растворить в 5 мл дистиллированной воды при нагревании, с последующим добавлением 1 г металлического йода. Объем готового к использованию раствора доводят до 300 мл и хранят в темной посуде. Фертильные пыльцевые зерна окрашиваются в охристо-коричневые цвета различной плотности, а стерильные либо почти совсем не окрашиваются, либо окрашиваются фрагментарно на 20–30%, приобретая слабый почти прозрачный светло-желтый тон.

Зрелые бутоны крупных одиночных цветков смешанной пробы препарируют на предметном стекле. Тычинки отделяются от всех элементов цветка при помощи пинцета и препаровальной иглы и переносят в каплю йодного раствора. Пыльники мелких цветов, вскрывали препаровальной иглой на предметном стекле в капле йодного раствора и, удалив лишние ткани, накрывали покровным стеклом. При необходимости добавляли еще 1 или 2 капли йодного раствора. Спустя 2 или 3 минуты препарат готов. В каждом приготовленном таким образом препарате просматривали от 1000 до 3000 пыльцевых зерен. Подсчет стерильных (нежизнеспособных) и фертильных (жизнеспособных) пыльцевых зерен производили под микроскопом (увеличение 7×20 или 7×40) с применением счетчика. Статистическую обработку данных производили методом альтернативной вариации [87, 88].

Уровень стерильности пыльцы определяется по формуле:

$$M = \frac{G}{N} \cdot 100, \%, \quad (2.33)$$

где G – количество стерильных пыльцевых зерен, шт.;

N – количество исследованных пыльцевых зерен, шт.;

Далее определяется погрешность подсчета:

$$m = \pm \sqrt{\frac{M \cdot (100 - M)}{N}}, \%, \quad (2.34)$$

При этом должно выполняться условие $3m < M$, в противном случае необходимо увеличивать количество наблюдений, для того чтобы уменьшить ошибку.

Поскольку индикаторные виды растений характеризуются различными уровнями спонтанной стерильности пыльцы (табл. 2.5 и 2.6), то по характеристике этих классов определяли условный показатель повреждаемости клеток пыльцы или индикаторных растений по цитогенетическому статусу и давали интегральную оценку состояния окружающей среды.

Условный показатель повреждаемости (УПП) биоиндикаторов определяют по формуле:

$$УПП_i = \frac{|P_{реал} - P_{комф}|}{|P_{крит} - P_{комф}|}, \quad (2.35)$$

где $P_{комф}$ и $P_{крит}$ – экспериментально (или экспертно) установленные значения биопараметра в комфортных и критических условиях соответственно;

$P_{реал}$ – реальные значения биопараметра в исследуемом варианте.

Абсолютная разница $|P_{крит} - P_{комф}|$ дает представление про амплитуду изменения численного значения параметра под влиянием вредных факторов окружающей среды. Определяя реальное значение биопараметра на исследуемой территории $P_{реал}$ и зная величины $P_{комф}$ и $P_{крит}$, можно оценить степень изменения параметра под влиянием неблагоприятных факторов. Так, разница $|P_{реал} - P_{комф}|$ дает представление про степень нарушения биопараметра под влиянием вредных факторов.

Нормативными значениями повреждаемости для всех биопараметров, соответствующие условиям устойчивого развития территории, принимают 30%-ный уровень (то есть $УПП_{норм} = 0,3$), который находится в пределах гомеостаза биосистем и при котором возможно их восстановление после прекращения действия негативных факторов. Для более точных оценок вводятся коэффициенты значимости для каждого из составляющих системы. Большие коэффициенты устанавливаются для наиболее чувствительных к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды параметров. Из формулы (2.35) выводятся формула (2.36) и (2.37), по которым рассчитываются нормативные $P_{норм}$ значения для каждого показателя при $УПП = 0,3$:

- при $P_{крит} > P_{комф}$

$$P_{норм} = 0,3 \cdot (P_{крит} - P_{комф}) + P_{комф}; \quad (2.36)$$

$$- \text{при } P_{\text{комф}} > P_{\text{крит}} \\ P_{\text{норм}} = P_{\text{комф}} - 0,3 \cdot (P_{\text{комф}} - P_{\text{крит}}). \quad (2.37)$$

Нормативные значения для цитогенетических показателей, используемых в биологическом мониторинге окружающей среды по тесту «Стерильность пыльцы растений», приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Нормативные значения цитогенетических показателей
биоиндикаторов качества объектов окружающей среды
по тесту «Стерильность пыльцы растений»

№ группы	Характеристика групп устойчивости (чувствительности)	Стерильность пыльцы, %		
		$P_{\text{комф}}$	$P_{\text{крит}}$	$P_{\text{норм}}$
1	Высокоустойчивые	0,2	10	3,14±0,55
2	Устойчивые	0,5	20	6,35±0,7
3	Среднеустойчивые	1	30	9,7±0,94
4	Чувствительные	1,5	40	13,05±1,06
5	Высокочувствительные	2	50	16,4±1,17

В зависимости от определенной категории экологической безопасности по показателю повреждаемости и состояния цитогенетических систем биоиндикаторов предлагаются следующие виды управленческих решений, а именно:

– безопасное состояние территорий – характеризуется значениями УПП в диапазоне от 0 до 0,250, при «низком» и «ниже среднего» уровнях повреждаемости биосистем, и их «эталонном» и «благоприятном» состояниях. На таких территориях рекомендуется проводить информационный периодический регламентный контроль. В этом классе выделено подкласс с «эталонной» категорией безопасности. Он находится в диапазоне оценок УПП от 0 до 0,150. Такие территории являются экологически чистыми, где проявляется лишь спонтанные генетически обусловленные изменения. Они могут быть рекомендованы для использования в качестве контроля;

– умеренно опасное состояние территорий определяется в диапазоне оценок УПП от 0,251 до 0,500 при «среднем» уровне повреждаемости биосистем и «удовлетворительно-угрожающем» их состоянии. Рекомендуется нормирующий периодический регламентный контроль. В этом классе рекомендуется выделять подкласс с нормативными значениями для каждого показателя ($УПП \leq 0,300$) с целью определения причин и степени отклонения от него и путей его достижения;

– опасное состояние территорий определяется в диапазоне оценок 0,501 – 0,750 при «выше среднего» уровне повреждаемости биосистем и «критическом» их состоянии. Такие территории требуют плановых тактико-стратегических действий и постоянного контроля, определение источников и компонентного состава загрязнителей, а также внедрение реабилитационных

мероприятий, по улучшению состояния окружающей среды и всех биологических систем;

– очень опасное состояние территорий, определяется в диапазоне оценок 0,751 – 1,0 при «высоком» уровне повреждаемости биосистем и «катастрофическом» их состоянии. На таких территориях требуется радикальное изменение тактики и стратегии принятия управленческих решений. На них должен проводиться особый регламентный контроль. Необходимо определение границ таких территорий и разработка целенаправленных мер по восстановлению их экологического состояния.

2.2.4. Исследование биологических показателей онтогенеза озимой пшеницы вблизи вентиляционного ствола шахты

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, нами был выбран наиболее целесообразный метод мониторинга основанного на изменении процессов онтогенеза культур агрофитоценоза под влиянием техногенной нагрузки [89, 90]. Целью исследования процесса онтогенеза культур агрофитоценоза на примере озимой пшеницы является установление ее характера изменения в условиях техногенеза. Методика оценки процессов онтогенеза озимой пшеницы вблизи источника загрязнения включает в себя следующие этапы:

- отбор пробных снопов озимой пшеницы с определенным удалением от источника выброса и подготовка их к анализу;
- изучение приборов и инструментов, и проведение анализа онтогенеза озимой пшеницы;
- обработка результатов измерения.

Для проведения исследования процессов онтогенеза озимой пшеницы отбирались пробные снопы. 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. Поле, имеющее размеры 700 × 1100 м расположено в 20 м от СВС в направлении с. Малая Белозерка и заканчивается в 30 м от водооросительного канала. Для исследования изменения процессов онтогенеза озимой пшеницы при техногенной нагрузке пробные площадки размещались на расстоянии 50, 100, 300, 500 и 1000 м от источника загрязнения воздуха. В связи с тем, что в условиях рыночной экономики большинство сельскохозяйственных угодий взято в аренду частными юридическими лицами и учет сортов озимой пшеницы при их высаживании не производится, поэтому шестая пробная площадка размещалась на расстоянии 10000 м от источника загрязнения, и являлась в качестве эталонной. Пробная площадка для отбора растительной пробы представляет собой заранее принятую форму в виде квадрата площадью 1 м². Пробные площадки располагались вдоль северо-

восточного направления на выше указанных расстояниях от источника выброса. Во избежание погрешности в результатах исследования отбор снопов озимой пшеницы вместе с корневой системой производили на расстоянии не менее 10 – 20 м от проезжей части, это связано с возможностью влияния на процесс онтогенеза растений выбросов автотранспорта.

Отбор пробных снопов озимой пшеницы проводили за 1 – 7 дней до начала сбора урожая в конце июня 2011 года. Растительные пробы отбирали в утренние часы, так как во время росы или дождя пробы отбирать нельзя. Растения выкапывали вместе с корневой системой, и укладывали снопом в полиэтиленовый пакет вместе с этикеткой, на которой указывали расстояние в метрах до источника выброса. Отобранные образцы снопов отправляли в лабораторию.

Подготовка к исследованию онтогенеза отобранных снопов пшеницы заключалась в следующем. В лаборатории, каждый по отдельности отобранный сноп озимой пшеницы раскладывали на бумаге, разделяя его на отдельные раскустившиеся растения из одной корневой системы. Помещение, где располагались пробные снопы, хорошо проветривалось. Температура воздуха в помещении составляла – 20 – 24°C. Для лучшего просушивания снопов пшеницы через каждые двое суток выполняли их переворачивание. После того как снопы пшеницы были высушены производили очистку корневой системы от почвы, других растений, насекомых, камней и т.д.

Одними из основных показателей онтогенеза озимой пшеницы являлись рост, биомасса, количество раскустившихся растений, колосьев и зерен в колосе. Рост учитывает линейные размеры корневой системы и надземной части растения. Измерение линейных размеров растения заключалась в измерении длины корневой системы, высоты растения и длины колосьев. Масса одного растения включала в себя измерение сухой фитомассы надземной и подземной (коревой системы) частей растения. Поэтому для измерения этих основных показателей продукционного процесса растений использовались следующие приборы и инструменты, такие как линейка, электронные весы и фарфоровая чаша.

Измерительная линейка представляет собой измерительный прибор, предназначенный для измерения линейных размеров абсолютным контактным методом. На линейке, нанесена шкала (или шкалы) с ценой деления 1 мм и 1 см. С помощью линейки измерялись линейные размеры растения.

Карманные электронные весы марки Momert «Модель 6000» предназначены для взвешивания малых объектов с диапазоном взвешивания 0,1 – 500 г. Внешний вид фарфоровой чаши и карманных электронных весов представлены на рис. 2.6. Весы работают от батареек, имеют компактные размеры, и могут с легкостью переноситься в кармане. Техническая характеристика карманных электронных весов марки Momert «Модель 6000» представлена в табл. 2.8.

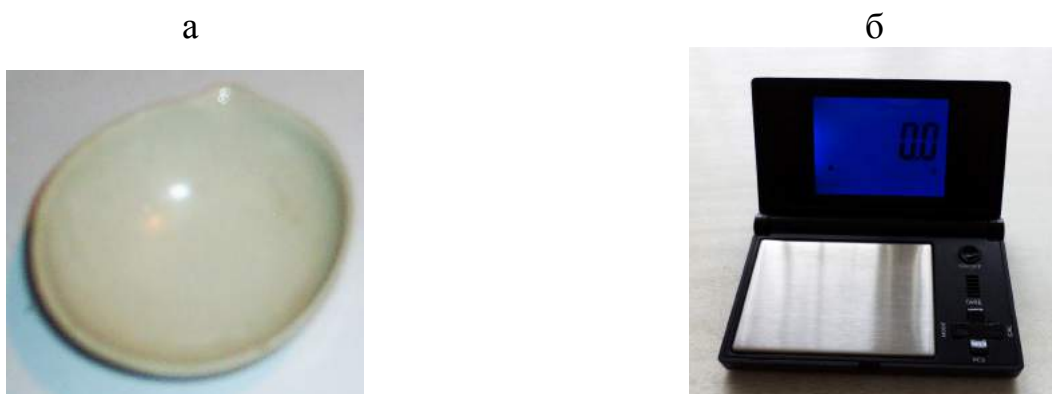


Рис. 2.6. Внешний вид фарфоровой чаши (а) и карманных электронных весов марки Momert «Модель 6000» (б)

Таблица 2.8

Техническая характеристика карманных электронных весов марки Momert «Модель 6000»

Наименование	Показатель
Напряжение, В	3
Диапазон взвешивания, г	0,1 – 500
Температура взвешивания, °С	10 – 50
Размер дисплея, см	8
Габариты, мм	120×85×20

Принцип работы карманных электронных весов марки Momert «Модель 6000» заключался в следующем. Для включения весов нажимали кнопку «On/Off». После включения весов ожидали, чтобы на дисплее появилась надпись «HELLO» и установилось нулевое значение. Для выбора единицы измерения нажимали кнопку «MODE», удерживая названную кнопку в нажатом состоянии до тех пор, пока установиться единица измерения грамм. После взвешивания во избежание разряда батареек производили выключение весов посредством нажатия кнопки «On/Off».

Измерение линейных размеров озимой пшеницы, таких как длина корневой системы, стебля, колосьев и высоты надземной части, осуществляли с помощью измерительной линейки абсолютным контактным методом, фиксируя показатели на шкале линейки. Подсчет количества раскустившихся растений, колосьев и зерен в колосе выполняли по средствам визуального подсчета. Для измерения массы зерен сначала выполняли их отделение от колоса, и удаляли сорную и зерновую примеси. Далее включали карманные электронные весы, и дожидались, пока установится нулевое значение. После чего устанавливали фарфоровую чашу на платформу весов, и фиксировали ее вес. Затем в чашу добавляли зерна озимой пшеницы, и тоже фиксировали их вес. Разница между массой чаши с зернами пшеницы и пустой чаши являлся массой зерен пшеницы. Измерение веса корневой системы заключался в отделении от нее всех раскустившихся растений. Далее измерение массы корневой системы

выполняли аналогично измерению массы зерен в колосе. Аналогично выполняли измерение массы надземной части растения.

Еще одним из основных показателей физических свойств зерна озимой пшеницы является масса 1000 зёрен. Для определения массы 1000 зёрен навеску после удаления сорной и зерновой примесей смешивали, и распределяли ровным слоем в виде квадрата, который делили по диагонали на четыре треугольника и из каждых двух противоположных треугольников, отсчитывали пробы по 500 целых зёрен (по 250 зёрен от каждого треугольника). Массу обеих проб складывали, и получали массу 1000 зёрен.

Одной из необходимых характеристик озимой пшеницы является ее урожайность. Урожайность – это количество зерна, полученного с одного гектара в результате жизнедеятельности определенной совокупности растений, которая состоит в усвоении питательных веществ и воды из грунта и синтеза органических веществ под действием солнечной энергии. Известно, что величина урожая зависит от двух главнейших показателей – густоты продуктивного стеблестоя и массы зерна с одного колоса. Биологическую урожайность определяем по формуле:

$$B_{\text{биол}} = \frac{G_{\text{стебл}} \cdot M_{\text{колос}}}{10}, \text{ ц/га}, \quad (2.38)$$

где $G_{\text{стебл}}$ – густота продуктивного стеблестоя, шт/м²;

$M_{\text{колос}}$ – масса зерна с одного колоса, г.

На эти составляющие урожая, которые являются обобщающими показателями, влияет много факторов. Эти факторы можно разделить на две группы – метеорологические и технологические. Ясно, что всю сложность и многогранность жизненного цикла растений на протяжении вегетационного периода может отобразить только совокупность факторов. Поэтому для видения реального значения составляющих урожая нужно учитывать даже наименее значимые показатели его структуры.

2.2.5. Определение последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы по интенсивности прорастания зерен

В настоящее время серьезной проблемой становится загрязнение атмосферного воздуха, а в частности, воздуха рабочей зоны промышленных предприятий. Опираясь на результаты сравнительного анализа методов биологической оценки, нами определен наиболее целесообразный метод, которым является биотестирование. Биотестирование необходимо для контроля результатов изменения биологических признаков озимой пшеницы, произрастающей на разном удалении от источника выброса. Под биотестированием понимают процедуру установления токсичности среды с помощью живых организмов (тест-объектов), сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают у них изменения жизненно важных функций. Для определения степени загрязнения воздуха тем или иным веществом методами биотестирования, важно найти тест-объект, который бы соответствовал всем требованиям, предъявляемыми

данными условиями. Тест на прорастание семян хорошо разработан и давно применяется для установления воздействия различных физиологически активных веществ. Биологические пробы применимы и для токсикологической оценки различных компонентов окружающей среды, в том числе и воздушного загрязнения. В качестве тест-объекта использовалась озимая пшеница. Оценку состояния атмосферного воздуха с увеличением расстояния от источника выброса выполняли по интенсивности прорастания зерен озимой пшеницы, получивший название «ростовой тест» [92, 93], который нашел широкое практическое применение [94-97]. Методика определения последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы включало в себя следующие этапы:

- подготовка зерен озимой пшеницы и питьевой воды;
- проведение эксперимента;
- обработка результатов исследования.

Для определения последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы с каждой пробной площадки отбирались зерна пшеницы на расстоянии 50, 100, 300, 500 и 1000 м, а для контроля брали зерна, отобранные на расстоянии 10000 м от источника выброса. Для проведения ростового теста лучше использовать свежесобранные семена, так как на лежалых семенах развивается сапрофитная микрофлора и при прорастании во влажных условиях они могут загнивать. Поэтому с целью профилактики отобранные сухие семена протравливали, для чего их погружали в 1% раствор марганцовокислого калия на 30 минут, а затем промывали дистиллированной водой, при этом используя два слоя марли, и обсушивали на фильтровальной бумаге на воздухе. Семена отбирались одного размера, пораженные и поврежденные отбраковывались. Для проведения эксперимента необходима специально подготовленная вода. Подготовка воды заключалась в кипячении и отстаивании в течение нескольких суток для дехлорации, чтобы она соответствовала ГОСТу 2874-82 «Вода питьевая».

Проращивание семян озимой пшеницы проводилось на марлевой основе, уложенной в лабораторной посуде в условиях микровегетационного опыта, с поддержанием постоянной температуры окружающей среды равной 25°C. В лабораторной посуде размещали 100 подготовленных семян. Выбор количества семян обусловлено зависимостью t -распределения средней арифметической в случае малой выборки от ее объема n . Как известно, для выборок, объем которых превышает 30 единиц, величина t распределяется нормально и не зависит от числа наблюдений. Семена пшеницы, уложенные в лабораторной посуде, увлажнялись 5 мл подготовленной питьевой водопроводной воды. Длительность эксперимента составляла от 48 до 72 часов. Через каждые 12 часов определялось количество проросших семян с целью оценки их всхожести. По окончании эксперимента определялась средняя длина, сырая и сухая массы корней проростков семян отобранных на пробных площадках, которая затем сравнивалась с показателями семян контрольной площадки для нахождения статистически достоверного отличия. Исследование всех

вариантов проводиться не меньше, чем в трехкратной повторности.

По окончании эксперимента выполнялась обработка результатов исследования в следующей последовательности. Определяли ошибку репрезентативности m среднего арифметического значения каждого учитываемого признака \bar{x} , дисперсию S_x^2 и достоверность отличия средних арифметических значений учитываемого признака в вариантах исследования и в контроле по t -критерию Стьюдента [88, 98].

Ошибка репрезентативности среднего арифметического значения каждого учитываемого признака определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{S_x^2}{n}}, \quad (2.39)$$

где n – общее число вариантов, или объем данной совокупности;

S_x^2 – дисперсия, которая, в свою очередь, определяется по формуле:

$$S_x^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}, \quad (2.40)$$

где x_i – значения варианта;

\bar{x} – среднее арифметическое значение учитываемого признака.

Достоверность отличия средних арифметических в вариантах исследования и в контроле определяли по t -критерию Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_d} = \frac{d}{S_d}, \quad (2.41)$$

где $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ – разность между средними арифметическими в контроле и в варианте;

S_d – ошибка разности средних, которая определяется по формуле:

- для неравночисленных выборок $n_1 \neq n_2$:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_i - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}; \quad (2.42)$$

- для равночисленных выборок ($n_1 = n_2$):

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_i - \bar{x}_2)^2}{(n - 1)n}}. \quad (2.43)$$

Показателем последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы служило статистически достоверное ингибирование учитываемых признаков (количество проросших семян, длина корневой системы, масса корневой системы, длина надземной части и т.д.) от аналогичных показателей в контрольной точке.

Фитотоксический эффект ($\PhiЭ$), то есть степень угнетения ростовых процессов, определяли в процентах по отношению к контролю по массе и по длине ростков тест-культуры по формуле:

$$\Phi\Xi = \frac{m_o - m_x}{m_o} \cdot 100, \%, \quad (2.44)$$

где m_o – масса или длина проростков (корня или надземной части) в контроле;

m_x – масса или длина проростков (корня или надземной части), в вариантах.

Выводы

1. Анализ современных методов исследования состояния атмосферного воздуха, позволил определить наиболее рациональные методы исследования, позволяющие получить качественную и количественную картину поведения воздушного бассейна вокруг источников выброса и прилегающей территории промышленной площадки железорудной шахты. К ним относятся: экспресс-метод физико-химического анализа воздуха, оценка экологической опасности рассеивания компонентов загрязнения, токсико-мутагенного фона состояния атмосферного воздуха, изменений биологических признаков культур агрофитоценоза, последствий техногенеза в первом поколении культур агрофитоценоза.

2. Определение концентраций экологически опасных веществ, исходящих из вентиляционных стволов шахты с помощью экспресс-метода физико-химического анализа, позволит получить исходные данные расчета рассеивания компонентов загрязнения на прилегающей территории промышленной площадки шахты и установить закономерности изменения концентраций от удельного расхода ВВ. Установление параметров рассеивания компонентов загрязнения и приземных концентраций экологически опасных веществ на прилегающей территории шахты вблизи источников выброса позволит выявить закономерности изменения концентраций в зависимости от расстояния до вентиляционных стволов. Определение токсико-мутагенного фона состояния атмосферного воздуха с помощью биоиндикаторов вблизи источников выброса и прилегающей территории промышленной площадки позволит установить закономерности изменения условного показателя повреждаемости биоиндикаторов с увеличением расстояния от источников выброса и удельного расхода ВВ. Исследование биологических показателей онтогенеза озимой пшеницы вблизи вентиляционного ствола шахты позволит выявить закономерности их изменения с увеличением расстояния от источника выброса. Определение последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы по интенсивности прорастания зерен позволит выявить закономерности изменения фитотоксического эффекта с увеличением расстояния от источника выброса.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШАХТЕ ТЕРРИТОРИИ

3.1. Анализ состояния рудничного воздуха

В соответствии с первым этапом определения концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха изучены инструменты для отбора проб, технические характеристики и принцип работы газоанализатора «Палладий-3М», определяющий концентрацию оксида углерода и газоопределятеля ГХ-М, измеряющего концентрацию оксидов азота и диоксида серы. Технические характеристики этих приборов общий вид и принцип работы в полном объеме представлены в подразделе 2.2.1.

В соответствии со вторым этапом измерения концентрации вредных газов изучался порядок отбора проб рудничного воздуха в канале вентилятора главного проветривания с помощью инструментов (пробоотборник и полиэтиленовый мешок для пробы) и переносной установки пневматической УП 1224 АС непосредственно в шлюзовой камере канала вентилятора главного проветривания. Порядок отбора анализируемого воздуха хорошо представлен в подразделе 2.2.1.

Согласно третьему этапу определяли состояние рудничного воздуха в исходящей струе каналов вентиляторов главного проветривания северного, южного и дренажного вентиляционных стволов. Для выполнения измерений концентрации вредных газов в пробах воздуха пользовались измерительными приборами – газоанализатором «Палладий-3М» и газоопределятелем ГХ-М. С помощью этих приборов проводили измерения концентрации оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы для трех вентиляционных стволов шахты. Отбор проб анализируемого воздуха осуществляли в междусменный 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. 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Результаты измерения концентрации вредных газов
в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания

Газ	Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³				
	2006	2007	2008	2009	2010
Северный вентиляционный ствол (СВС)					
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	3,3	3,3
Дренажный вентиляционный ствол (ДВС)					
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 (ЮВС)					
CO	34	38	31	37	36
NO+NO ₂	2,1	2,3	2	2,2	2,2
SO ₂	3,2	3,4	3,1	3,4	3,4

Таблица 3.2

Результаты расчета интенсивности выброса

Год	Производительность вентилятора, м ³ /с	Скорость движения воздуха, м/с	Интенсивность выброса					
			СО		NO+NO ₂		SO ₂	
			г/с	кг/ч	г/с	кг/ч	г/с	кг/ч
Северный вентиляционный ствол (СВС)								
2006	217	14,47	7,812	28,12	0,499	1,797	0,694	2,498
2007			8,680	31,25	0,521	1,876	0,716	2,578
2008			6,944	25,00	0,456	1,642	0,651	2,344
2009			8,463	30,47	0,521	1,876	0,716	2,578
2010			8,246	29,69	0,499	1,797	0,716	2,578
Дренажный вентиляционный ствол (ДВС)								
2006	232	14,50	9,048	32,57	0,278	1,001	0,742	2,671
2007			9,976	35,91	0,325	1,170	0,766	2,758
2008			8,120	29,23	0,255	0,918	0,719	2,588
2009			9,976	35,91	0,325	1,170	0,766	2,758
2010			9,512	34,24	0,302	1,087	0,766	2,758
Южный вентиляционный ствол (ЮВС)								
2006	257	14,95	8,738	31,46	0,540	1,944	0,822	2,959
2007			9,766	35,16	0,591	2,128	0,874	3,146
2008			7,967	28,68	0,514	1,850	0,797	2,869
2009			9,509	34,23	0,565	2,034	0,874	3,146
2010			9,252	33,31	0,565	2,034	0,874	3,146

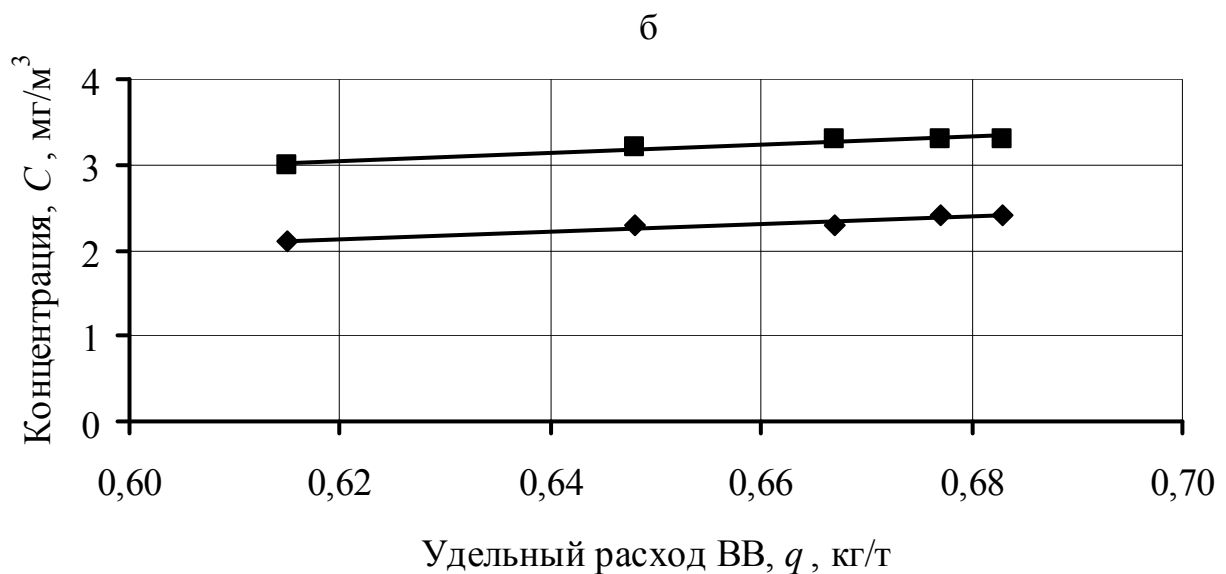
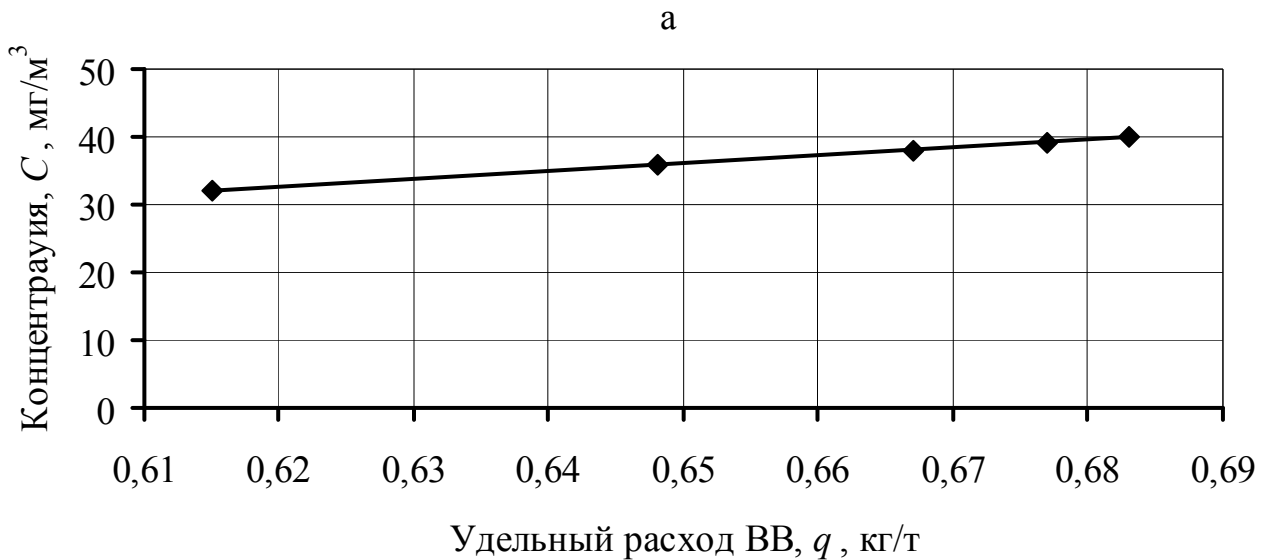
Анализ источников загрязнения в шахте, представленного в подразделе 1.2.3, позволил установить, что основными источниками выделения в рудничную атмосферу оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы являются буровзрывные работы и самоходное оборудование с двигателями внутреннего сгорания. Для установления взаимосвязи концентрации экологически опасных веществ в отобранных пробах воздуха и показателями по шахте за период 2006-2010 гг. были собраны данные по годовой производительности, общему и удельному расходам взрывчатых веществ, полученные сведения представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Годовая производительность, общий и удельный расходы ВВ
по ЧАО «ЗЖРК» за период 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	4,4	3003133	0,683
2008	4,5	2768779	0,615
2009	4,3	2909648	0,677
2010	4,5	3000078	0,667

Выполненные измерения концентрации экологически опасных веществ в исходящих струях воздуха каналов вентиляторов главного проветривания позволили установить зависимости концентрации этих веществ от удельного расхода ВВ для каждого вентиляционного ствола шахты. Так для северного вентиляционного ствола были установлены зависимости концентрации окиси углерода (рис. 3.1, а), оксидов азота и диоксида серы (рис. 3.1, б) от удельного расхода ВВ, которые изменяются по линейному закону.



◆ Оксиды азота ■ Диоксид серы

Рис. 3.1. Изменение концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе от удельного расхода ВВ для северного вентиляционного ствола: а – окись углерода; б – оксиды азота и диоксид серы

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха канала вентилятора на северном вентиляционном стволе от удельного расхода $ВВ$ q .

Для определения концентрации окиси углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (3.1, а), зависимость имеет вид:

$$C = 115,1 \cdot q - 38,71, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,998, \quad (3.1)$$

где q – годовой удельный расход $ВВ$, равный $\geq 0,4$ кг/т;
 R^2 – достоверность аппроксимации.

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (3.1, б), зависимость имеет вид:

$$C = 4,31 \cdot q - 0,54, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,934. \quad (3.2)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (3.1, б), зависимость имеет вид:

$$C = 4,61 \cdot q + 0,187, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,942. \quad (3.3)$$

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, аналогично были получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха канала вентилятора на дренажном вентиляционном стволе от удельного расхода $ВВ$ q .

Для определения концентрации окиси углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 121,4 \cdot q - 39,65, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,991. \quad (3.4)$$

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4,64 \cdot q - 1,75, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,956. \quad (3.5)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 3,18 \cdot q + 1,146, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,955. \quad (3.6)$$

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, аналогично были получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха канала вентилятора на южном вентиляционном стволе от удельного расхода $ВВ$ q .

Для определения концентрации окиси углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора южного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 100,8 \cdot q - 31, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,995. \quad (3.7)$$

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха

канала вентилятора южного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4 \cdot q - 0,46, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,934. \quad (3.8)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора южного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4,94 \cdot q + 0,05, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R^2 = 0,92. \quad (3.9)$$

Таким образом, концентрация C всех экологически опасных веществ от удельного расхода ВВ q изменяется по линейной зависимости, которая имеет вид:

$$C = a \cdot q \pm b, \quad (3.10)$$

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

Каждое из этих данных значений изменяется с площадью канала вентилятора главного проветривания S_k по следующим закономерностям:

- окись углерода

$$a = -54,333 \cdot S_k^2 + 1690,6 \cdot S_k - 13019; \quad (3.11)$$

$$b = -31,342 \cdot S_k^2 + 972,53 \cdot S_k - 7497,4; \quad (3.12)$$

- оксиды азота

$$a = -1,0167 \cdot S_k^2 + 31,847 \cdot S_k - 244,64; \quad (3.13)$$

$$b = 0,675 \cdot S_k^2 - 19,715 \cdot S_k + 144,39; \quad (3.14)$$

- диоксид серы

$$a = 0,1833 \cdot S_k^2 - 7,1133 \cdot S_k + 70,06; \quad (3.15)$$

$$b = 0,2283 \cdot S_k^2 - 6,1193 \cdot S_k + 40,602; \quad (3.16)$$

так как

$$S_k = \frac{Q}{v}, \text{ м}^2, \quad (3.17)$$

где Q – производительность вентилятора главного проветривания, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – скорость движения воздуха в канале вентилятора главного проветривания, $\text{м}/\text{с}$.

Тогда, подставив уравнения (3.11)-(3.17) в выражение (3.10) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирические формулы, определяющие концентрацию экологически опасных веществ в исходящей струе рудничного воздуха с учетом производительности вентилятора главного проветривания, скорости движения воздуха и удельного расхода ВВ, которые имеют вид:

– для определения концентрации окиси углерода

$$C = \left(\frac{54,333 \cdot Q}{v \cdot (31,116 - S_k)^{-1}} - 13019 \right) \cdot q + \frac{31,342 \cdot Q}{v \cdot (S_k - 31,03)^{-1}} + 7497,4, \text{ мг/м}^3, \quad \text{при } R^2 = 0,984. \quad (3.18)$$

– для определения концентрации оксидов азота

$$C = \left(\frac{1,0167 \cdot Q}{v \cdot (31,324 - S_k)^{-1}} - 244,64 \right) \cdot q - \frac{0,675 \cdot Q}{v \cdot (S_k - 29,2074)^{-1}} - 144,39, \text{ мг/м}^3, \quad \text{при } R^2 = 0,924. \quad (3.19)$$

– для определения концентрации диоксида серы

$$C = \left(\frac{0,1833 \cdot Q}{v \cdot (S_{\kappa} - 38,807)^{-1}} + 70,06 \right) \cdot q + \frac{0,2283 \cdot Q}{v \cdot (S_{\kappa} - 26,804)^{-1}} + 40,602, \text{ мг/м}^3, \quad \text{при } R^2 = 0,928. \quad (3.20)$$

Определение концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания на вентиляционных стволах шахты позволило:

– установить, что на концентрацию экологически опасных веществ в исходящей струе рудничного воздуха влияет расход ВВ;

– выявить закономерности изменения концентрации оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы в исходящей струе воздуха для каждого вентиляционного ствола шахты от удельного расхода ВВ;

– получить эмпирические формулы позволяющие определить концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха канала вентилятора, которые могут быть использованы железорудной шахтой с учетом производительности вентилятора главного проветривания, скорости движения струи воздуха в канале вентилятора и удельного расхода ВВ.

Полученные результаты определения концентраций токсичных газов в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания представлены в работе [69].

В результате проведенных исследований установлено, что концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания, расположенных на вентиляционных стволах шахты, зависят от годового удельного расхода ВВ и изменяются по линейному закону.

Полученные эмпирические формулы позволяют определить концентрации окиси углерода, оксидов азота и диоксида серы в зависимости от производительности вентилятора, скорости движения струи воздуха и удельного расхода ВВ. Установленные формулы могут быть использованы для проведения инженерных расчетов концентраций экологически опасных веществ в исходящей струе рудничного воздуха канала вентилятора железорудных шахт, которые не используют эмульсионные ВВ, и применяют на подземных горных работах самоходное оборудование с двигателями внутреннего сгорания.

3.2. Исследование рассеивания компонентов загрязнения атмосферного воздуха

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

В качестве примера можно рассмотреть формирование изолиний приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ в долях единиц (д.е.) ПДК от источника выброса. К расчету

принимались следующие исходные данные: коэффициент стратификации атмосферы $A=200$, коэффициент рельефа местности $\eta=1,03$, средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца года равная $33,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя максимальная температура воздуха наиболее холодного месяца года равная $-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, среднегодовая скорость ветра равная 9 м/с . Расчетный полигон представляет собой квадрат с размером стороны 4000 м , в центре которого размещается источник выброса. В расчетном квадрате топографическими знаками обозначены все попавшие в него объекты. Источники выброса: СВС – высота $4,6\text{ м}$, диаметр $5,87\text{ м}$, расход воздуха $217\text{ м}^3/\text{с}$ и температура воздуха равная $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; ЮВС: высота $4,6\text{ м}$, диаметр $5,87\text{ м}$, расход воздуха $257\text{ м}^3/\text{с}$, температура воздуха – $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; ДВС – высота $4,6\text{ м}$, диаметр 4 м , расход воздуха $257\text{ м}^3/\text{с}$, температура воздуха – $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Экологически опасные вещества: окись углерода – ПДК м.р. равная 5 мг/м^3 , класс опасности 4, коэффициент оседания 1, коэффициент потенцирования равный 0,9; диоксид серы – ПДК м.р. равная $0,5\text{ мг/м}^3$, класс опасности 3, коэффициент оседания 1, коэффициент потенцирования равный 1; оксид и диоксид азота – ПДК м.р. равная $0,085\text{ мг/м}^3$, класс опасности 2, коэффициент оседания 1, коэффициент потенцирования равный 1,3.

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. 3.2, а-в).

Основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг СВС в радиусе 150 м равно $0,52$ д.е. от ПДК и уменьшаются до $0,11$ на расстоянии 1875 м от источника выброса (рис. 3.2, а). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые $140 - 200\text{ м}$ на $0,03 - 0,05$ д.е. от ПДК.

Основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг ЮВС в радиусе $162,5\text{ м}$ равно $0,49$ д.е. от ПДК и уменьшаются до $0,11$ на расстоянии 1925 м от источника выброса (рис. 3.2, б). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые $110 - 220\text{ м}$ на $0,04 - 0,05$ д.е. от ПДК.

Основные изолинии приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг ДВС в радиусе 175 м равно $0,19$ д.е. от ПДК и уменьшаются до $0,06$ на расстоянии 1750 м от источника выброса (рис. 3.2, в). Уменьшение приземной концентрации в среднем происходит через каждые $125 - 250\text{ м}$ на $0,01 - 0,02$ д.е. от ПДК.

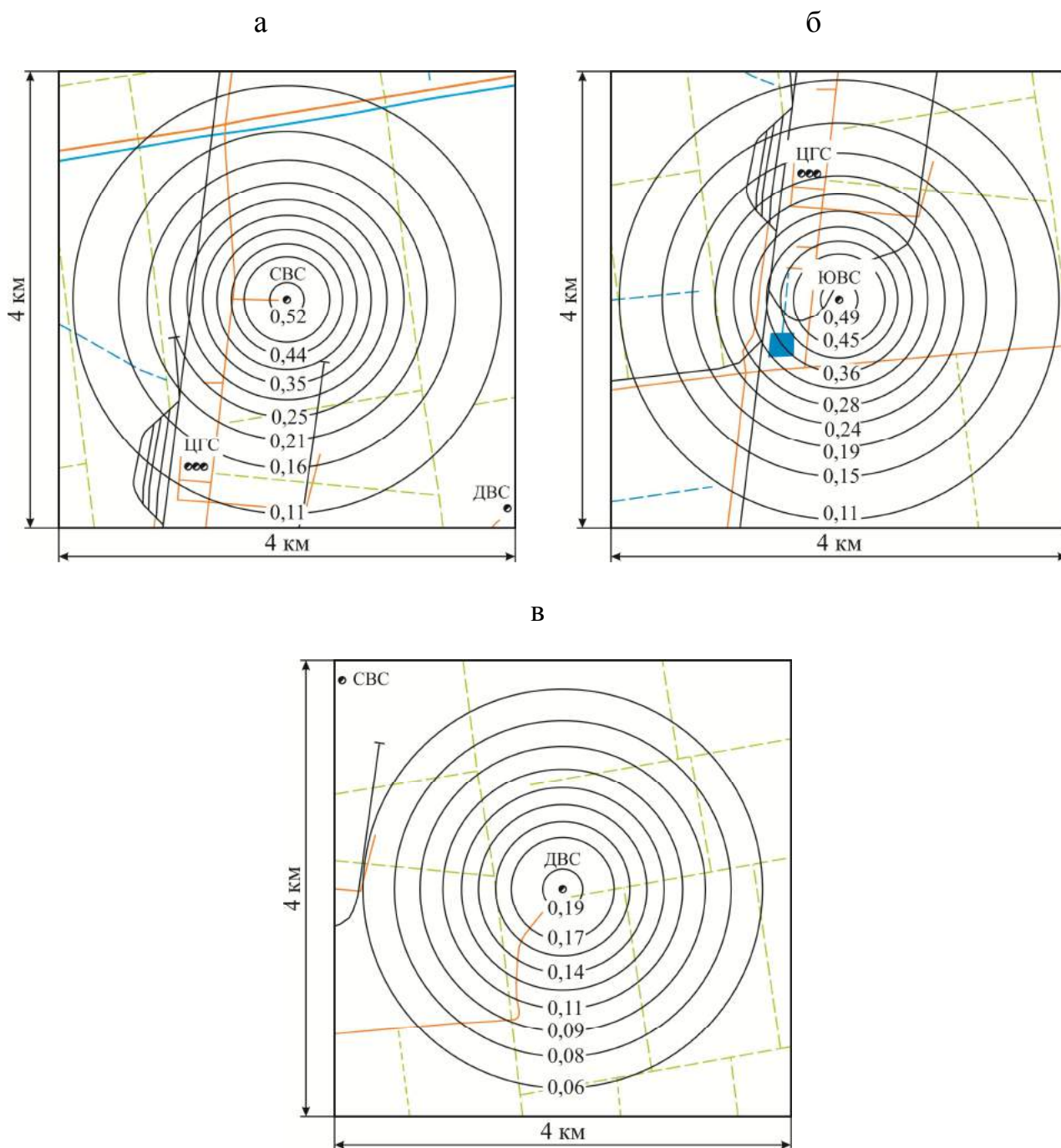


Рис. 3.2. Изолинии приземных концентраций суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг северного (а), южного (б) и дренажного (в) вентиляционных стволов

Общую картину изменения величины приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению их концентрации в долях единиц ПДК (рис. 3.3, а-в). 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 раза. Основным влияющим фактором исходных данных будет являться среднегодовой удельный расход ВВ.

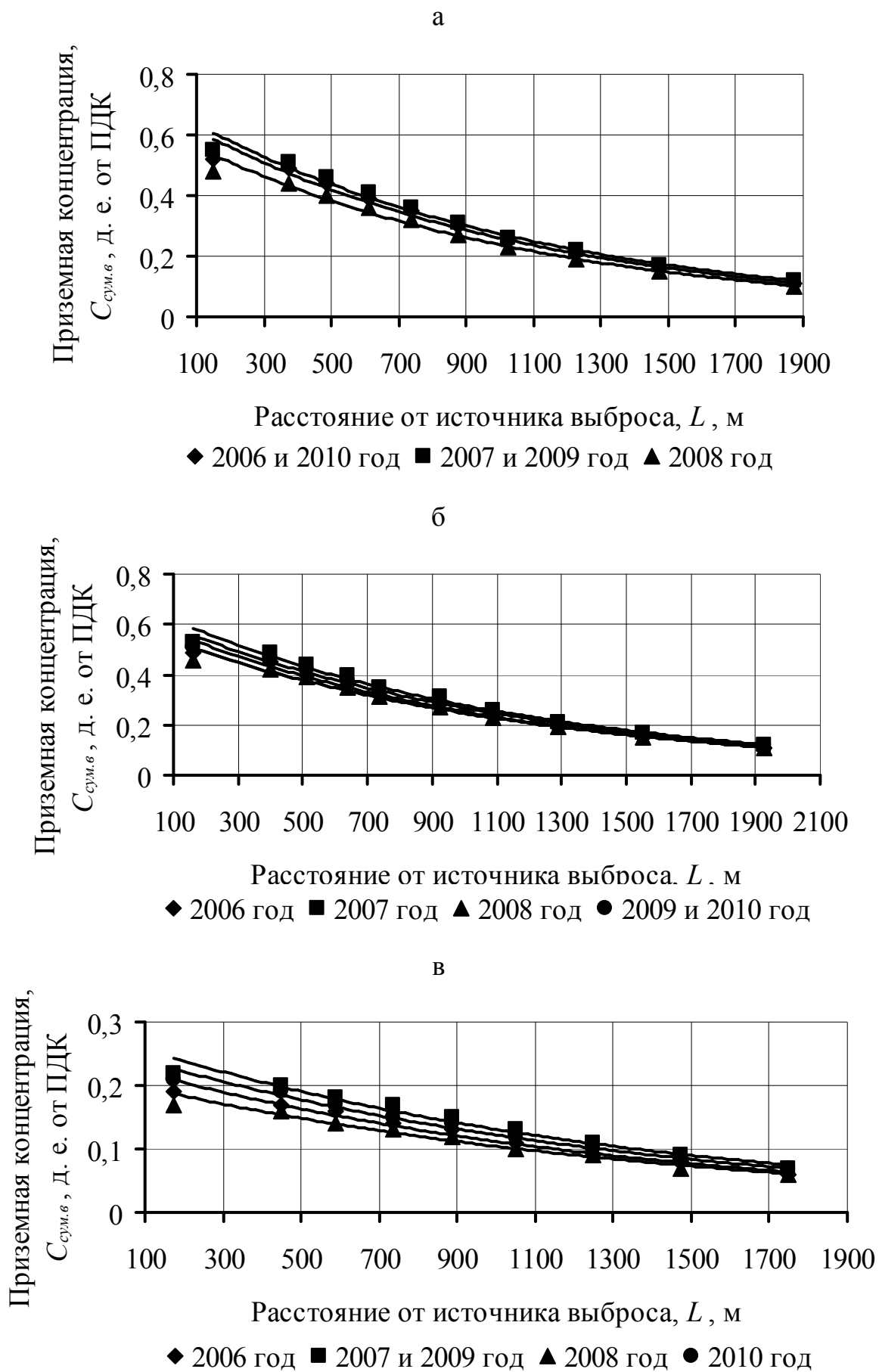


Рис. 3.3. Характер изменения приземных концентраций суммарного воздействия $C_{\text{сум.в}}$ от расстояния до СВС (а), ЮВС (б) и ДВС (в)

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей долей единиц ПДК от расстояния до источника выброса.

Для СВС, эмпирические зависимости имеют вид:

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2006 и 2010 годах

$$C_{\text{сум.в}} = 0,68 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,99, \quad (3.21)$$

где L – расстояние от источника выброса, м;

R^2 – достоверность аппроксимации;

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2007 и 2009 годах

$$C_{\text{сум.в}} = 0,74 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,993; \quad (3.22)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2008 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,62 \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,992. \quad (3.23)$$

Для ЮВС, эмпирические зависимости имеют вид:

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2006 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,62 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,993; \quad (3.24)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2007 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,68 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,992; \quad (3.25)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2008 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,59 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,992; \quad (3.26)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2009 и 2010 годах

$$C_{\text{сум.в}} = 0,65 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,993. \quad (3.27)$$

Для ДВС, эмпирические зависимости имеют вид:

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2006 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,24 \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,982; \quad (3.28)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2007 и 2009 годах

$$C_{\text{сум.в}} = 0,29 \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,981\%; \quad (3.29)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2008 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,23 \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,98; \quad (3.30)$$

– величина приземных концентраций суммарного воздействия в 2010 году

$$C_{\text{сум.в}} = 0,27 \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК, при } R^2 = 0,987. \quad (3.31)$$

Таким образом, приземная концентрация $C_{\text{сум.в}}$ с увеличением расстояния от всех источников выбросов изменяется по экспоненциальной зависимости, которая имеет вид:

$$C_{\text{сум.в}} = a \cdot e^{-b \cdot L}, \quad (3.32)$$

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

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

– СВС

$$a = 1,39 \cdot q^{1,65}; \quad (3.33)$$

$$b = 0,001; \quad (3.34)$$

– ЮВС

$$a = 1,07 \cdot q^{1,24}; \quad (3.35)$$

$$b = 0,0009; \quad (3.36)$$

– ДВС

$$a = 0,72 \cdot q^{2,34}; \quad (3.37)$$

$$b = 0,0008. \quad (3.38)$$

Таким образом, подставив уравнения (3.33)-(3.38) в выражение (3.32) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирические формулы, определяющие приземную концентрацию суммарного воздействия экологически опасных веществ с учетом удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса которые имеют вид:

– для СВС

$$C_{\text{сум.в}} = 1,39 \cdot q^{1,65} \cdot e^{-0,001 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК}; \quad (3.39)$$

– для ЮВС

$$C_{\text{сум.в}} = 1,07 \cdot q^{1,24} \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК}; \quad (3.40)$$

– для ДВС

$$C_{\text{сум.в}} = 0,72 \cdot q^{2,34} \cdot e^{-0,0008 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК}. \quad (3.41)$$

Определение приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ позволило:

- установить, что на приземную концентрацию экологически опасных веществ влияет расстояние от источника выброса и удельный годовой расход ВВ;
- выявить закономерности изменения приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от каждого вентиляционного ствола шахты и удельного расхода ВВ;

Полученные результаты приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ вокруг вентиляционных стволов в условиях ЧАО «ЗЖРК» в полной мере представлены в работе [117].

3.3. Изучение токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха в районе исследования

В соответствии с первым и вторым этапами оценки токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха 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 выброса. Отбор проб пылицы растений производили в

течение весенне-летнего сезона на протяжении 2009-2011 гг. Отбор пыльцы каждого изучаемого вида растений проводили во всех точках тест-полигонов. В момент сбора бутоны фиксировали в 70° этиловом спирте и доставлялись в лабораторию для проведения исследований.

В соответствии с третьим этапом оценки токсичности или потенциальной мутагенности атмосферного воздуха по тесту «Стерильность пыльцы растений» применяли йодный метод окрашивания. Сущность метода заключается в окрашивании клеток фертильной и стерильной пыльцы в зависимости от содержания в них крахмала. Под микроскопом с применением счетчика производили подсчет стерильных (нежизнеспособных) и фертильных (жизнеспособных) пыльцевых зерен. Фотоснимки клеток фертильной и стерильной пыльцы различных растений биоиндикаторов представлены на рис. 3.4.

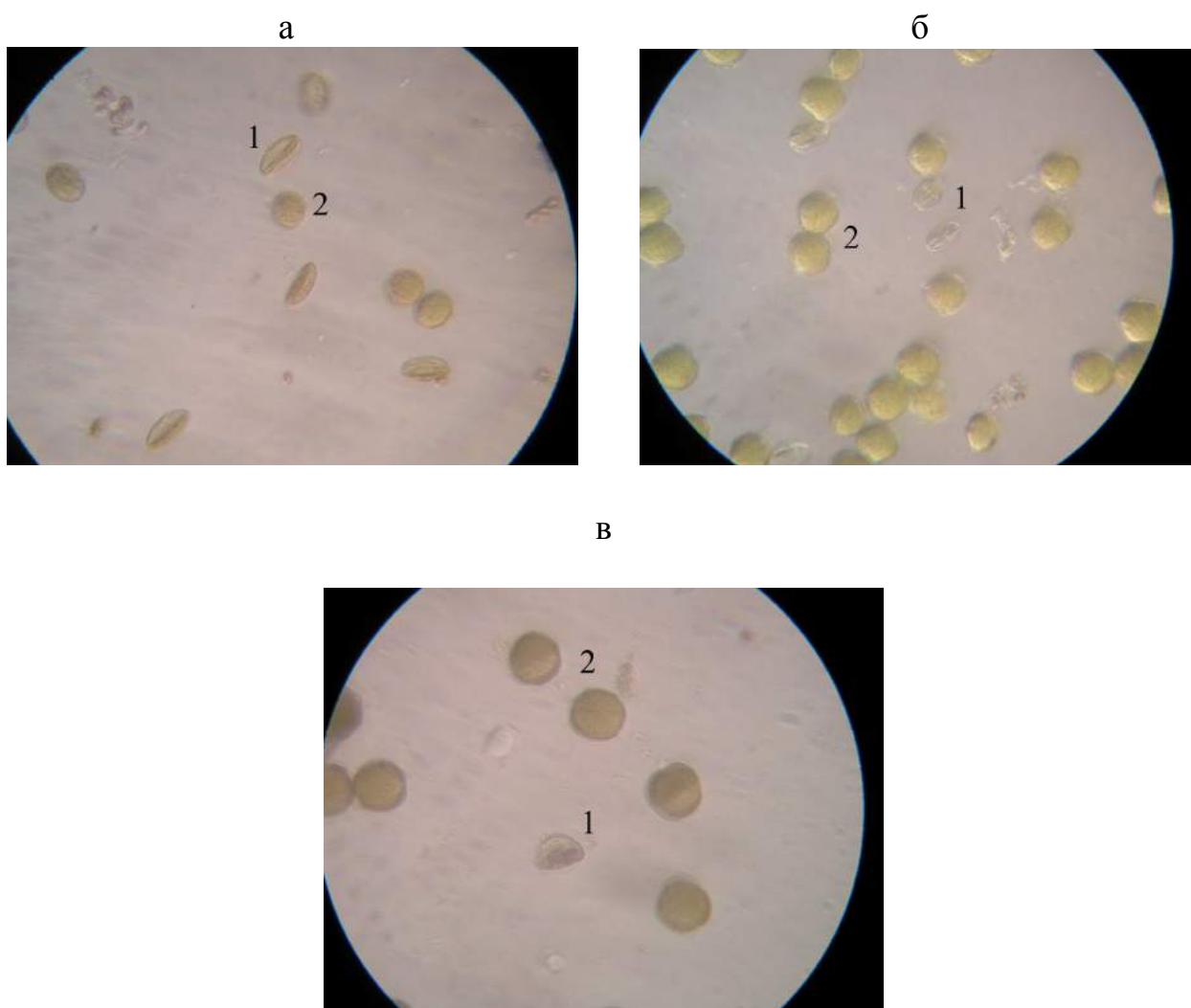


Рис. 3.4. Фотоснимки зерен пыльцы икотника серого (а), клевера ползучего (б), сурепки обыкновенной (в):

- 1 – стерильные пыльцевые зерна;
- 2 – фертильные пыльцевые зерна

Согласно четвертого этапа, расчет УПП состояния окружающей среды по токсико-мутагенному фону производили на основе методики изложенной в подразделе 2.2.3. Полученные результаты токсико-мутагенного фона промышленной площадки и прилегающих территорий к ЧАО «ЗЖРК» за период 2009-2011 гг. представлено в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Результаты токсико-мутагенного фона промышленной площадки и прилегающих территорий к ЧАО «ЗЖРК» за период 2009-2011 гг.

Место отбора проб	УПП	Уровень повреждаемости	Состояние биоиндикатора	Экологическая ситуация
1	2	3	4	5
2009 год				
ДВС – 50 м на восток	0,538	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на восток	0,412	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на восток	0,431	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на восток	0,436	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на восток	0,378	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на восток	0,304	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на восток	0,290	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 50 м на запад	0,581	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на запад	0,525	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на запад	0,475	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на запад	0,478	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на запад	0,401	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на запад	0,325	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на запад	0,301	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 50 м на юг	0,630	Высокий	Критическое	Катастрофическая
ДВС – 100 м на юг	0,524	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на юг	0,537	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на юг	0,466	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на юг	0,402	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на юг	0,313	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на юг	0,272	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 50 м на север	0,572	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на север	0,523	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на север	0,523	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на север	0,398	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на север	0,402	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на север	0,322	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на север	0,273	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ЮВС – 50 м на восток	0,561	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 100 м на восток	0,525	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на восток	0,487	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на восток	0,403	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на восток	0,313	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на восток	0,329	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная

1	2	3	4	5
ЮВС – 2000 м на восток	0,322	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 50 м на запад	0,570	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 100 м на запад	0,538	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на запад	0,418	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на запад	0,427	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на запад	0,407	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на запад	0,366	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на запад	0,294	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ЮВС – 50 м на юг	0,556	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 100 м на юг	0,552	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на юг	0,491	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на юг	0,480	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на юг	0,439	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на юг	0,330	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на юг	0,295	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ЮВС – 50 м на север	0,565	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 100 м на север	0,524	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на север	0,431	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на север	0,436	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на север	0,366	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на север	0,333	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на север	0,303	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на восток	0,693	Высокий	Критическое	Катастрофическая
СВС – 100 м на восток	0,533	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на восток	0,424	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на восток	0,354	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на восток	0,328	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на восток	0,325	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на восток	0,286	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
СВС – 50 м на запад	0,606	Высокий	Критическое	Катастрофическая
СВС – 100 м на запад	0,552	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на запад	0,458	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на запад	0,374	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на запад	0,403	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на запад	0,309	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на запад	0,300	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
СВС – 50 м на юг	0,605	Высокий	Критическое	Катастрофическая
СВС – 100 м на юг	0,516	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на юг	0,470	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на юг	0,424	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на юг	0,409	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на юг	0,354	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на юг	0,342	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на север	0,578	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на север	0,494	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на север	0,475	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на север	0,453	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная

1	2	3	4	5
СВС – 1000 м на север	0,394	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на север	0,375	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на север	0,272	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
2010 год				
ДВС – 50 м на восток	0,583	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на восток	0,524	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на восток	0,464	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на восток	0,420	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на восток	0,392	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на восток	0,310	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на восток	0,293	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 50 м на запад	0,599	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на запад	0,515	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на запад	0,429	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на запад	0,399	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на запад	0,359	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на запад	0,319	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на запад	0,269	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 50 м на юг	0,508	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на юг	0,500	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на юг	0,472	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на юг	0,455	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на юг	0,362	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на юг	0,363	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 2000 м на юг	0,281	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 50 м на север	0,429	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на север	0,438	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на север	0,403	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на север	0,346	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на север	0,384	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1500 м на север	0,297	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ДВС – 2000 м на север	0,278	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
ЮВС – 50 м на восток	0,652	Высокий	Критическое	Катастрофическая
ЮВС – 100 м на восток	0,630	Высокий	Критическое	Катастрофическая
ЮВС – 300 м на восток	0,537	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на восток	0,648	Высокий	Критическое	Катастрофическая
ЮВС – 1000 м на восток	0,570	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на восток	0,419	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на восток	0,406	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 50 м на запад	0,606	Высокий	Критическое	Катастрофическая
ЮВС – 100 м на запад	0,501	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на запад	0,498	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на запад	0,532	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на запад	0,323	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на запад	0,314	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на запад	0,301	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 50 м на юг	0,698	Высокий	Критическое	Катастрофическая

1	2	3	4	5
ЮВС – 100 м на юг	0,549	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на юг	0,522	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на юг	0,468	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на юг	0,354	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на юг	0,328	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на юг	0,303	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 50 м на север	0,544	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 100 м на север	0,552	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 300 м на север	0,515	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 500 м на север	0,453	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
ЮВС – 1000 м на север	0,410	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 1500 м на север	0,376	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ЮВС – 2000 м на север	0,409	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на восток	0,519	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на восток	0,489	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на восток	0,457	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на восток	0,342	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на восток	0,310	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на восток	0,349	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на восток	0,274	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
СВС – 50 м на запад	0,552	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на запад	0,477	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на запад	0,475	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на запад	0,419	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на запад	0,354	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на запад	0,307	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на запад	0,301	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на юг	0,647	Высокий	Критическое	Катастрофическая
СВС – 100 м на юг	0,544	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на юг	0,459	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на юг	0,409	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на юг	0,418	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на юг	0,424	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на юг	0,528	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на север	0,575	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на север	0,475	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на север	0,454	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на север	0,375	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на север	0,342	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на север	0,319	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на север	0,287	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
2011 год				
ДВС – 50 м на восток	0,434	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 100 м на восток	0,424	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 300 м на восток	0,409	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 500 м на восток	0,352	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
ДВС – 1000 м на восток	0,331	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная

1	2	3	4	5
ЮВС – 2000 м на север	0,338	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на восток	0,523	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на восток	0,518	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на восток	0,504	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на восток	0,468	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на восток	0,386	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на восток	0,266	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
СВС – 2000 м на восток	0,293	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная
СВС – 50 м на запад	0,509	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на запад	0,527	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на запад	0,451	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на запад	0,374	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на запад	0,437	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на запад	0,339	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на запад	0,303	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на юг	0,531	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на юг	0,588	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на юг	0,411	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на юг	0,409	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на юг	0,391	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на юг	0,354	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на юг	0,352	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 50 м на север	0,497	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 100 м на север	0,457	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 300 м на север	0,433	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 500 м на север	0,453	Выше среднего	Угрожающее	Неудовлетворительная
СВС – 1000 м на север	0,321	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 1500 м на север	0,312	Средний	Конфликтное	Неудовлетворительная
СВС – 2000 м на север	0,285	Ниже среднего	Настораживающее	Удовлетворительная

Условные показатели повреждаемости 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. 3.5, а-в).

В результате проведенных исследований было установлено, что в 2009 г. (рис. 3.5, 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 удаления 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. 3.5, 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 – 0,250 у.е. На расстоянии свыше 2000 м от источников выброса УПП приближается к 0,200 у.е.

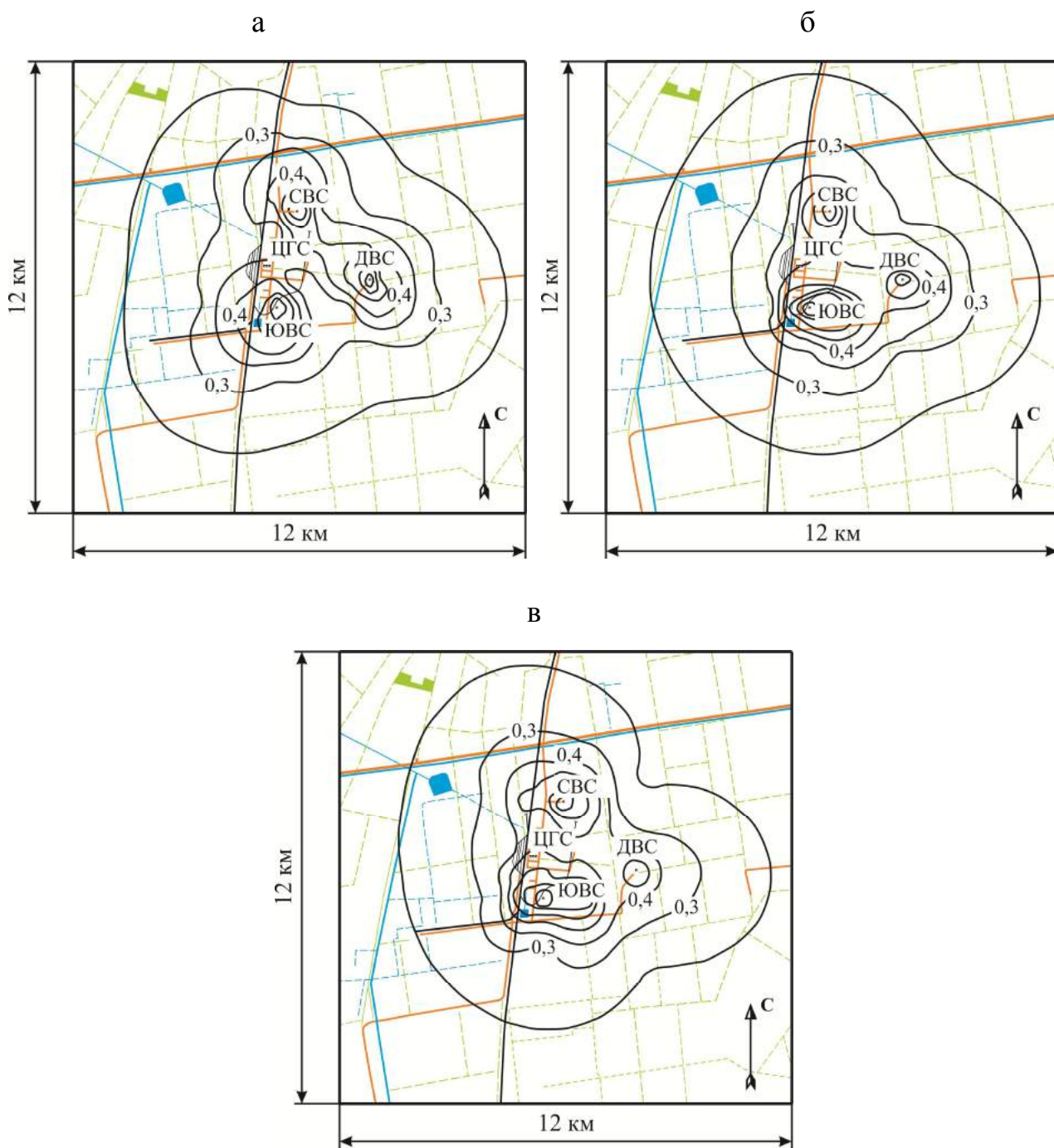


Рис. 3.5. Изолинии УПП биоиндикаторов на прилегающей территории и промышленной площадке ЧАО «ЗЖРК» за 2009 г. (а), 2010 г. (б) и 2011 г. (в)

По результатам исследований проведенных в 2011 г. (рис. 3.5, 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 уменьшением негативного воздействия источников загрязнения.

Анализ данных рис. 3.5, а-в 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. 3.6). Выполненный анализ позволил установить, что с увеличением расстояния до 2000 м от источника выброса значения УПП уменьшаются в 1,5 – 2 раза.

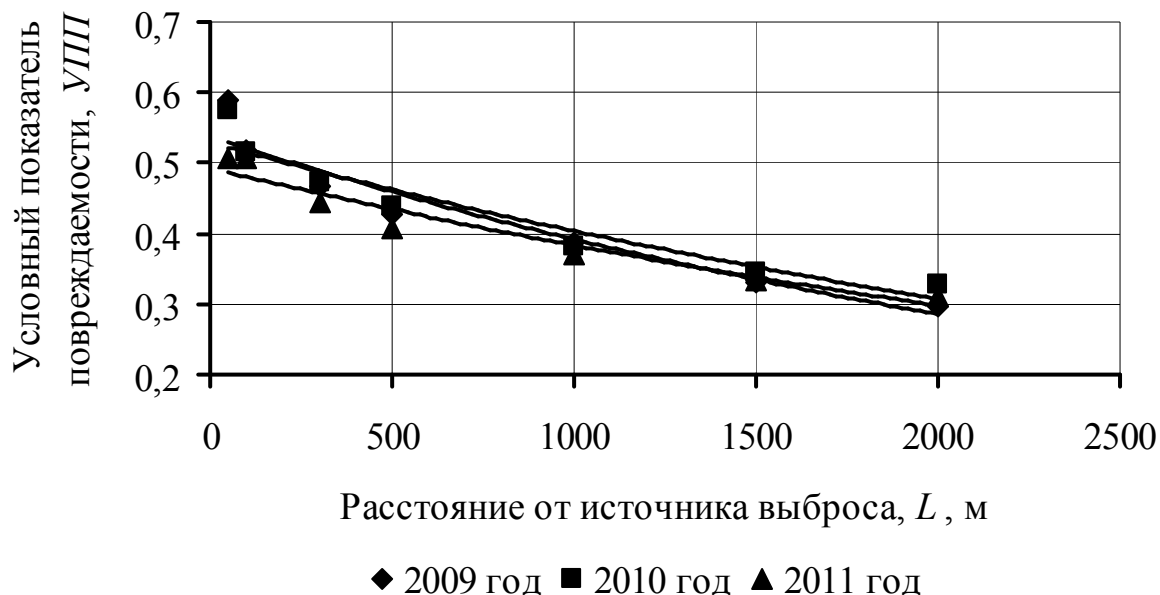


Рис. 3.6. Характер изменения УПП от расстояния до источника выброса

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей УПП от расстояния до источника выброса за период 2009-2011 гг.

Для 2009 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,54 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ д.е., при } R^2 = 0,945, \quad (3.42)$$

где L – расстояние от источника выброса, м;

R^2 – достоверность аппроксимации.

Для 2010 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,53 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ д.е., при } R^2 = 0,922. \quad (3.43)$$

Для 2011 г. эмпирическая зависимость имеет вид:

$$УПП = 0,49 \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ д.е., при } R^2 = 0,945. \quad (3.44)$$

Таким образом, УПП с увеличением расстояния от источника выброса за период 2009-2011 гг. изменяется по экспоненциальной зависимости, которая имеет вид:

$$УПП = a \cdot e^{-b \cdot L}, \quad (3.45)$$

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

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

$$a = 0,41 \cdot q^{-0,53}; \quad (3.46)$$

$$b = -0,0003. \quad (3.47)$$

Таким образом, подставив уравнения (3.46) и (3.47) в выражение (3.45) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирическую формулу, определяющая УПП с учетом удельного годового расхода ВВ и расстояния от источника выброса, которая имеют вид:

$$УПП = 0,41 \cdot q^{-0,53} \cdot e^{-0,0003 \cdot L}, \text{ д.е.} \quad (3.48)$$

Результаты исследования токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха по тесту «Стерильность пыльцы растений» хорошо сопоставимы с результатами исследования состояния атмосферного воздуха физико-химическим методом и характеризуются удовлетворительной сходимостью, соответствующей 93%.

Полученные результаты токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха в условиях ЧАО «ЗЖРК» в полной мере представлены в работе [118].

Дальнейшие исследования токсико-мутагенной активности атмосферного воздуха позволили установить корреляционную зависимость изменения УПП от величины приземной концентрации суммарного воздействия представленной на рис. 3.7.

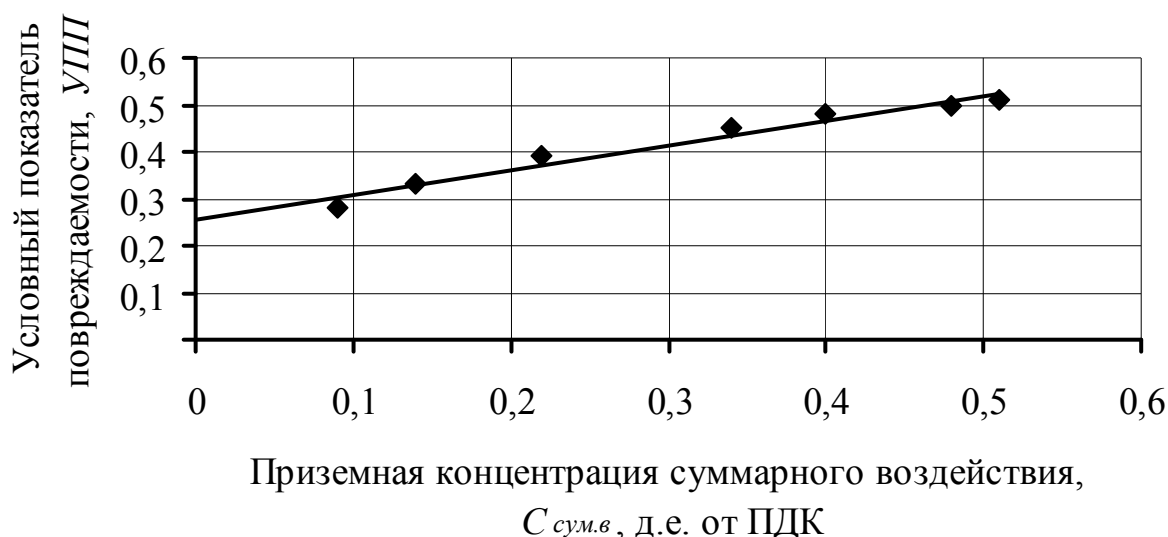


Рис. 3.7. График зависимости изменения УПП от величины приземной концентрации суммарного воздействия

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получено эмпирическое уравнение зависимости УПП от величины приземной концентрации суммарного воздействия, которая имеет вид:

$$УПП = 0,53 \cdot C_{\text{сум.в}} + 0,25, \text{ д.е.}, \text{ при } R^2 = 0,967, \quad (3.49)$$

Из графика зависимости, представленного на рис. 3.7 видно, что УПП биоиндикаторов от величины приземной концентрации суммарного воздействия изменяется по линейному закону. Полученная прямая дает возможность описывать реальный процесс определения УПП при изменении величины приземной концентрации суммарного воздействия в пределах 0 – 1 д.е. от ПДК. При величине приземной концентрации суммарного воздействия равной нулю д.е.

от ПДК, величина УПП повреждаемости достигает 0,25 д.е. Это значение УПП биоиндикаторов соответствует безопасному состоянию территории в «благоприятном» их виде. Такие территории являются экологически чистыми, где проявляется лишь спонтанные генетически обусловленные изменения. С увеличением расстояния до 150 м от источника выброса величина приземной концентрации суммарного воздействия достигает 0,4 – 0,5 д.е. от ПДК, что соответствует значениям УПП равным 0,45 – 0,5 д.е. Это соответствует «умеренно опасному» состоянию территории со «средним» уровнем повреждаемости биосистем и «удовлетворительно-угрожающим» их состоянием. С увеличением приземной концентрации суммарного воздействия до ПДК, величина условного показателя повреждаемости биоиндикаторов возрастает до 1 д.е. Такое значение величины УПП биоиндикаторов предусматривает очень опасное состояние территории, и говорит о «высоком» уровне повреждаемости биосистем или «катастрофическом» их состоянии. На таких территориях требуется радикальное изменение тактики и стратегии управленческих решений. На них должен проводиться особый регламентный контроль, а также определение границ таких территорий и разработка целенаправленных мер по восстановлению их экологического состояния. Учет полученной зависимости позволит прогнозировать состояние биосистем по величине приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ.

3.4. Анализ изменения биологических признаков озимой пшеницы

В соответствии с первым этапом оценки техногенного влияния на процессы онтогенеза озимой пшеницы производили отбор снопов пшеницы с пробных площадок площадью в 1 м² расположенных вдоль северо-восточного направления на расстояниях 50, 100, 300, 500, 1000 и 10000 м от источника выброса СВС. Далее отобранные пробные снопы пшеницы транспортировались в лабораторию, где их подготавливали к анализу. Подготовка снопов к измерению показателей онтогенеза озимой пшеницы в полной мере представлено в подразделе 2.2.4.

В соответствии со вторым этапом, были изучены приборы и инструменты для измерения линейных размеров растений в снопах, техническая характеристика и принцип работы электронных весов для измерения биомассы, а также количества раскустившихся растений, колосьев, зерен в колосе. Представлен алгоритм определения массы 1000 зерен и формула для расчета биологической урожайности. Изучение приборов и инструментов, проведение анализа онтогенеза озимой пшеницы в полной мере представлено в подразделе 2.2.4.

Озимая пшеница является одной из наиболее чувствительных культур агрофитоценоза к воздействию факторов окружающей среды. Как было уже сказано, что эти факторы можно разделить на метеорологические и технологические. К основным технологическим факторам относятся зона выращивания, плодородие почвы, условия увлажнения и особенности применяемой технологии возделывания, а также техногенная нагрузка на озимую пшеницу. Метеорологические факторы включают в себя показатели погодных условий. Ведущая роль в формировании высокой продуктивности, свойств

морозостойкости и зимостойкости озимых культур принадлежит температуре, свету, наличию в почве сбалансированного минерального питания и влаги. Анализ данных дневника погоды с 1 октября 2010 г. по 1 июля 2011 г., представленных в табл. 3.5 по метеостанции расположенной в 10 км от промышленной площадки ЧАО «ЗЖРК» в с. Малая Белозерка, показал, что погодные условия являлись весьма благоприятными в вегетационный период озимой пшеницы [91].

Таблица 3.5

Метеорологические условия в период 01.10.2010 – 06.2011 г.

Год	Месяц	Температура min, °С	Температура max, °С	Скорость ветра, м/с	Относительная влажность, %	Количество осадков в месяц, мм
2010	Октябрь	+ 2	+ 16	Ш – 9	70	108,9
	Ноябрь	0	+ 20	Ш – 9	72	51,2
	Декабрь	- 9	+ 13	1 – 8	76	85,8
2011	Январь	- 14	+ 3	Ш – 5	73	42,6
	Февраль	- 16	+ 7	Ш – 8	79	17,3
	Март	- 10	+ 16	Ш – 10	65	9,6
	Апрель	+ 4	+ 22	Ш – 10	59	66,4
	Май	+ 9	+ 29	Ш – 7	64	30,0
	Июнь	+ 16	+ 31	Ш – 9	59	108,0

Во время вегетационного периода озимая пшеница подвергается комплексной экологической нагрузке. Это проявляется в результате сельскохозяйственной деятельности, естественных процессов (водной и ветровой эрозии) и особенно техногенной нагрузки. Для установления характера изменения биологических признаков озимой пшеницы, выполняли исследования показателей онтогенеза пробных снопов. Внешний вид снопов озимой пшеницы, которые отобраны с пробных площадок, на разном расстоянии от источника выброса представлено на рис. 3.8.

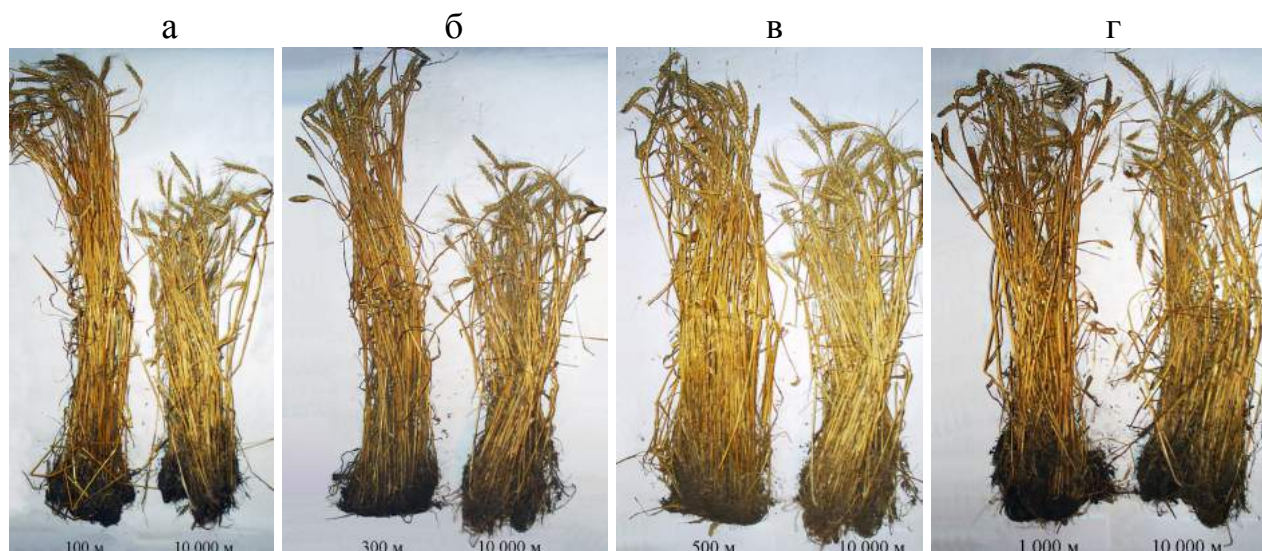


Рис. 3.8. Внешний вид снопов озимой пшеницы на расстоянии от источника выброса: 50 м (а), 100 м (б), 300 м (в), 500 м (г), 1000 м (д)

Результаты измерения линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса, представлено в виде гистограмм на рис. 3.9.

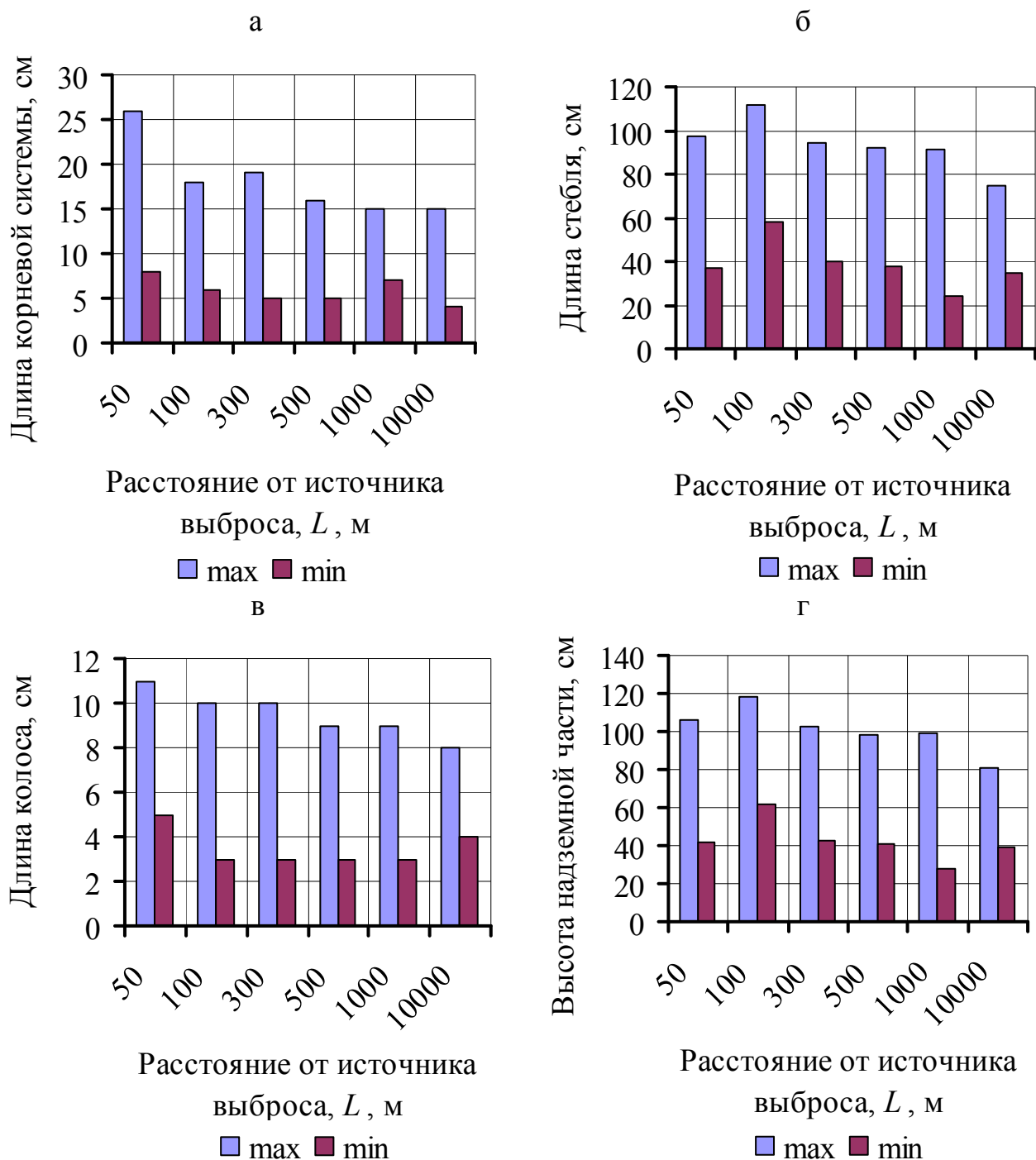


Рис. 3.9. Гистограммы результатов изменения линейных размеров озимой пшеницы от расстояния до источника выброса: длина корневой системы (а), длина стебля (б), длина колоса (в), высота надземной части (г)

В качестве примера можно рассмотреть изменение длины корневой системы с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.9, а). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса величины длин корневой системы на пробных площадках изменяются на разном удалении

от источника выброса. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя длина корневой системы составляет 12,7 см. Минимальная длина равна 8 см, а максимальная – 26 см. На расстоянии 100 м минимальная длина составляет 6 см, максимальная – 18 см, а средняя равна 11,4 см. На расстоянии 300 м минимальная длина корневой системы равна 5 см, а максимальная составляет 19 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 10,8 см. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя длина корневой системы составляет 10,6 см. Минимальная длина равна 5 см, а максимальная – 16 см. На расстоянии 1000 м минимальная длина составляет 7 см, максимальная – 15 см, а средняя равна 10,4 см. На расстоянии 10 км минимальная длина корневой системы равна 4 см, а максимальная составляет 15 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 10,3 см.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение длины стебля с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.9, б). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса величины длин стеблей, озимой пшеницы, на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя длина стеблей пшеницы составляет 84,4 см. Минимальная длина равна 37 см, а максимальная – 97 см. На расстоянии 100 м минимальная длина составляет 58 см, максимальная – 112 см, а средняя равна 88,7 см. На расстоянии 300 м минимальная длина стебля равна 40 см, а максимальная составляет 94 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 73,7 см. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя длина стебля составляет 70,5 см. Минимальная длина равна 38 см, а максимальная – 92 см. На расстоянии 1000 м минимальная длина составляет 24 см, максимальная – 91 см, а средняя равна 62 см. На расстоянии 10 км минимальная длина стеблей озимой пшеницы равна 35 см, а максимальная составляет 75 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 56,3 см.

В качестве примера можно рассмотреть изменение длины колоса пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.9, в). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса величины длин колосков на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника выброса. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя длина колоса составляет 7,5 см. Минимальная длина равна 5 см, а максимальная – 11 см. На расстоянии 100 м минимальная длина составляет 3 см, максимальная – 10 см, а средняя равна 7,4 см. На расстоянии 300 м минимальная длина колоса равна 3 см, а максимальная составляет 10 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 7,2 см. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя длина колоса составляет 7,1 см. Минимальная длина равна 3 см, а максимальная – 9 см. На расстоянии 1000 м минимальная длина составляет 3 см, максимальная – 9 см, а средняя равна 6,7 см. На расстоянии 10 км минимальная длина колоса равна 4 см, а максимальная составляет 8 см. Средняя длина на этой пробной площадке равна 6,5 см.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение высоты надземной части с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.9, г). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса

величины высоты надземной части, озимой пшеницы, на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя высота надземной части пшеницы составляет 91,8 см. Минимальная длина равна 42 см, а максимальная – 106 см. На расстоянии 100 м минимальная высота надземной части составляет 62 см, максимальная – 118 см, а средняя равна 101,3 см. На расстоянии 300 м минимальная высота надземной части равна 43 см, а максимальная составляет 103 см. Средняя высота надземной части на этой пробной площадке равна 80,9 см. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя высота надземной части составляет 77,6 см. Минимальная высота надземной части равна 41 см, а максимальная – 98 см. На расстоянии 1000 м минимальная высота надземной части составляет 28 см, максимальная – 99 см, а средняя равна 68,8 см. На расстоянии 10 км минимальная высота надземной части озимой пшеницы равна 39 см, а максимальная составляет 81 см. Средняя высота надземной части на этой пробной площадке равна 62,7 см.

Результаты измерения весовых показателей озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса, представлено в виде гистограмм на рис. 3.10.

В качестве примера можно рассмотреть изменение массы корневой системы одного растения с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.10, а). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса масса корневой системы на пробных площадках изменяется на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя масса корневой системы одного растения составляет 0,2 г. Минимальная масса равна 0,1 г, а максимальная – 0,5 г. На расстоянии 100 м минимальная масса корневой системы составляет 0,1 г, максимальная – 1 г, а средняя равна 0,3 г. На расстоянии 300 м минимальная масса корневой системы одного растения равна 0,1 г, а максимальная составляет 1 г. Средняя масса на этой пробной площадке равна 0,3 г. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя масса корневой системы одного растения составляет 0,3 г. Минимальная масса равна 0,1 г, а максимальная – 0,8 г. На расстоянии 1000 м минимальная масса корневой системы одного растения составляет 0,1 г, максимальная – 0,8 г, а средняя равна 0,3 г. На расстоянии 10 км минимальная масса корневой системы одного растения равна 0,1 г, максимальная составляет 0,8 г. Средняя масса на этой пробной площадке равна 0,4.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение массы надземной части с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.10, б). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса масса надземной части озимой пшеницы, на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя масса надземной части пшеницы составляет 1,1 г. Минимальная масса равна 0,3 г, а максимальная – 3,3 г. На расстоянии 100 м минимальная масса надземной части составляет 0,5 г, максимальная – 4,6, а средняя равна 1,7. На расстоянии 300 м минимальная масса надземной части равна 0,3 г, а максимальная составляет 3,7 г. Средняя масса на этой пробной площадке равна 1,4 г. На расстоянии

500 м от источника выброса средняя масса надземной части составляет 1,3. Минимальная масса равна 0,3 г, а максимальная – 3,5 г. На расстоянии 1000 м минимальная масса надземной части составляет 0,2 г, максимальная – 3,6 г, а средняя равна 1,2 г. На расстоянии 10 км минимальная масса надземной части озимой пшеницы равна 0,1 г, максимальная составляет 2,8 г. Средняя масса на этой пробной площадке равна 1 г.

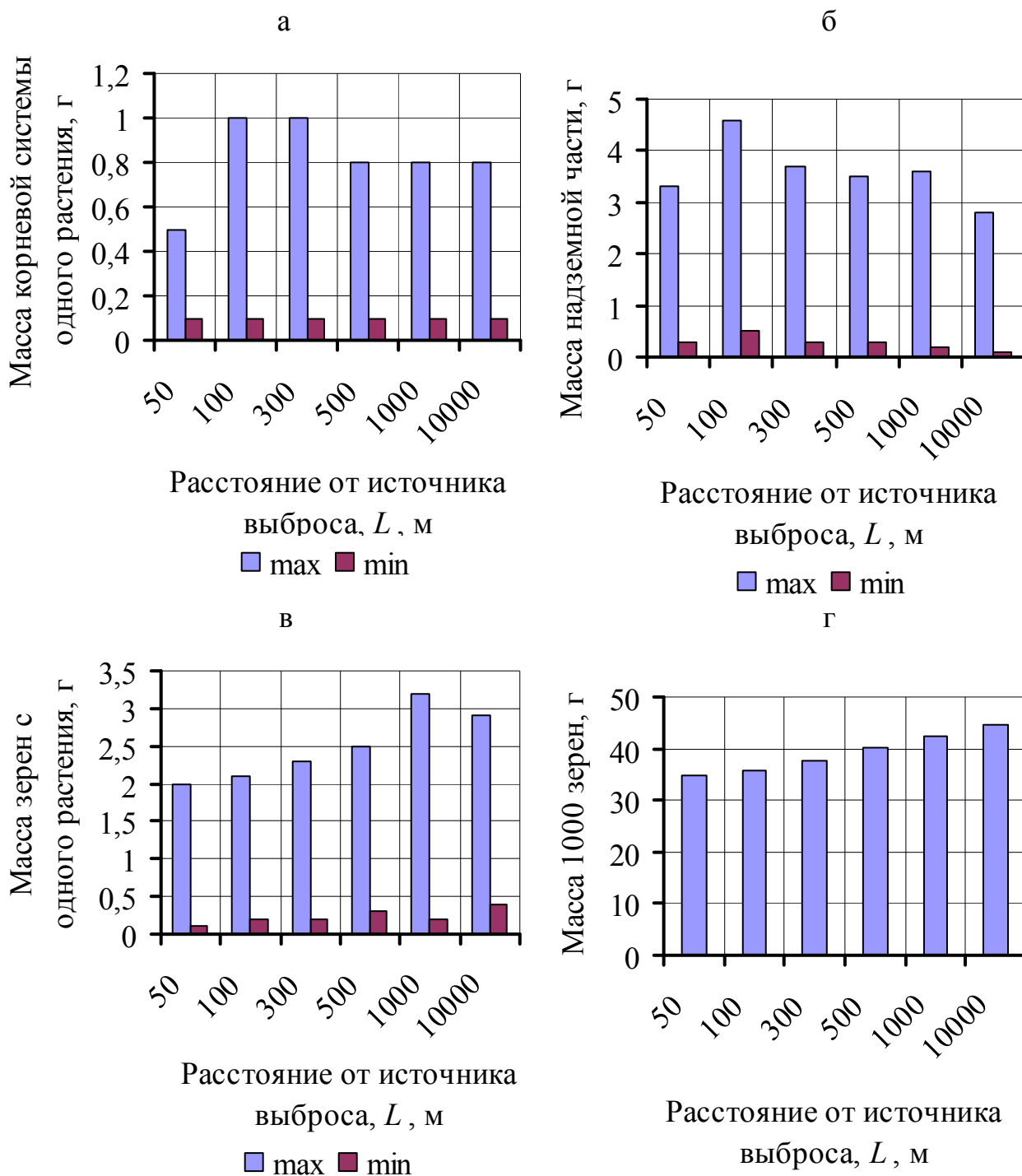


Рис. 3.10. Гистограммы результатов изменения весовых параметров озимой пшеницы от расстояния до источника выброса: масса корневой системы одного растения (а), масса надземной части (б), масса зерен с одного растения (в), масса 1000 зерен (г)

В качестве примера можно рассмотреть изменение массы зерен одного растения с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.10, в). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса масса зерен одного растения на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника выброса. На расстоянии 50 м от источника выброса средняя масса зерен одного растения составляет 0,7 г. Минимальная масса равна 0,1 г, максимальная – 2 г. На расстоянии 100 м минимальная масса зерен одного растения составляет 0,2 г, максимальная – 2,1 г, а средняя равна 0,8 г. На расстоянии 300 м минимальная масса зерен одного растения равна 0,2 г, максимальная составляет 2,3. Средняя масса на этой пробной площадке равна 0,9 г. На расстоянии 500 м от источника выброса средняя масса зерен одного растения составляет 1 г. Минимальная масса равна 0,3 г, а максимальная – 2,5 г. На расстоянии 1000 м минимальная масса составляет 0,2 г, максимальная – 3,2 г, а средняя равна 1 г. На расстоянии 10 км минимальная масса зерен одного растения равна 0,4 г, а максимальная составляет 2,9 г. Средняя масса на этой пробной площадке равна 1 г.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение массы 1000 зерен с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.10, г). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса массы 1000 зерен озимой пшеницы, на пробных площадках изменяется на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса масса 1000 зерен пшеницы составляет 34,8 г. На расстоянии 100 м масса 1000 зерен увеличивается до 35,9 г. С увеличением расстояния до 300 м масса 1000 зерен пшеницы на этой пробной площадке равна 37,8 г. На расстоянии 500 м от источника выброса масса 1000 зерен составляет 40,1 г. С увеличением расстояния до 1000 м масса 1000 зерен на этой пробной площадке увеличивается до 42,4 г. На расстоянии 10 км масса 1000 зерен озимой пшеницы увеличивается до 44,6 г.

Результаты визуального подсчета количественных показателей и расчета биологической урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса, представлено в виде гистограмм на рис. 3.11.

В качестве примера можно рассмотреть изменение количества раскустившихся растений с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.11, а). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса количество раскустившихся растений на пробных площадках изменяется на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса среднее количество раскустившихся растений составляет 1 шт. Минимальное количество равно 1 шт., а максимальное – 3 шт. На расстоянии 100 м минимальное количество раскустившихся растений составляет 1 шт., максимальное – 4 шт., а среднее 2 шт. На расстоянии 300 м минимальное количество раскустившихся растений равно 1 шт., а максимальное составляет 4 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 2 шт. На расстоянии 500 м от источника выброса среднее количество раскустившихся растений составляет 2 шт. Минимальное количество равно 1 шт., максимальное – 4 шт. На расстоянии 1000 м минимальное количество раскустившихся растений составляет 1 шт., максимальное – 5 шт., а среднее равно 2 шт. На расстоянии 10 км минимальное

количество раскустившихся растений равно 1 шт., максимальное составляет 4 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 2 шт.

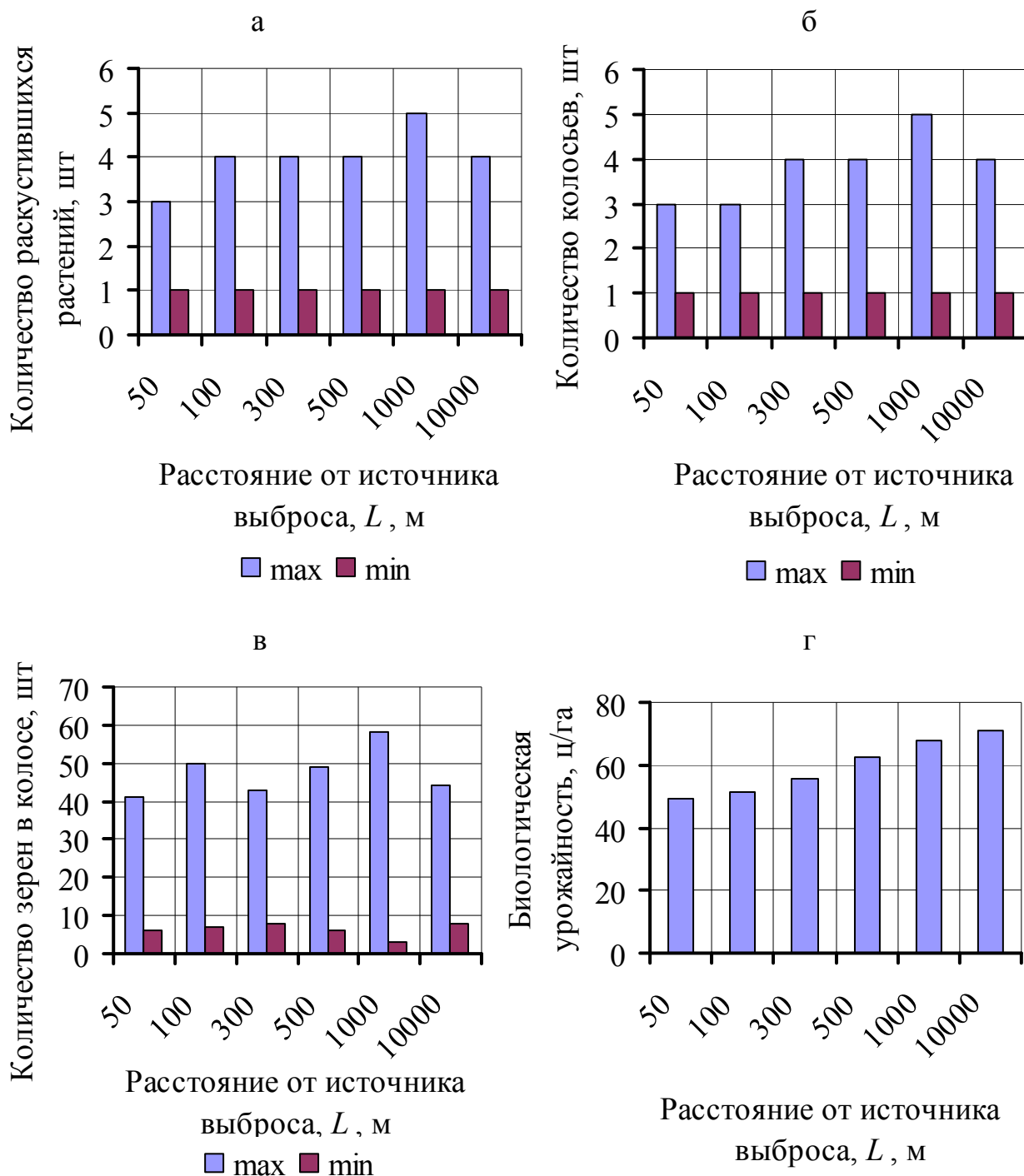


Рис. 3.11. Гистограммы результатов изменения, количественных показателей и расчет биологической урожайности озимой пшеницы от расстояния до источника выброса: количество раскустившихся растений (а), количество колосьев (б), количество зерен в колосе (в), биологическая урожайность (г)

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение количество колосьев с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.11, б). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса количество колосьев озимой пшеницы, на пробных площадках изменяются на разном удалении от источника. На расстоянии 50 м от источника выброса среднее количество колосьев пшеницы составляет 1 шт. Минимальное количество равно 1 шт., а максимальное – 3 шт. На расстоянии 100 м минимальное количество колосьев составляет 1 шт., максимальное – 3 шт., а среднее равно 1 шт. На расстоянии 300 м минимальное количество колосьев равно 1 шт., а максимальное составляет 4 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 1 шт. На расстоянии 500 м от источника выброса среднее количество колосьев составляет 2 шт. Минимальное количество равно 1 шт., а максимальное – 4 шт. На расстоянии 1000 м минимальное количество колосьев составляет 1 шт., максимальное – 5 шт., а среднее равно 1 шт. На расстоянии 10 км минимальное количество колосьев озимой пшеницы равно 1 шт., максимальное составляет 4 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 1 шт.

В качестве примера можно рассмотреть изменение количества зерен в колосе с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.11, в). На гистограмме наглядно видно, что с удалением от источника выброса количество зерен в колосе на пробных площадках изменяется на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса среднее количество зерен в колосе составляет 19 шт. Минимальное количество равно 6 шт., а максимальное – 41 шт. На расстоянии 100 м минимальное количество зерен в колосе составляет 7 шт., максимальное – 50 шт., а среднее 25 шт. На расстоянии 300 м минимальное количество зерен в колосе равно 8 шт., а максимальное составляет 43 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 26 шт. На расстоянии 500 м от источника выброса среднее количество зерен в колосе составляет 27 шт. Минимальное количество равно 6 шт., максимальное – 49 шт. На расстоянии 1000 м минимальное количество зерен в колосе составляет 3 шт., максимальное – 58 шт., а среднее равно 27 шт. На расстоянии 10 км минимальное количество зерен в колосе равно 8 шт., максимальное составляет 44 шт. Среднее количество на этой пробной площадке равно 24 шт.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение биологической урожайности с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.11, г). Из гистограммы наглядно видно, что с удалением от источника выброса биологическая урожайность озимой пшеницы, на пробных площадках изменяется на разном удалении от источника загрязнения. На расстоянии 50 м от источника выброса биологическая урожайность пшеницы составляет 49,3 ц/га. На расстоянии 100 м биологическая урожайность увеличивается до 51,2 ц/га. С увеличением расстояния до 300 м биологическая урожайность пшеницы на этой пробной площадке равна 55,4 ц/га. На расстоянии 500 м от источника выброса биологическая урожайность составляет 62,4 ц/га. С увеличением расстояния до 1000 м биологическая урожайность на этой пробной площадке увеличивается до 68 ц/га. На расстоянии 10 км биологическая урожайность озимой пшеницы увеличивается до 71,2 ц/га.

Нами была предпринята попытка сопоставить различные показатели онтогенеза озимой пшеницы и биологической урожайности на разном удалении от источника выброса и определить их изменение по сравнению с эталонной пробной площадкой расположенной на расстоянии 10 км. На рисунке 3.12 представлена лепестковая диаграмма, на которой представлены исследованные параметры онтогенеза озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса.

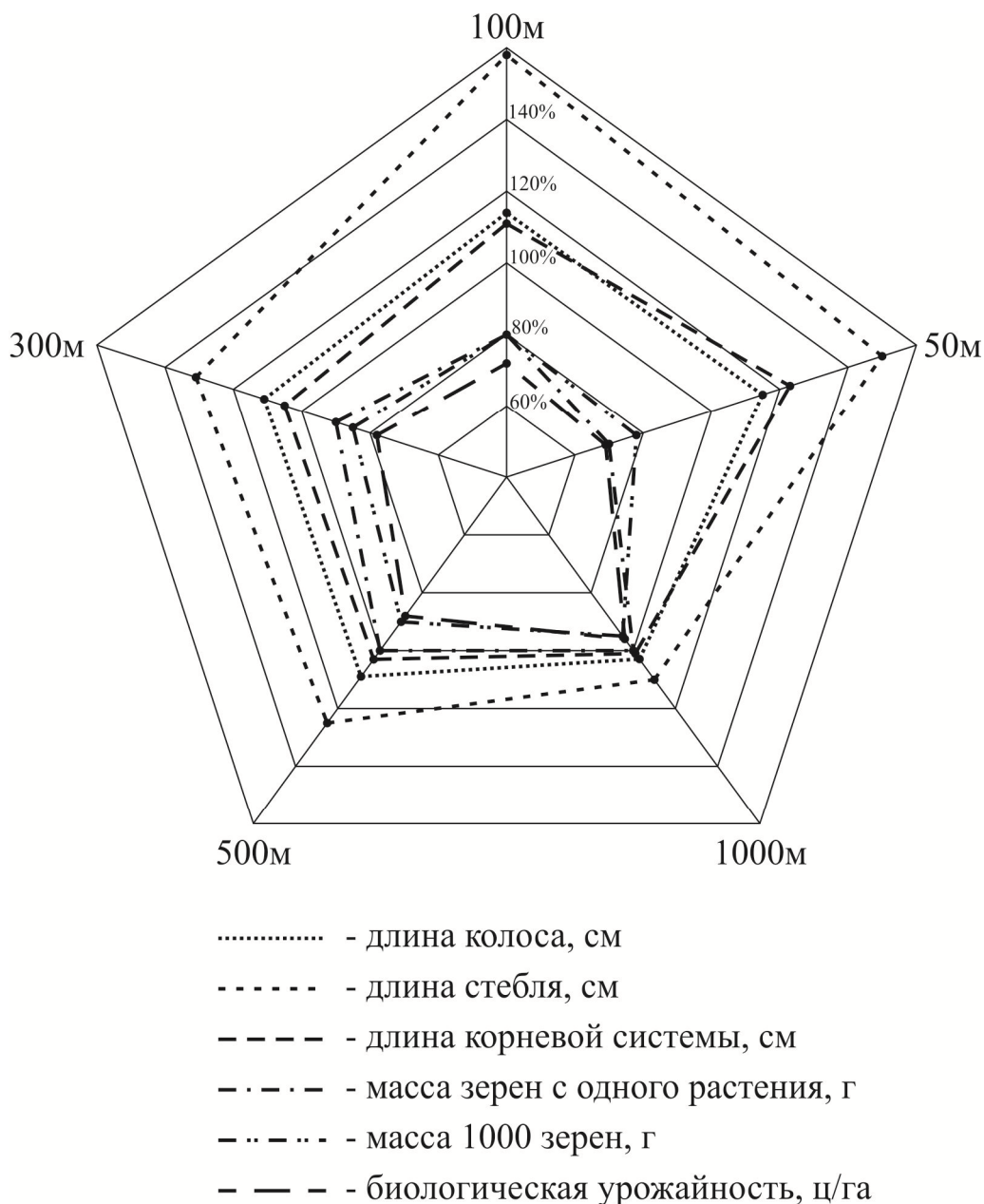


Рис. 3.12. Показатели онтогенеза озимой пшеницы относительно контрольной пробной площадки с увеличением расстояния от источника выброса

Как видно из рис. 3.12, линейные размеры пшеницы, расположенные на пробных площадках до 1000 м, превосходят показатели пшеницы отобранной с контрольной пробной площадке. Массовые показатели и биологическая урожайность, наоборот, с приближением к источнику выброса уменьшаются.

Результаты исследования линейных размеров, массовых показателей и биологической урожайности относительно пшеницы расположенной на контрольной пробной площадке представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты измерения показателей онтогенеза озимой пшеницы, произрастающих на разном удалении от источника выброса

Показатель	Расстояние от источника выброса, м					
	50	100	300	500	1000	10000
Длина колоса, см	7,5 (+15)	7,4 (+14)	7,2 (+11)	7,1 (+9)	6,7 (+3)	6,5
Длина стебля, см	84,4 (+50)	88,7 (+58)	73,7 (+31)	70,5 (+25)	62,0 (+10)	56,3
Длина корневой системы, см	12,7 (+23)	11,4 (+11)	10,8 (+5)	10,6 (+3)	10,4 (+1)	10,3
Масса зерен с одного растения, г	0,7 (-30)	0,8 (-20)	0,9 (-10)	1,0	1,0	1,0
Масса 1000 зерен, г	34,8 (-22)	35,9 (-20)	37,8 (-15)	40,1 (-10)	42,4 (-5)	44,6
Биологическая урожайность, ц/га	49,3 (-31)	51,2 (-28)	55,4 (-22)	62,4 (-12)	68,0 (-4)	71,2

Примечание: в круглых скобках приводится расхождение результатов относительно эталона в процентах.

Общую картину уменьшения линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению длин колоса, стебля и корневой системы (рис. 3.13). Выполненный анализ значений величин линейных размеров пшеницы, позволил установить, что экологически опасные вещества, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на линейные размеры онтогенеза озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при приближении к источнику выброса.

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса L .

Для линейных размеров озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирические зависимости имеют вид:

– длина колоса

$$l_{кол} = 7,5 \cdot e^{-0,0001L}, \text{ см, при } R^2 = 0,988, \quad (3.50)$$

где L – расстояние от источника выброса, м;

R^2 – достоверность аппроксимации;

– длина стебля

$$l_{см} = 86,42 \cdot e^{-0,0004L}, \text{ см, при } R^2 = 0,912; \quad (3.51)$$

– длина корневой системы

$$l_{кc} = 11,88 \cdot e^{-0,0002L}, \text{ см, при } R^2 = 0,903. \quad (3.52)$$



● Длина колоса; ■ Длина стебля; ◆ Длина корневой системы;

Рис. 3.13. Характер изменения линейных размеров озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса

Таким образом, линейные размеры озимой пшеницы с увеличением расстояния от всех источников загрязнения изменяется по экспоненциальной зависимости.

При выполнении дальнейших исследований общую картину увеличения весовых показателей озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению массы зерен с одного растения и массы 1000 зерен (рис. 3.14, а и б). Выполненный анализ значений величин весовых показателей пшеницы, позволил установить, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на весовые показатели онтогенеза озимой пшеницы, и способствуют их увеличению при удалении от источника выброса.

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей весовых показателей озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса L .

Для весовых показателей озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирические зависимости имеют вид:

– масса зерен с одного растения

$$M_3 = 0,77 \cdot e^{0,0003 \cdot L}, \text{ г,} \quad \text{при } R^2 = 0,905; \quad (3.53)$$

– масса 1000 зерен

$$M_{1000} = 35,2 \cdot e^{0,0002 \cdot L}, \text{ г,} \quad \text{при } R^2 = 0,941. \quad (3.54)$$

Таким образом, весовые показатели озимой пшеницы с увеличением расстояния от всех источников выброса изменяется по экспоненциальной зависимости.

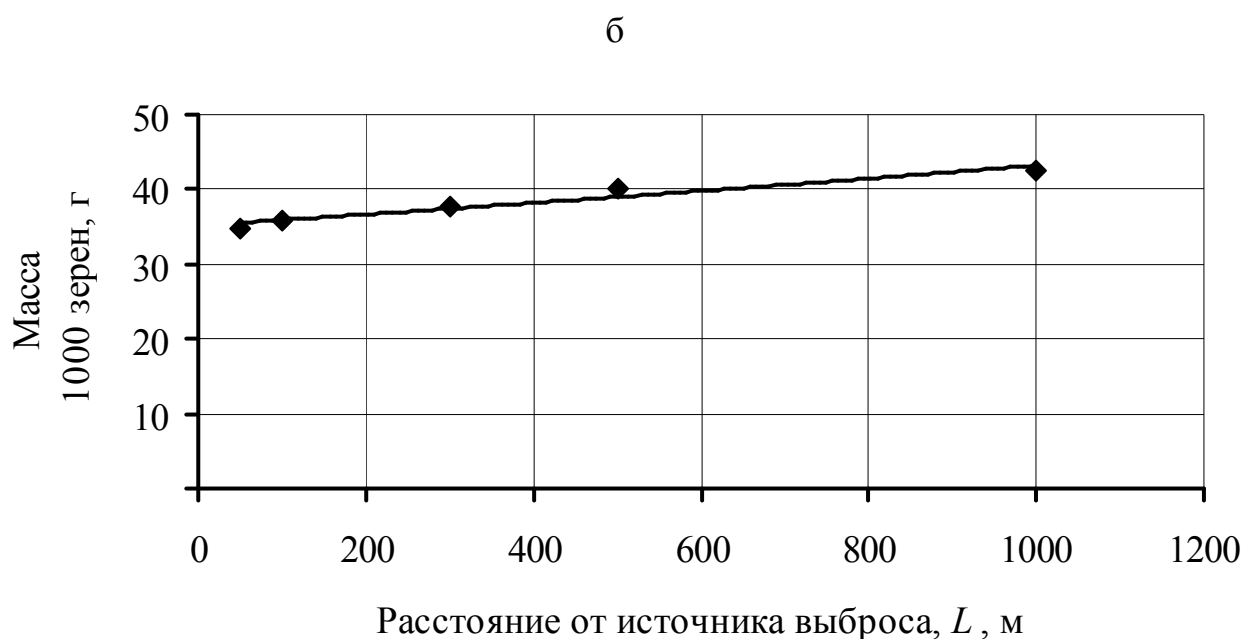
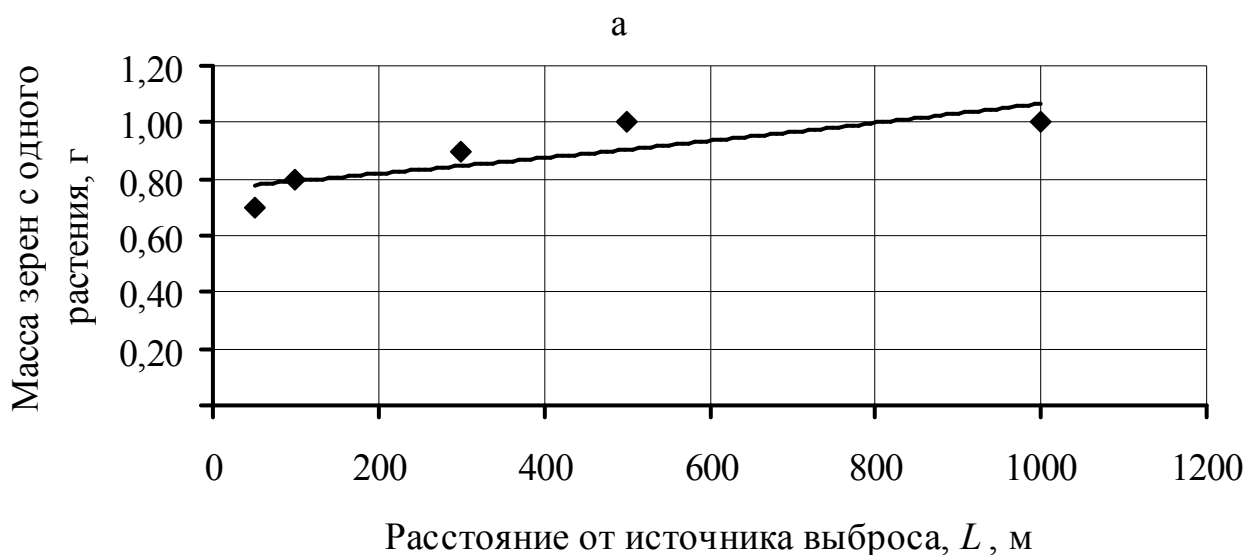


Рис. 3.14. Характер изменения массы зерен с одного растения (а) и массы 1000 зерен (б) с увеличением расстояния от источника выброса

Картину увеличения урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса можно наблюдать по изменению биологической урожайности (рис. 3.15). Выполненный анализ значений величин биологической урожайности пшеницы, позволил установить, что вредные газы, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на урожайность озимой пшеницы, которое снижается по мере удаления от источника выброса.

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирическое уравнение зависимости биологической урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса L .

Для биологической урожайности озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирическая зависимость имеет вид:

$$V_{\text{биол}} = 49,8 \cdot e^{0,0003L}, \text{ ц/га, при } R^2 = 0,944. \quad (3.55)$$

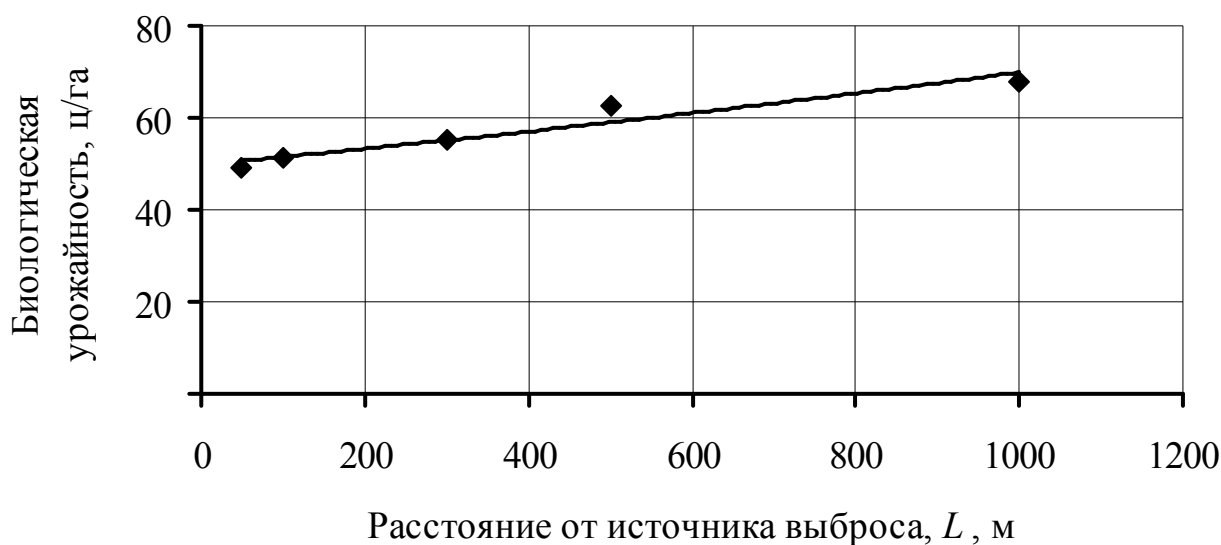


Рис. 3.15. Характер изменения биологической урожайности озимой пшеницы с увеличением расстояния от источника выброса

Таким образом, биологическая урожайность озимой пшеницы с увеличением расстояния от всех источников загрязнения изменяется по экспоненциальной зависимости.

Дальнейшие исследования биологических признаков озимой пшеницы позволили установить корреляционную зависимость изменения биологической урожайности от величины приземной концентрации суммарного воздействия, представленной на рис. 3.16.

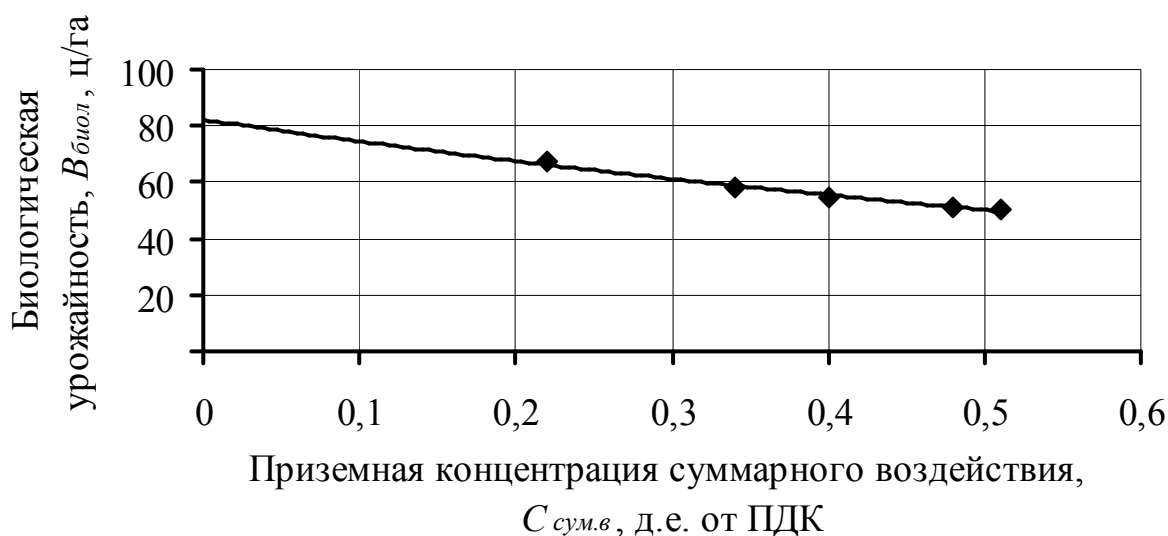


Рис. 3.16. График зависимости изменения биологической урожайности от величины приземной концентрации суммарного воздействия

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получено эмпирическое уравнение зависимости биологической урожайности от величины приземной концентрации суммарного воздействия, которая имеет вид:

$$V_{\text{биол}} = 82,21 \cdot e^{-0,986 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \text{ ц/га, при } R^2 = 0,981. \quad (3.56)$$

Выполненный анализ значений биологической урожайности озимой пшеницы от величины приземной концентрации суммарного воздействия позволил установить экспоненциальную зависимость, представленную на рис. 3.16. При отсутствии выбросов, что соответствует величине приземной концентрации суммарного воздействия равной нулю, биологическая урожайность достигает максимального значения равного 82 ц/га. При увеличении приземной концентрации суммарного воздействия до 0,5 д.е. от ПДК, что соответствует расстоянию до 150 м от источника выброса, можно ожидать снижения биологической урожайности до 50 ц/га, что соответствует 40% потерям. При достижении приземной концентрации суммарного воздействия величине ПДК приводит к падению урожайности до 60% или в 1,4 раза, что составляет порядка 30 ц/га. Учет полученной закономерности позволит дать прогноз биологической урожайности озимой пшеницы с изменением величины приземной концентрации суммарного воздействия экологически опасных веществ.

3.5. Установление влияния техногенеза на озимую пшеницу в первом поколении

В соответствии с первым этапом определения последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы с целью профилактики отобранные сухие семена протравливали в 1% растворе марганцовокислого калия в течение 30 минут. Далее зерна промывали дистиллированной водой, используя два слоя марли, после чего обсушивали их на воздухе на фильтровальной бумаге. Затем отбирали зерна одного размера, пораженные и поврежденные отбраковывались. Для проведения эксперимента необходимо произвести дехлорацию воды. Поэтому воду доводили до кипения и производили отстаивание в течение нескольких суток.

Согласно второго этапа проведение эксперимента заключалось в проращивании зерен озимой пшеницы. Для этого на фильтровальную бумагу, разложенную в лабораторной посуде, размещали 100 подготовленных зерен. Проращивание зерен озимой пшеницы осуществляли в течение 72 часов с поддержанием постоянной температуры окружающей среды равной 25°C, при этом через каждые 12 часов определяли количество проросших семян с целью оценки их всхожести.

По истечении 3 суток определяли среднюю длину, сырую и сухую массы корней проростков зерен отобранных на пробных площадках на расстоянии 50, 100, 300, 500 и 1000 м, которые затем сравнивали с показателями зерен контрольной площадки (10000 м) для нахождения статистически достоверного

отличия. Фотоснимки зерен озимой пшеницы отобранных с пробных площадок, на разном расстоянии от источника загрязнения представлено на рис. 3.17.

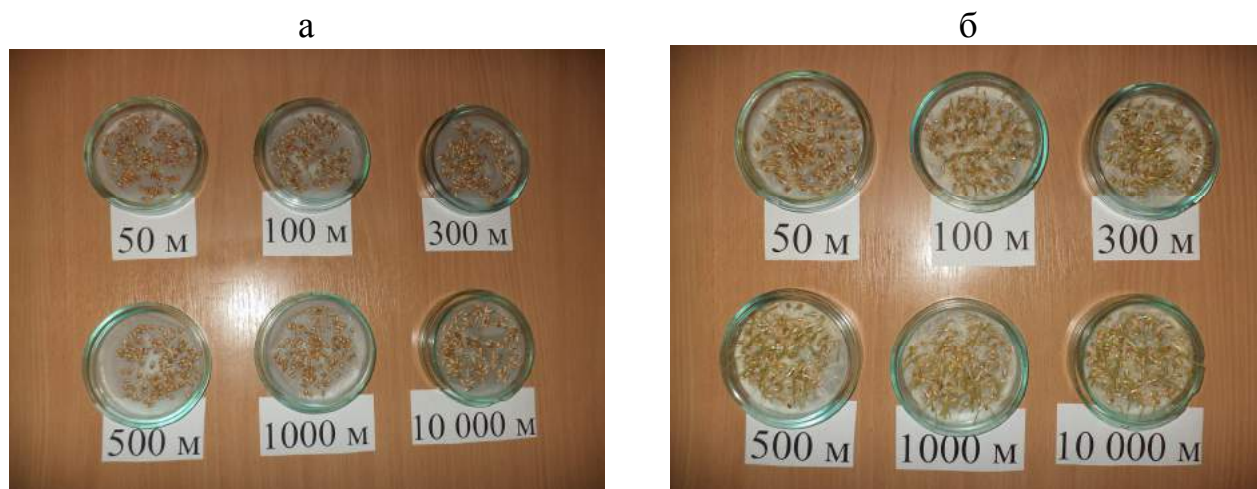


Рис. 3.17. Фотоснимки зерен озимой пшеницы до начала эксперимента (а) и по истечению 72 часов (б)

В соответствии с третьим этапом влияния техногенеза на культуры агрофитоценоза в первом поколении, обработку результатов производили на основе методики изложенной в разделе 2.2.5. Полученные результаты исследования последствий техногенеза в первом поколении озимой пшеницы представлено в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Результаты исследования последствий техногенеза
в первом поколении озимой пшеницы

Наименование показателя	Расстояние от источника выброса, м					
	50	100	300	500	1000	10000
Количество проросших зерен, шт.	97	96	99	98	100	100
Средняя длина проростков, мм	19	21	22	23	27	27
ФЭ по длине проростков, %	29,73	22,34	18,64	14,94	0,15	0
Средняя длина корневой системы, мм	30	36	38	40	47	47
ФЭ по длине корневой системы, %	36,47	23,76	19,53	15,29	0,47	0
Средняя сырая масса, г	2	3	3	3	4	5
ФЭ по сырой массе, %	60	40	40	40	20	0
Средняя сухая масса, г	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
ФЭ по сухой массе, %	37,5	25	25	25	12,5	0

Полученные результаты исследования влияния техногенеза на озимую пшеницу в первом поколении, с увеличением расстояния от источника выброса, представлено в виде гистограмм на рис. 3.18.

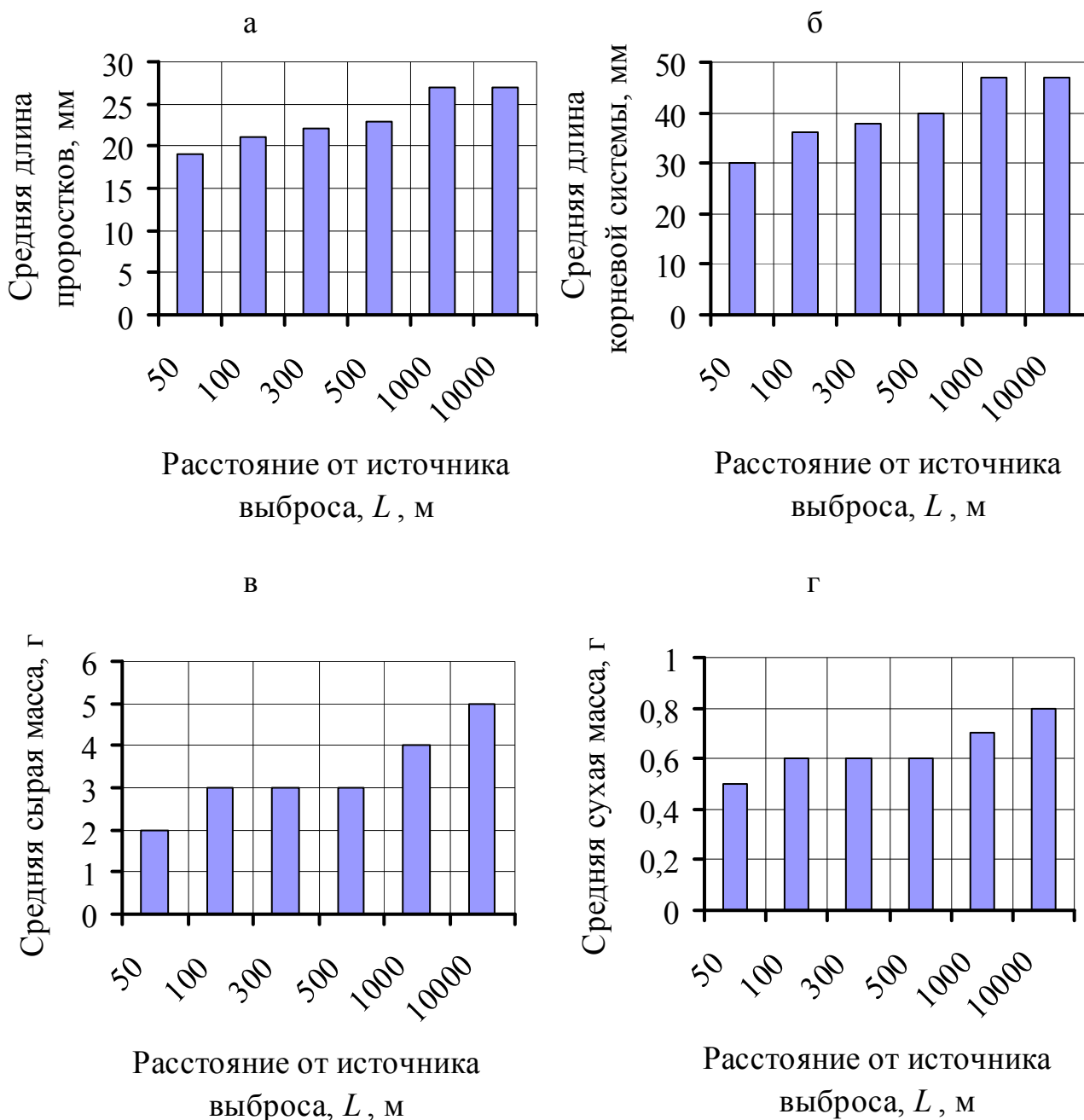


Рис. 3.18. Гистограммы результатов исследования, влияния техногенеза на озимую пшеницу в первом поколении, с увеличением расстояния от источника выброса: средняя длина проростков (а), средняя длина корневой системы (б), средняя сырая масса корней проростков зерен (в), средняя сухая масса корней проростков зерен (г)

В качестве примера можно рассмотреть изменение средней высоты проростков зерен озимой пшеницы в первом поколении, от источника выброса (рис. 3.18, а). На расстоянии 50 м длина проростка составляет 19 мм, это говорит о том, что на этом расстоянии от источника выброса происходит ингибирующее воздействие экологически опасных веществ на культуры агрофитоценоза. С увеличением расстояния до 100 м, средняя длина проростков увеличивается до 21 мм. Далее на расстоянии 300, 500 и 1000 м от источника выброса средняя длина

проростков составляет 22, 23 и 27 мм соответственно. На контрольной точке, которая равна расстоянию 10000 м от источника выброса, средняя длина проростков равна 27 мм.

Далее, в качестве примера, можно рассмотреть изменение средней длины корневой системы проросших зерен озимой пшеницы от источника выброса (рис. 3.18, б). На расстоянии 50 м средняя длина корневой системы составляет 30 мм, что является минимальным значением. Можно сделать вывод, что на расстоянии 50 м от источника выброса происходит ингибирующее воздействие экологически опасных веществ на культуры агрофитоценоза. С увеличением расстояния до 100 м, средняя длина корневой системы составляет 36 мм. На расстоянии 300 и 500 м от источника выброса средняя длина корневой системы составляет 38 и 40 мм. Далее на расстоянии 1000 м и в контрольной точке равной расстоянию 10000 м от источника выброса, средняя длина корневой системы составляет 47 мм.

В качестве примера можно рассмотреть изменение средней сырой массы, от источника выброса (рис. 3.18, в). На расстоянии 50 м средняя сырая масса составляет 2 г, это говорит о том, что на этом расстоянии от источника выброса происходит ингибирующее воздействие экологически опасных веществ на озимую пшеницу в первом поколении. С увеличением расстояния до 100 м, средняя сырая масса увеличивается до 3 г. Далее на расстоянии 300, 500 и 1000 м от источника выброса средняя сырая масса составляет 3, 3 и 4 г соответственно. На контрольной точке, равной расстоянию 10000 м от источника выброса, средняя сырая масса равна 5 г.

Далее в качестве примера можно рассмотреть изменение средней сухой массы, от источника выброса (рис. 3.18, г). На расстоянии 50 м средняя масса составляет 0,5 г, что является минимальным значением. Можно сделать вывод, что на расстоянии 50 м от источника выброса происходит ингибирующее воздействие экологически опасных веществ на культуры агрофитоценоза. На расстоянии 100, 300 и 500 м, средняя масса составляет 0,6 г. С увеличением расстояния до 1000 м от источника выброса, средняя масса составляет 0,7 г. В контрольной точке на расстоянии 10000 м от источника выброса, средняя масса равна 0,8 г.

Выполненный анализ значений величин биологических признаков проросших зерен пшеницы, позволил установить, что экологически опасные вещества, исходящие из вентиляционных стволов, оказывают существенное влияние на культуры агрофитоценоза в первом поколении, и способствует увеличению техногенеза при приближении к источнику выброса. При проведении дальнейших исследований для выявления закономерностей изменения степени угнетения ростовых процессов по отношению к контролю по массе и длине ростков зерен озимой пшеницы, позволило установить зависимости фитотоксического эффекта с увеличением расстояния от источника выброса (рис. 3.19).

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей фитотоксического эффекта с увеличением расстояния от источника выброса L .

Фитотоксический эффект озимой пшеницы, произрастающей на разном расстоянии от источника выброса, эмпирические зависимости имеют вид:

- по длине проростков

$$\Phi\mathcal{E}_g = 62,76 \cdot e^{-0,0054 \cdot L}, \%, \text{ при } R^2 = 0,916; \quad (3.57)$$

- по длине корневой системы

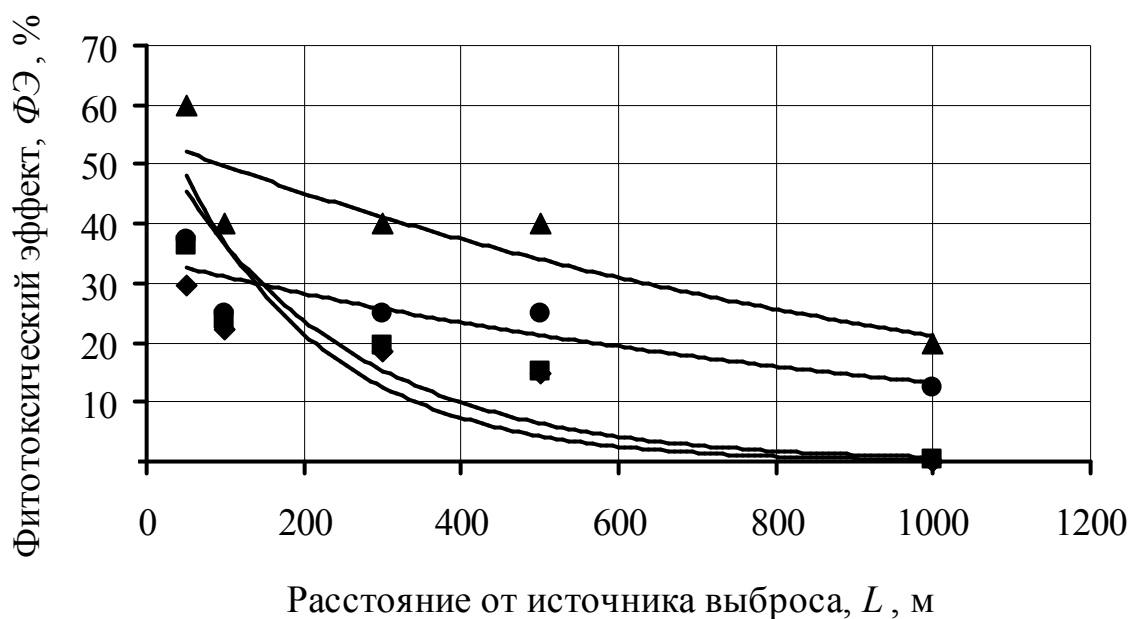
$$\Phi\mathcal{E}_k = 56,52 \cdot e^{-0,0043 \cdot L}, \%, \text{ при } R^2 = 0,95; \quad (3.58)$$

- по сырой массе

$$\Phi\mathcal{E}_{\text{сыр.м}} = 54,64 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \%, \text{ при } R^2 = 0,906; \quad (3.59)$$

- по сухой массе

$$\Phi\mathcal{E}_{\text{сух.м}} = 34,15 \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \%, \text{ при } R^2 = 0,905. \quad (3.60)$$



◆ По длине проростков;

■ По длине корневой системы;

▲ По сырой массе;

● По сухой массе;

Рис. 3.19. Характер изменения фитотоксического эффекта с увеличением расстояния от источника выброса

Результаты исследования техногенного влияния на процессы онтогенеза озимой пшеницы хорошо сопоставимы с результатами исследования последствий техногенеза в первом поколении культур агрофитоценоза и характеризуются удовлетворительной сходимостью, соответствующей 92%.

Дальнейшие исследования влияния техногенеза на культуры агрофитоценоза в первом поколении озимой пшеницы позволили установить корреляционные зависимости изменения фитотоксического эффекта от величины приземной концентрации суммарного воздействия, представленные на рис. 3.20.

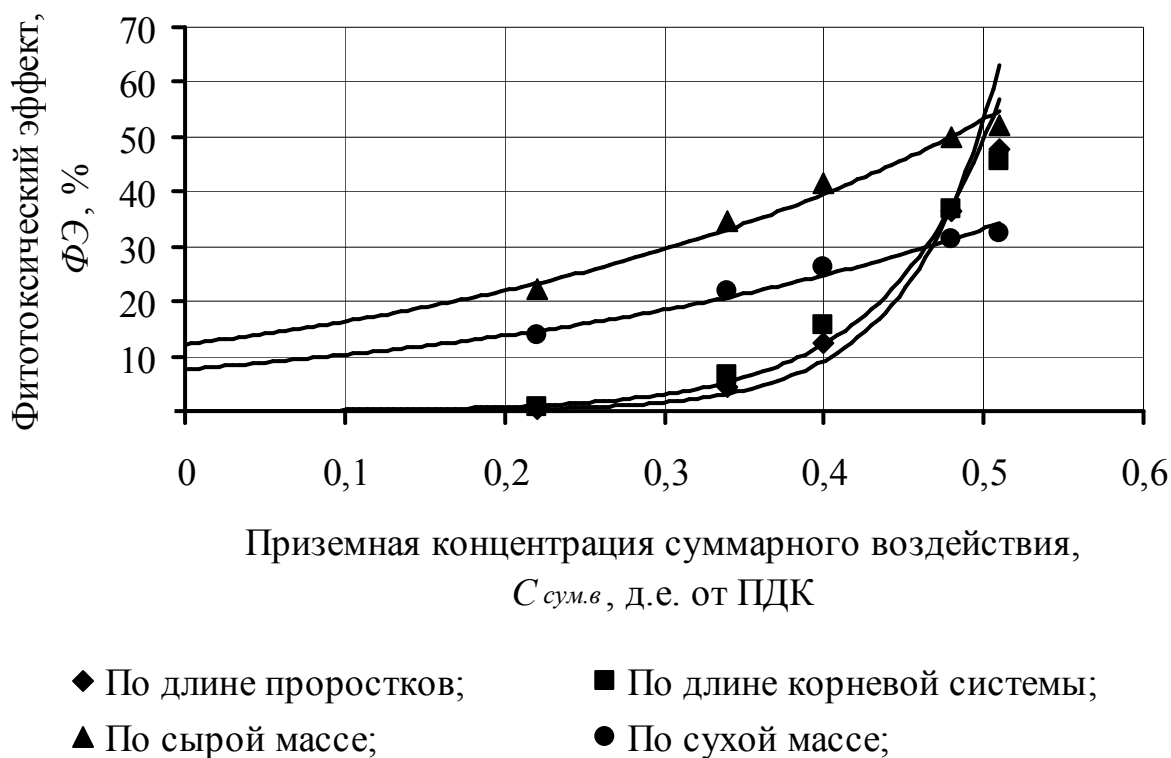


Рис. 3.20. График зависимости изменения фитотоксического эффекта от величины приземной концентрации суммарного воздействия

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимости фитотоксического эффекта от величины приземной концентрации суммарного воздействия, которые имеют вид:

- по длине проростков

$$\Phi Э_p = 0,008 \cdot e^{17,53 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \%, \text{ при } R^2 = 0,982; \quad (3.61)$$

- по длине корневой системы

$$\Phi Э_k = 0,046 \cdot e^{13,96 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \%, \text{ при } R^2 = 0,981; \quad (3.62)$$

- по сырой массе

$$\Phi Э_{\text{сыр.м}} = 12,16 \cdot e^{2,95 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \%, \text{ при } R^2 = 0,98; \quad (3.63)$$

- по сухой массе

$$\Phi Э_{\text{сух.м}} = 7,64 \cdot e^{2,94 \cdot C_{\text{сум.в}}}, \%, \text{ при } R^2 = 0,979. \quad (3.64)$$

Из рис. 3.20 видно, что фитотоксический эффект в зависимости от величины приземной концентрации суммарного воздействия изменяется по экспоненциальному закону. При величине приземной концентрации суммарного воздействия равной нулю, фитотоксический эффект составил: по длине проростков – 0,008%, по длине корневой системы – 0,046%, по сырой массе – 12,16% и по сухой массе – 7,64%. Это говорит о том, что в период вегетативного развития озимая пшеница подвергалась воздействию

метеорологических и технологических факторов окружающей среды, что отразилось на биологических признаках в первом поколении. С увеличением расстояния от источника выброса до 150 м, что соответствует приземной концентрации суммарного воздействия 0,4 – 0,5 д.е. от ПДК, приводит к увеличению фитотоксического эффекта до 12 – 50%. Учет этой закономерности позволит прогнозировать фитотоксический эффект по изменению величины приземной концентрации суммарного воздействия.

3.6. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха на основе сопоставления результатов его комплексного тестирования

По результатам исследования 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. Влиянию экологически опасных веществ подвергаются высшие растения и культуры агрофитоценоза как в СЗЗ, так и за ее пределами. Полученные результаты физико-химического анализа позволили установить, что концентрации экологически опасных веществ, поступающих в атмосферу, изменяются в зависимости от удельного годового расхода ВВ при буровзрывных работах в шахте, а также с увеличением расстояния от источников выброса. Анализ результатов исследования биологической оценки, изменения биологических признаков и биотестирования позволили установить, что на величину *УПП*, биологическую урожайность озимой пшеницы и фитотоксический эффект, существенно влияет суммарная приземная концентрация экологически опасных веществ.

Для экономии времени и повышения мобильности проведения экологической оценки, проведенные исследования обуславливают необходимость в разработке алгоритма расчета экологической опасности. Анализ результатов исследования экологического состояния атмосферного воздуха, позволил предложить методику расчета его параметров в пределах промышленной площадки и на территориях, прилегающих к шахте, в следующей последовательности:

1) концентрация экологически опасных веществ исходящих из вентиляционного ствола шахты:

– окись углерода

$$C_{CO} = 112,43 \cdot q - 36,45, \text{ мг/м}^3; \quad (3.65)$$

– оксиды азота

$$C_{NO_x} = 4,32 \cdot q - 0,92, \text{ мг/м}^3; \quad (3.66)$$

– диоксид серы

$$C_{SO_2} = 4,24 \cdot q + 0,46, \text{ мг/м}^3, \quad (3.67)$$

2) приземная концентрация суммарного воздействия экологически опасных веществ

$$C_{\text{сум.в}} = 1,06 \cdot q^{1,74} \cdot e^{-0,0009 \cdot L}, \text{ д.е. от ПДК}, \quad (3.68)$$

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

3) УПП индикаторов

$$УПП = \frac{0,205}{q^{0,53} \cdot e^{0,0003 \cdot L}} + 0,265 \cdot C_{\text{сум.в}} + 0,125, \text{ д.е.}; \quad (3.69)$$

4) урожайность озимой пшеницы

$$B_{\text{биол}} = 24,9 \cdot e^{0,0003 \cdot L} + \frac{41,105}{e^{0,986 \cdot C_{\text{сум.в}}}}, \text{ ц/га}; \quad (3.70)$$

5) фитотоксический эффект

– по длине проростков

$$\Phi \mathcal{E}_{\text{г}} = 0,004 \cdot e^{17,53 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{31,38}{e^{0,0054 \cdot L}}, \text{ } \%; \quad (3.71)$$

– по длине корневой системы

$$\Phi \mathcal{E}_{\text{к}} = 0,023 \cdot e^{13,96 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{28,26}{e^{0,0043 \cdot L}}, \text{ } \%; \quad (3.72)$$

– по сырой массе

$$\Phi \mathcal{E}_{\text{сыр.м}} = 6,08 \cdot e^{2,95 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{27,32}{e^{0,0009 \cdot L}}, \text{ } \%; \quad (3.73)$$

– по сухой массе

$$\Phi \mathcal{E}_{\text{сух.м}} = 3,82 \cdot e^{2,94 \cdot C_{\text{сум.в}}} + \frac{17,08}{e^{0,0009 \cdot L}}, \text{ } \%. \quad (3.74)$$

Результаты многолетних исследований экологического состояния атмосферного воздуха промышленной площадки, и территорий, прилегающих к шахте, с помощью физико-химического анализа и биологической оценки, позволили составить таблицу, позволяющую дать экологическую оценку состояния атмосферного воздуха вокруг источника выброса. Необходимые данные по определению экологической оценки состояния атмосферного воздуха вокруг вентиляционного ствола шахты представлено в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха
вокруг источника выброса

Приземная концентрация суммарного воздействия, $C_{\text{сум.в}}$, д.е. от ПДК	Условный показатель повреждаемости, УПП, д.е.	Биологическая урожайность, $B_{\text{биол}}$, ц/га	Уровень повреждаемости индикаторов	Состояние атмосферного воздуха
$\leq 0,095$	0 – 0,150	$\geq 74,9$	низкий	благоприятное
	0,151 – 0,300		ниже среднего	настораживающее
0,096 – 0,378	0,301 – 0,450	74,8 – 56,7	средний	конфликтное
0,379 – 0,661	0,451 – 0,600	56,6 – 42,9	выше среднего	угрожающее
0,662 – 0,944	0,601 – 0,750	42,8 – 32,4	высокий	критическое
0,945 – 1,415	0,751 – 1,000	$\leq 32,3$	максимальный	опасное

Как видно из табл. 3.8, по величине приземной концентрации суммарного воздействия, УПП и биологической урожайности озимой пшеницы, полученных по формулам (3.65) - (3.74), определяется уровень повреждаемости индикаторов и состояние атмосферного воздуха в пределах промышленной площадки и территории прилегающей к источнику выброса (вентиляционного ствола) шахты.

Выводы

1. Концентрация экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания зависят от годового удельного расхода ВВ и изменяются по линейному закону. Полученные эмпирические формулы, определяющие концентрацию окиси углерода, оксидов азота и диоксида серы в исходящей струе рудничного воздуха, зависят от производительности вентилятора, скорости движения струи воздуха в канале вентилятора и годового удельного расхода ВВ.

2. На приземную концентрацию экологически опасных веществ влияет удельный расход ВВ и расстояние от источника выброса. Приземная концентрация суммирующего воздействия экологически опасных веществ с увеличением расстояния от каждого вентиляционного ствола шахты и удельного расхода ВВ изменяется по экспоненциальной зависимости.

3. На биоиндикаторы, произрастающие вблизи источников выброса, экологически опасные вещества оказывают ингибирующее действие. УПП биоиндикаторов уменьшается по экспоненциальному закону с увеличением расстояния до источника выброса. Получена эмпирическая формула, определяющая УПП с учетом удельного расхода ВВ и расстояния от источника выброса.

4. Линейные размеры озимой пшеницы вблизи источника выброса увеличиваются, а с удалением от него уменьшаются. Весовые показатели, наоборот, вблизи – уменьшаются, а с увеличением расстояния – увеличиваются. Биологические признаки озимой пшеницы зависят от расстояния до источника выброса и изменяются по экспоненциальному закону.

5. Экологически опасные вещества, исходящие из источника выброса оказывают существенное влияние на культуры агрофитоценоза в первом поколении, и способствует увеличению техногенеза при приближении к нему. Фитотоксический эффект в условиях техногенеза для первого поколения озимой пшеницы, зависит от расстояния до источника выброса и изменяется по экспоненциальному закону.

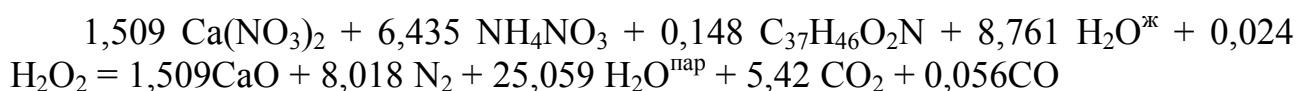
4. РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, КАК СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Разработка и обоснование технологических решений по снижению количества экологически опасных веществ в рудничной атмосфере

Анализ результатов исследования атмосферного воздуха вблизи вентиляционных стволов с помощью физико-химического анализа и биологической оценки позволили установить, что рудничный воздух, исходящий из этих стволов, насыщенный токсичными газами, образующихся в результате ведения подземных горных работ, а в частности взрывных работ, оказывает существенное влияние на окружающую флору. В результате выполненных исследований установлено, что приземная концентрация суммарного воздействия изменяется по экспоненциальной зависимости от источников выброса. Далее в результате биологической оценки также установлено, что исходящий воздух из вентиляционных стволов негативно влияет на развитие и произрастание, как высших растений, так и зерновых культур. С увеличением расстояния от источников выброса влияние рудничного воздуха на флору уменьшается. Проведенные исследования обуславливают необходимость в применении современных экологически чистых эмульсионных ВВ и разработке безопасной технологии ведения взрывных работ как по проведению горных выработок так и при производстве очистных работ.

Добыча железных руд подземным способом, в подавляющем большинстве, связана с ведением взрывных работ, которые во многом определяют эффективность эксплуатации месторождения. Анализ производственной ситуации по ведению подземных горных работ показал, что ежегодно на ЧАО «ЗЖРК» расходуется 2700 – 3100 тыс. кг ВВ. Учитывая высокую стоимость промышленных тротилосодержащих ВВ (аммонит № 6 ЖВ, граммонит 79/21, граммонит А), их опасность при транспортировании, особенно в больших объемах и перспективы развития горнодобывающих предприятий, целесообразно применение ВВ, изготавливаемых непосредственно на местах ведения взрывных работ. Это связано не только с безопасностью ведения взрывных работ, но и с меньшими объемами выделения продуктов взрывания [99-102].

В качестве примера рассмотрим химическое разложение эмульсионного ВВ отечественного производства типа украинит-ПМ-2Б



При взрыве 1 кг эмульсионного ВВ типа украинит-ПМ-2Б в облаке образовывается 0,056 моль СО или 0,056 моль 22,4 л/моль = 1,25 л окиси углерода. Выделение оксидов азота термодинамически маловероятно. Кроме

того, наличие в продуктах взрыва оксида кальция (СаО) обеспечивает поглощение окислов азота, которые могут образовываться при нарушении стехиометрического соотношения компонентов или неполного протекания реакции взрывного превращения зарядов.

Исходя из рецептурного состава и соотношения компонентов, можно утверждать, что в продуктах взрыва украинит-ПМ-2Б не содержатся токсичных оксидов азота. Выделение угарного газа СО в количестве до 1,25 л на 1 кг эмульсионного ВВ в 2 раза меньше, чем при применении тротилосодержащих ВВ. Из практики ведения взрывных работ и анализа научно-технических данных известно, что качественный и количественный состав вредных газов и твердых продуктов реакции взрывчатого превращения заряда зависит как от типа ВВ, так и от условий взрывания (химического состава ВВ, физико-механических свойств массива горных пород, технологии ведения взрывных работ). Известно, что при взрыве 1 кг гранулола в атмосферу выделяется от 250 до 300 л условного оксида углерода, граммонита 79/21, акватол ГЛТ-20 – 84 – 150 л [103]. Несмотря на то, что рецептурный состав в этих ВВ сбалансированный на нулевой кислородный баланс, фактически они являются источниками выделения больших объемов оксидов углерода и азота.

Исходя из условий залегания и геометрических параметров Южно-Белозерского месторождения институтом НИГРИ Государственного ВУЗ «КНУ» в 2001 году для этажей 640 – 940 м ЧАО «ЗЖРК» была разработана этажно-камерная система разработки с расположением камер вкрест простирания залежи и последующей закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Опираясь на существующую технологию ведения очистных работ, принятой на комбинате, разработку запасов руды в этажах ниже горизонта 640 м осуществляют первичными и вторичными очистными камерами. Камеры висячего бока по простиранию представляет собой прямоугольно-ромбовидную форму, а вкрест простирания пород камеры имеет наклонное днище в сторону пород висячего бока. Камеры лежачего бока по простиранию имеют идентичную форму, как и камеры висячего бока, а вкрест простирания месторождения представляют собой форму в виде перевернутого прямоугольного треугольника.

В производственную стадию очистных работ по отработке запасов руды камер входят следующие комплексы рабочих процессов, такие как, подсечка, отрезка и непосредственно отбойка запасов камеры. Подсечка запасов камеры осуществляется разворотом воронок. Для разворота воронок из подсечного штрека бурят круговые восходящие веера скважин, которые заряжаются ВВ и взрывают на заранее пройденный отрезной восстающий. Отрезка запасов камер производится следующим образом. На каждом подэтажном горизонте по почве отрезного штрека бурят нисходящие параллельные пучки скважин в направлении бурового орта. Для образования вертикальной отрезной щели по всей высоте камеры, взрывают ряды пучков параллельных скважин на отрезной восстающий. Отбойка руды в камерах осуществляется следующим образом. Из подэтажных буровых ортов по всей длине камер бурят вертикальные восходящие веера глубоких скважин, которые располагаются параллельно

отрезной щели. Отделение и дробление руды производится путем взрывания вееров скважин на заранее образованную отрезную щель. Отбитую руду из камер выпускают и грузят в вагонетки на откаточном горизонте с помощью ВВДР-5ПС.

Проведя анализ технологии ведения очистных работ в камерах можно сделать следующий вывод, что технология отбойки руды при камерной системе разработки предусматривает использование значительных объемов тротилосодержащих ВВ. Поэтому для усовершенствования ведения очистных работ в камерах предлагается изменить технологические параметры ведения буровзрывных работ. А именно усовершенствовать существующую методику расчета параметров буровзрывных работ, адаптировав ее к применению эмульсионных ВВ, и изменить направление бурения скважин в веерах, которые позволят применять эмульсионные ВВ.

Для определения параметров буровзрывных работ в настоящее время используется методика изложенная в работе [104]. Расчет параметров очистных работ сводится к определению удельного расхода ВВ, линии наименьшего сопротивления зарядов и расстояния между забоями скважин в веере.

Удельный расход ВВ на отбойку при веерном расположении скважин

$$q = 0,1f \frac{\Delta q}{\Delta b}, \text{ кг/м}^3, \quad (4.1)$$

где f – коэффициент крепости руды по шкале проф. М.М. Протоdjяконова;

$\Delta q = \sqrt[3]{d/0,085}$ – коэффициент равномерности распределения ВВ в отбиваемом массиве;

Δb – коэффициент относительной мощности ВВ, который для аммонита № 6 ЖВ равный 1, для скального аммонита $\Delta b = 2,04 - 0,58 \cdot d$, для граммонита 79/21 $\Delta b = 0,71 + 0,16 \cdot d$;

d – диаметр скважины, м.

Величина линии наименьшего сопротивления зарядов при отбойке вертикальных слоев руды глубокими скважинами при веерном их расположении

$$W = 114 \cdot K \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\delta \cdot \Delta b}{f \cdot \Delta \cdot q \cdot m}} \text{ м}, \quad (4.2)$$

где K – поправочный коэффициент, зависящий от направления отбойки и крепости пород, который при отбойке вертикальных слоев руды $f > 10$ равный 1, при отбойке руд $f < 10 - 0,9$;

δ - плотность заряжания (количество ВВ в объеме скважины по длине заряда), т/м³;

Δ – плотность ВВ, т/м³;

m – коэффициент сближения зарядов, равный 0,8 – 1,2.

Расстояние между забоями скважин

$$a = m \cdot W, \text{ м}. \quad (4.3)$$

Представленная методика расчета параметров буровзрывных работ при производстве очистных работ предусматривает применение для отбойки руды

тротилосодержащих ВВ посредством взрывания скважинных зарядов. Поэтому для применения экологически чистых и безопасных эмульсионных ВВ необходимо усовершенствовать применяемую методику расчета. В промышленных условиях при различных диаметрах скважин по воронкообразованию при их взрывании был установлен коэффициент относительной мощности эмульсионного ВВ украинит-ПМ-2Б. На основании полученных данных установлена зависимость коэффициента относительной мощности ВВ от диаметра скважин (рис. 4.1). Выполненный анализ значений коэффициента относительной мощности ВВ, позволил установить, что с увеличением диаметра скважин этот коэффициент уменьшается и изменяется по линейному закону.

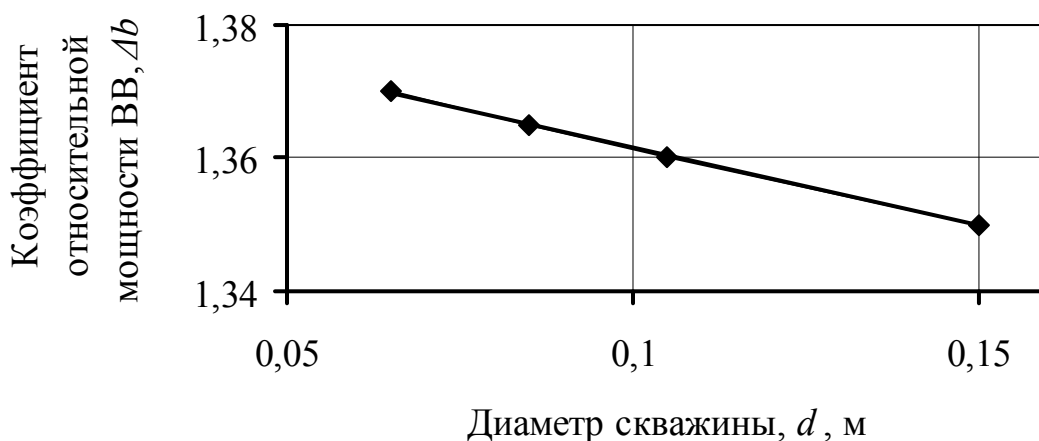


Рис. 4.1. График зависимости коэффициента относительной мощности ВВ типа украинит-ПМ-2Б от диаметра скважин

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel, получено эмпирическое уравнение зависимости коэффициента относительной мощности ВВ украинит-ПМ-2Б от диаметра скважин

$$\Delta b = 1,385 - 0,23 \cdot d, \text{ при } R^2 = 0,998, \quad (4.4)$$

где d – диаметр скважины, м.

Усовершенствование методики расчета параметров буровзрывных работ, способствовало разработке новой технологии ведения очистных работ в камерах при разработке рудных залежей мощностью более 25 м с углом падения 50 – 90°, которая защищена патентами на полезную модель и изобретение [105, 114]. В основу изобретения поставлена задача усовершенствования известной технологии добычи полезных ископаемых буровзрывным способом. В ней путем введения новых технологических операций и параметров достигается возможность использования эмульсионных ВВ при добыче полезных ископаемых подземным способом. Это способствует росту уровня общей безопасности при ведении взрывных работ и снижению загрязнения окружающей среды продуктами взрыва. За счет этого обеспечивается экологически чистая и экономически эффективная добыча полезных ископаемых, обеспечивающая ресурсосбережение и рациональное

использование недр. На рис. 4.2 представлена предлагаемая технология ведения очистных работ в камерах первой очереди отработки.

Предложенная технология реализуется при отработке залежей мощностью более 25 м следующим образом. Залежь в пределах этажа разрабатывают с помощью очистных камер первой 1 и второй 2 очереди отработки. Камеры подготавливают путем проведения откаточных штреков лежачего 3 и висячего 4 боков, и ортов 7.

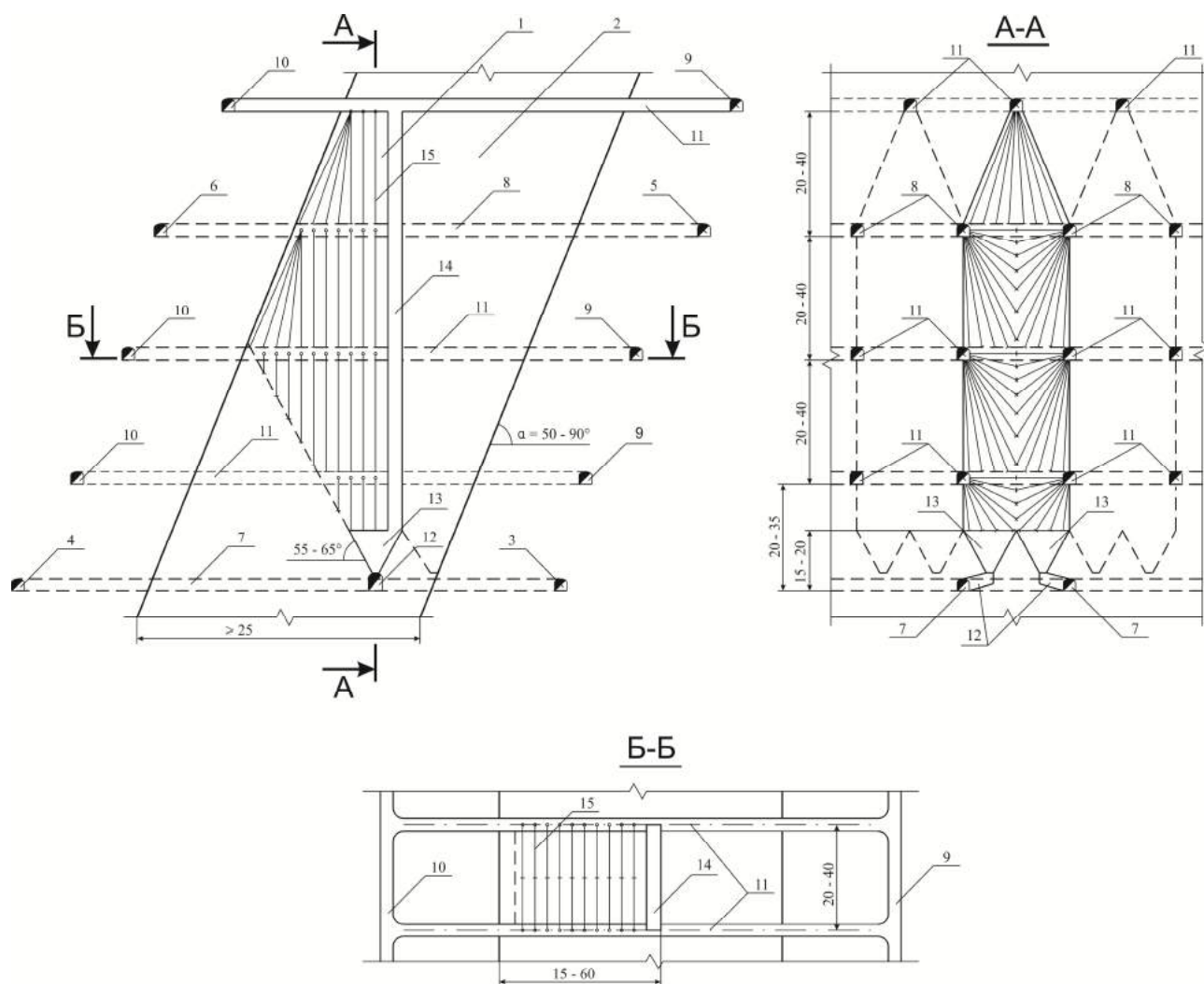


Рис. 4.2. Предлагаемая технологическая схема ведения очистных работ в первичных камерах с применением эмульсионных ВВ: 1 – камера первой очереди отработки; 2 – камера второй очереди отработки; 3 – откаточный штрек лежачего бока; 4 – откатный штрек висячего бока; 5 – вентиляционный штрек лежачего бока; 6 – вентиляционный штрек висячего бока; 7 – откатный орт; 8 – вентиляционно-буровой орт; 9 – подэтажный штрек лежачего бока; 10 – подэтажный штрек висячего бока; 11 – буровой орт; 12 – заезд под вибрационный питатель; 13 – приемная воронка; 14 – отрезная щель; 15 – веер нисходящих скважин

Вентиляционные штреки 5 и 6 и вентиляционно-буровой орт 8, были проведены ранее при отработке вышележащего этажа, где они служили как откаточные. Далее осуществляют проведение нарезных выработок – подэтажных штреков 9 и 10, и буровых ортов 11. Из откаточных ортов 7 проводят заезды под вибрационные питатели 12, для их последующего монтажа. После проведения всех подготовительных и нарезных выработок выполняют бурение эксплуатационных скважин, формирование подсечного пространства 13, отрезной щели 14. Перед заряданием из каждого бурового орта 11 и вентиляционно-бурового орта 8 выполняют разбуривание запасов руды каждой камеры веерами скважин 15 в направлении нижележащего подэтажа. После чего к зарядной машине и веерам доставляют отдельные компоненты эмульсионного ВВ, которые являются взрывобезопасными. В машине готовят смесь и непосредственно подают в скважины соответствующего веера 15, для формирования в них эмульсионного ВВ. При предлагаемой схеме возможно заполнение скважин в веере 15 эмульсионным ВВ до заданного уровня, с исключением потерь взрывчатки и возможностью управления процессом отбойки. Извлечение запасов руды осуществляют отбойку вееров 15 скважин в направлении отрезной щели 14, пока очистная камера 1 первой очереди отработки не наберет своих проектных контуров. Отбитая руда попадает в приемные воронки 13 и с помощью вибрационных установок грузится в транспортные средства, которые находятся в откатных ортах 7 и транспортируется по штрекам 3 или 4 и квершлагу к опрокидывателям, после которых по вертикальному стволу выдается на поверхность. Далее аналогичным образом разрабатывают камеры второй очереди отработки (рис. 4.3).

Дальнейшее развитие идеи способствовало разработке технологии ведения очистных работ в камерах при разработке рудных залежей мощностью 5 – 25 м с углом падения 50 – 90°, которая защищена патентами на полезную модель [115]. В основу полезной модели поставлена задача усовершенствования известного способа добычи руды буровзрывным методом, в котором путем введения новых технологических операций и параметров достигается возможность использования эмульсионных ВВ при добыче полезных ископаемых подземным способом при отработке залежей мощностью 5 – 25 м, способствующему увеличению уровня общей безопасности при ведении взрывных работ и снижению загрязнения окружающей среды продуктами взрыва и за счет этого обеспечение экологически чистой и экономически эффективной добычи руды и обеспечения ресурсосбережения и рационального использования недр.

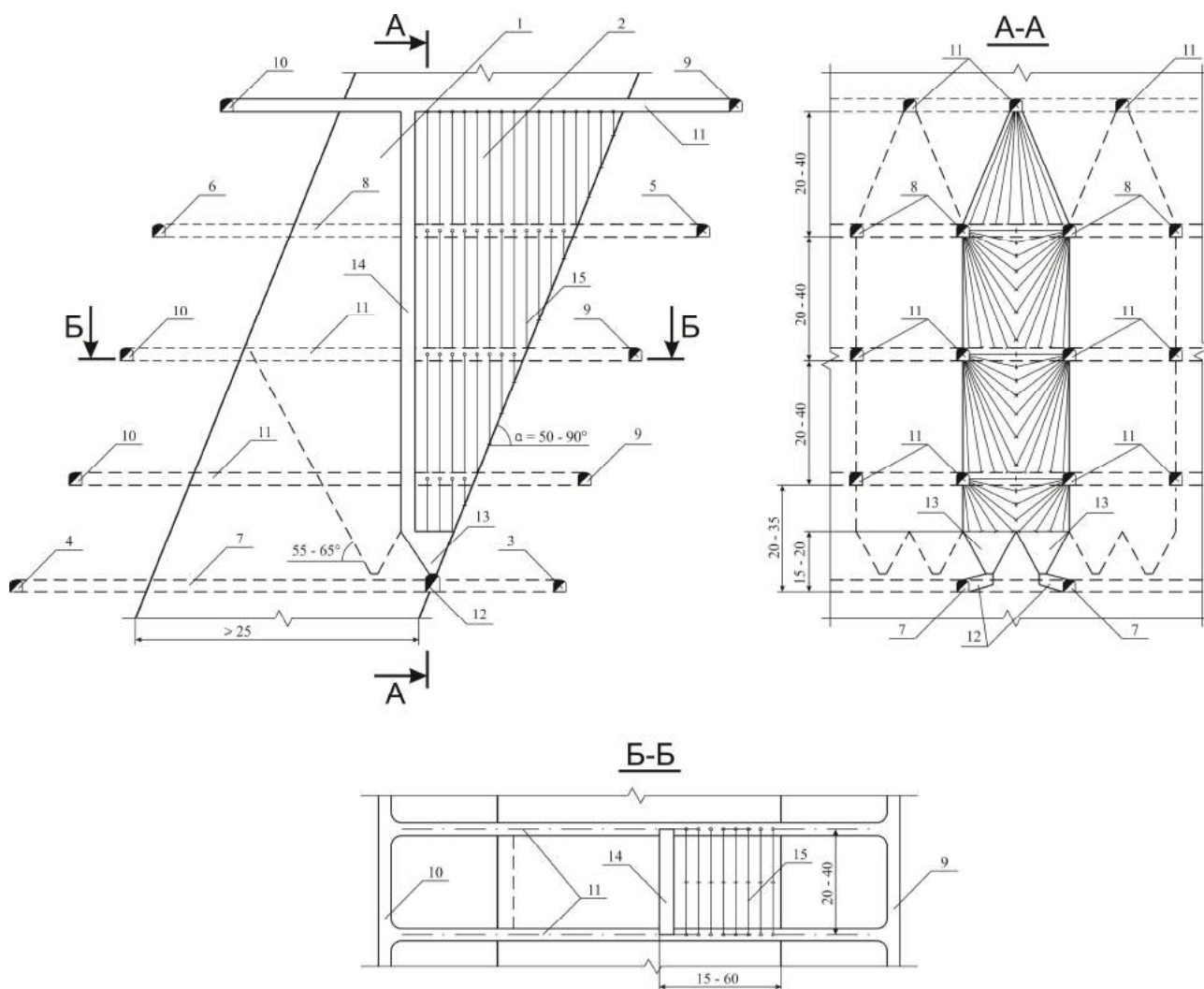


Рис. 4.3. Предлагаемая технологическая схема ведения очистных работ во вторичных камерах с применением эмульсионных ВВ: 1 – камера первой очереди обработки; 2 – камера второй очереди обработки; 3 – откаточный штрек лежачего бока; 4 – откатный штрек висячего бока; 5 – вентиляционный штрек лежачего бока; 6 – вентиляционный штрек висячего бока; 7 – откатный орт; 8 – вентиляционно-буровой орт; 9 – подэтажный штрек лежачего бока; 10 – подэтажный штрек висячего бока; 11 – буровой орт; 12 – заезд под вибрационный питатель; 13 – приемная воронка; 14 – отрезная щель; 15 – веер нисходящих скважин

На рис. 4.4 представлена предлагаемая технология ведения очистных работ в камерах при обработке залежей руды мощностью 5 – 25 м.

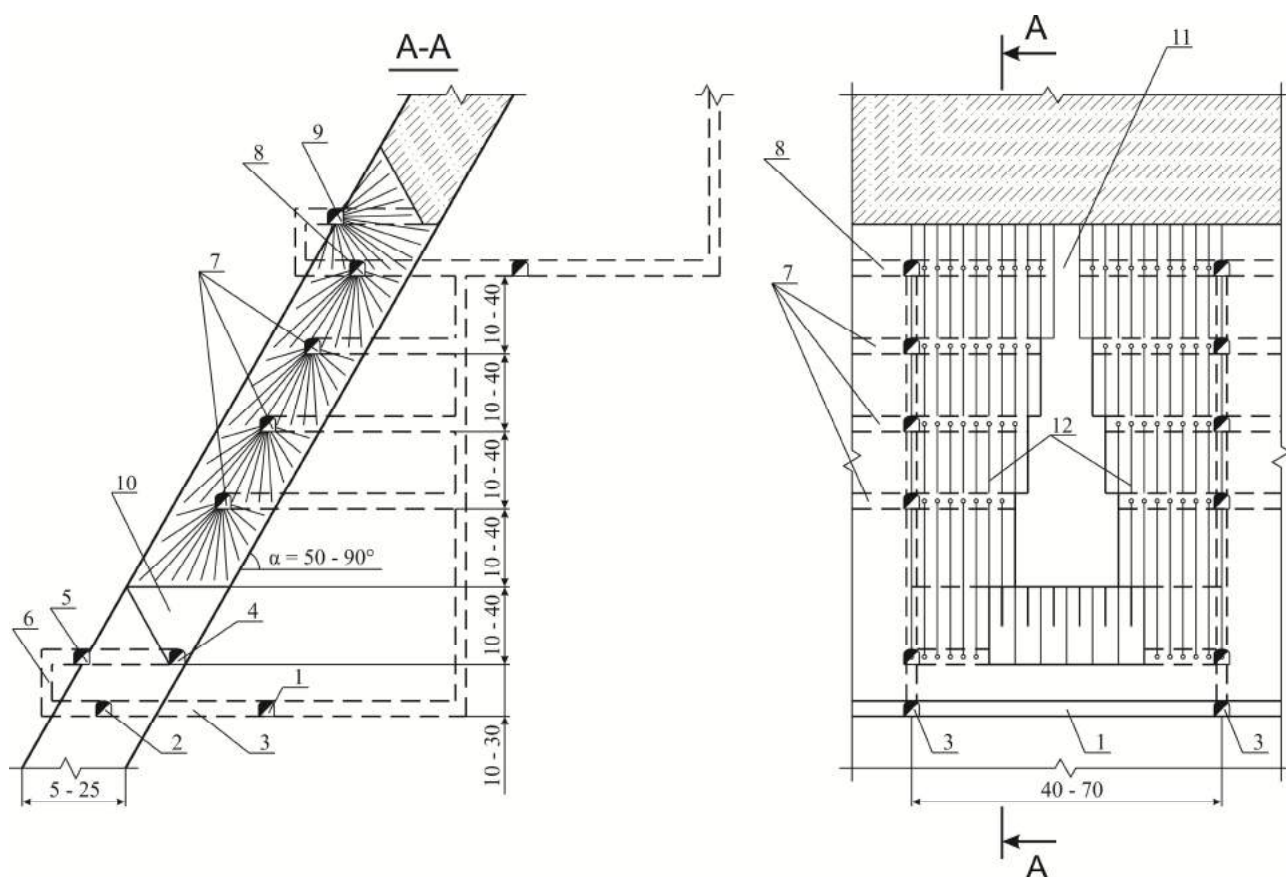


Рис. 4.4. Предлагаемая технологическая схема ведения очистных работ в камерах с применением эмульсионных ВВ: 1 – полевой откаточный штрек; 2 – рудный грузовой штрек; 3 – погрузочный заезд; 4 – штрек подсечки; 5 – штрек доставки; 6 – рудоспуск; 7 – подэтажный буровой штрек; 8 и 9 – вентиляционно-буровой штрек; 10 – подсечное пространство; 11 – отрезная щель; 12 – веера нисходящих скважин

Предложенная технология реализуется при отработке залежей мощностью 5 – 25 м следующим образом. Залежь в пределах этажа разрабатывают с помощью очистных камер. Камеры подготавливают путем проведения полевого откаточного 1 и рудного грузового 2 штреков и погрузочных заездов 3. Вентиляционно-буровые штреки 8 и 9, были проведены ранее при отработке вышележащего этажа, где они служили как откаточным и грузовым. Далее осуществляют проведение нарезных выработок – штрека подсечки 4, доставочного штрека 5, рудоспусков 6 и подэтажных буровых штреков 7. После проведения всех подготовительно-нарезных выработок выполняют бурение эксплуатационных скважин, формирование подсечного пространства 10 в виде траншеи, отрезной щели 11. Перед зарядкой с каждого бурового штрека 7 и вентиляционно-буровых штреков 8 и 9 штреков выполняют обустройство запасов руды камеры веерами 12 скважин в направлении ниже лежащего подэтажа. После чего доставляют отдельные компоненты эмульсионного ВВ, которые являются безопасными, к зарядной машине возле веера. В машине готовят смесь и непосредственно подают в скважины соответствующего веера 12, для формирования в них эмульсионного

ВВ. При предлагаемой схеме возможно заполнение скважин в веере 12 эмульсионным ВВ до заданного уровня, с исключением потерь взрывчатки и возможностью управления процессом отбойки. Извлечение запасов руды осуществляют отбойкой вееров 12 скважин в направлении отрезной щели 11, до тех пор, пока очистная камера не наберет своих проектных контуров. Отбитая руда поступает в траншею 10 и с помощью погрузочно-доставочных или погрузочно-транспортных самоходных машин на доставочном горизонте транспортируется в рудоспуски 6. Далее руда на откатном горизонте погрузочными машинами грузится в транспортные средства, которые находятся в откатном штреке 1 и транспортируется по квершлагу к опрокидывателям, после которого по вертикальному стволу выдается на земную поверхность.

Предложенная технология отработки запасов железных руд с использованием эмульсионных ВВ в условиях ЧАО «ЗЖРК» в полной мере представлена в работе [116].

4.2. Экономическая оценка эффективности разработанных технологических решений

В результате выполненных исследований состояния атмосферного воздуха на промышленной площадке ЧАО «ЗЖРК» вокруг вентиляционных стволов и на прилегающей территории установлены закономерности влияния экологически опасных веществ от расстояния до источников выброса. Также изучено изменение УПП растений, биологических признаков и фитотоксического эффекта при увеличении расстояния от вентиляционных стволов. Полученные закономерности позволяют оперативно оценивать состояние атмосферы вблизи источников выброса, что в дальнейшем позволяет разрабатывать и внедрять мероприятия по увеличению устойчивости растений к экологически опасным веществам.

Для снижения количества экологически опасных веществ, которые выделяются при ведении буровзрывных работ в рудничную атмосферу, как при проведении горных выработок, так и при очистной выемке, предложен новый способ отбойки руды при отработке выемочной единицы. Данные технологические решения позволяют повышать безопасность ведения взрывных работ, в первую очередь связанных с применением на очистных работах эмульсионных ВВ, а также снижению загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва и за счет этого повысить уровень экологической безопасности процессов добычи руды. Предлагаемые технологические решения заключаются в бурение вееров скважин в направлении нижележащего подэтажа, после чего доставляются отдельные компоненты для изготовления эмульсионного ВВ, которым заполняют непосредственно каждый веер скважин.

Экономическая эффективность определялась применительно к залежи «Главная» при отработке запасов руды в этаже 715 – 840 м этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой.

Себестоимость 1 т руды является важным и необходимым показателем,

который характеризует экономическую эффективность использования системы разработки, различных технологических схем подготовки, нарезки и очистной выемки (его отдельных технологических процессов), использование различных комплексов оборудования и т.д. Себестоимость можно определять отдельно по любому виду работ руководствуясь методикой представленной в работах [106-111]. В структуру себестоимости входят следующие статьи калькуляции: основная и дополнительная заработные платы рабочих, единый социальный взнос, стоимость материалов и энергии, амортизационные отчисления и затраты на ремонт и содержание забойного технологического оборудования. Основанием для определения себестоимости 1 т руды по отбойке запасов камеры являются: средневзвешенные показатели расхода рабочей силы, расход материалов и энергии, амортизационные отчисления и затраты на ремонт и содержание оборудования по базовой и предлагаемой технологии.

В работе сравнивались следующие варианты.

1. Существующая технология отбойки запасов руды очистной камеры заключалась в бурении восходящих вееров скважин из поэтажных буровых ортов горизонтов 740, 775, 810 м. Далее скважины в веерах заряжались тротилосодежащим ВВ типа граммонита 79/21, после чего производилось взрывание вееров на заранее образованную отрезную щель.

2. Предлагаемая технология отбойки руды в камере предусматривает бурение нисходящих вееров скважин, зарядание и взрывание их эмульсионным ВВ отечественного производства типа украинит-ПМ-2Б.

Расчет среднесменной заработной платы состоит из тарифной ставки, сдельного приработка, премии, доплат и определяется по формуле:

$$ЗП_{зм} = T_{см} + C_n + П + D_{он}, \text{ грн.}, \quad (4.5)$$

где $T_{см}$ – часовая тарифная ставка, грн.;

C_n – сдельный приработок, грн., равный 10% от тарифной ставки;

$П$ – премия, начисляется на сумму сдельного заработка (тарифная ставка, сдельный приработок) и доплат, грн. Премии: забойная группа – 50%, прочая подземная группа – 40%.

$D_{он}$ – доплата, грн., принимается от тарифной ставки в размере: для проходчиков и взрывников – 20%, прочая забойная группа – 15%, прочая подземная группа – 10%.

Расчет среднесменной заработной платы сводим в табл. 4.1.

Расчет фонда основной заработной платы по каждой профессии определяется как произведение трудоемкости работ на среднесменную заработную плату и по формуле:

$$\Phi ЗП_{осн} = T_n \cdot ЗП_{зм}, \text{ грн.} \quad (4.6)$$

Дополнительная заработная плата составляет 20% от основной заработной платы. Единый социальный взнос с апреля 2011 составляет 40,4% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.1

Расчет среднесменной заработной платы по профессиям

Профессия	Разряд	Дневной тариф, грн.	Сдельный приработок, грн.	Прочие доплаты, грн.	Премия		Сменная заработная плата, грн.
					%	грн.	
Бурильщик	III	125,57	12,56	18,84	50	62,79	219,76
Бурильщик	IV	143,93	14,39	21,59	50	71,97	251,88
Взрывник	IV	143,93	14,39	28,78	50	71,97	259,07
Взрывник	V	165,31	16,53	33,06	50	82,66	297,56
Слесарь	III	111,31	11,13	11,13	40	44,52	178,09

Расчет фонда заработной платы по базовой и предлагаемой технологии представлено в табл. 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2

Расчет фонда заработной платы рабочих по базовой технологии

Профессия	Разряд	Трудоем- кость, чел-смен	Сменная заработная плата, $ЗП_{см}$, грн	ФЗП, грн
Бурильщик	III	157,2	219,76	34546,27
Бурильщик	IV	235,9	251,88	59418,49
Взрывник	IV	6	259,07	1554,42
Взрывник	V	9	297,56	2678,04
Слесарь	III	102	178,09	18165,18
Итого $\Phi ЗП_{осн}$				116362,40
Дополнительный ФЗП (20% от $\Phi ЗП_{осн}$)				23272,48
Всего $\Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{дон}$				139634,88
Единый социальный взнос 40,4% от ($\Phi ЗП_{осн} +$ $\Phi ЗП_{дон}$)				56412,49

Стоимость материалов определяется по формуле

$$C_m = Q_m \cdot C_m, \text{ грн}, \quad (4.7)$$

где Q_m – расход материала;

C_m – цена за единицу материала, грн.

Таблица 4.3

Расчет фонда заработной платы рабочих по предлагаемой технологии

Профессия	Разряд	Трудоем- кость, чел-смен	Сменная заработная плата, $ЗП_{см}$, грн	ФЗП, грн
Бурильщик	III	144,2	219,76	31689,39
Бурильщик	IV	216,2	251,88	54456,46
Взрывник	IV	4	259,07	1036,28
Взрывник	V	7	297,56	2082,92
Слесарь	III	92,9	178,09	16544,56
Итого $\Phi ЗП_{осн}$				105809,61
Дополнительный ФЗП (20% от $\Phi ЗП_{осн}$)				21161,92
Всего $\Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{доп}$				126971,53
Единый социальный взнос 40,4% от ($\Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{доп}$)				51296,50

Расчет стоимости основных материалов по базовой и предлагаемой технологии представлено в табл. 4.4 и 4.5

Таблица 4.4

Стоимость основных материалов по базовой технологии

Наименование материалов	Ед. изм.	Расход на отбойку руды в камере	Цена единицы, грн	Стоимость, грн
Граммонит 79/21	кг	130656	7,39	965547,84
Электродетонатор	шт.	2416	11,38	27494,08
Детонирующий шнур	м	7221	3,26	23540,46
Коронка (Швеция) Ø 102 мм	шт.	15	2013,70	30205,50
Штанга (Швеция)	шт.	38	3792,40	144111,20
Итого:				1190899,08
Неучтенные материалы (15%)				178634,86
Всего:				1369533,94

Таблица 4.5

Стоимость основных материалов по предлагаемой технологии

Наименование материалов	Ед. изм.	Расход на отбойку руды в камере	Цена единицы, грн	Стоимость, грн
Украинит-ПМ-2Б	кг	194833	4,06	791021,98
ЭД	шт.	2364	11,38	26902,32
ДШ	м	6617	3,26	21571,42
Коронка (Швеция) Ø 102 мм	шт.	14	2013,70	28191,80
Штанга (Швеция)	шт.	35	3792,40	132734,00
Итого:				1000421,52
Неучтенные материалы (15%)				150063,23
Всего:				1150484,75

Стоимость электроэнергии

$$C_{эл} = W \cdot b, \text{ грн}, \quad (4.8)$$

где W – расход активной электрической энергии, кВт·ч;

b – тариф за 1 кВт·ч израсходованной электроэнергии, грн.

Стоимость сжатого воздуха

$$C_{сж.в} = Q_{сж.в} \cdot C_{сж.в}, \text{ грн}, \quad (4.9)$$

где $Q_{сж.в}$ – расход сжатого воздуха, м³;

$C_{сж.в}$ – цена 1 м³ сжатого воздуха, равная $0,1 \cdot b$ грн.

Расчет стоимости энергии по базовой и предлагаемой технологии представлено в табл. 4.6 и 4.7.

Таблица 4.6

Расчет стоимости энергии по базовой технологии

Вид энергии	Ед. изм.	Расход на отбойку руды в камере	Стоимость единицы, грн.	Стоимость, грн.
Электрическая	кВт·ч	166989	0,8962	149655,54
Пневматическая	м ³	130656,6	0,089	11628,44
Итого:				161283,98

Таблица 4.7

Расчет стоимости энергии по предлагаемой технологии

Вид энергии	Ед. изм.	Расход на отбойку руды в камере	Стоимость единицы, грн.	Стоимость, грн.
Электрическая	кВт·ч	153098	0,8962	137206,43
Итого:				137206,43

Сумма амортизационных отчислений в месяц

$$A_{мес} = \frac{C_{\bar{o}} \cdot H_a}{100}, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

где $C_{\bar{o}}$ – балансовая стоимость основных фондов, грн;

H_a – месячная норма амортизации, равная 1,67%.

Балансовая стоимость основных фондов:

$$C_{\bar{o}} = C_{онт} + Z_{\bar{o}} + Z_m, \text{ грн.} \quad (4.11)$$

где $C_{онт}$ – ориентировочная оптовая цена единицы основных фондов, грн;

$Z_{\bar{o}}$ – затраты на доставку, равные 5% от ориентировочной оптовой цены единицы основных фондов, грн;

Z_m – затраты на монтаж, равные 7% от ориентировочной оптовой цены единицы основных фондов, грн.

Ввиду того, что оборудование используется в производственном процессе не постоянно, необходимо учесть срок работы каждого вида оборудования при начислении амортизации.

Сумма амортизационных отчислений за время работы оборудования

$$A = A_{мес} \cdot T_{об}, \text{ грн.} \quad (4.12)$$

где $T_{об}$ – продолжительность работы оборудования, мес.

Продолжительность работы оборудования определяется на основании заданного режима работы, сроков подготовки, нарезки, очистной выемки и принадлежности оборудования к выполнению тех или иных работ.

Продолжительность работы оборудования

$$T_{об} = \frac{D_{раб}}{D_{мес}}, \text{ мес.}, \quad (4.13)$$

где $D_{раб}$ – количество дней работы оборудования, дней;

$D_{мес}$ – количество дней работы оборудования в месяце зависит от режима работы горного предприятия, например: для режима работы $251 \times 3 \times 7,2$ $D_{мес} = 22$ дня, для режима работы $303 \times 3 \times 7,2$ $D_{мес} = 26$ дней, для режима работы $365 \times 3 \times 7,2$ $D_{мес} = 30$ дней.

Годовые затраты на ремонт оборудования составляют 5,5% от суммарной стоимости оборудования и 1,5% на его содержание. Затраты на ремонт и содержание оборудования за время подготовки, нарезки и очистной выемки

$$Z_{p.c.} = Z_{p.c.мес} \cdot T_{об} \cdot C_{\bar{o}}, \text{ грн.} \quad (4.14)$$

где $Z_{p.c.мес}$ – месячная норма затрат на ремонт и содержание оборудования, равная 0,0058 д.е.

Расчет амортизационных отчислений, затрат на ремонт и содержание оборудования по базовой и предлагаемой технологии сводится в табл. 4.8 и 4.9.

Таблица 4.8

Форма: расчет амортизационных отчислений, затрат на ремонт и содержание оборудования по базовой технологии

Наименование оборудования	Количество, шт	Оптовая цена, грн.	Затраты на доставку (5%), грн, 3 графа × 0,05	Затраты на монтаж (7%), грн, 3 графа × 0,07	Балансовая стоимость, грн		Месячная амортизация, грн (1,67%), 7 графа × 0,0167	Затраты на текущий ремонт и содержание за месяц (0,58%), грн, 7 графа × 0,0058	Продолжительность работы оборудования, $T_{об}$, мес	Амортизация за время работы оборудования, грн, 8 графа × 10 графу	Затраты на текущий ремонт и содержание, грн, 9 графа × 10 графу
					Единицы 3 графа + 4 графа + 5 графа	Всего 6 графа × 2 графу					
Simba H1352	1	5800000	290000	406000	6496000	6496000	108483	37677	6	650898	226062
МТЗ-3	1	52000	2600	3640	58240	58240	973	338	0,2	195	68
Итого:										651093	226130

Таблица 4.9

Форма: расчет амортизационных отчислений, затрат на ремонт и содержание оборудования по предлагаемой технологии

Наименование оборудования	Количество, шт	Оптовая цена, грн.	Затраты на доставку (5%), грн, 3 графа × 0,05	Затраты на монтаж (7%), грн, 3 графа × 0,07	Балансовая стоимость, грн		Месячная амортизация, грн (1,67%), 7 графа × 0,0167	Затраты на текущий ремонт и содержание за месяц (0,58%), грн, 7 графа × 0,0058	Продолжительность работы оборудования, $T_{об}$, мес	Амортизация за время работы оборудования, грн, 8 графа × 10 графу	Затраты на текущий ремонт и содержание, грн, 9 графа × 10 графу
					Единицы 3 графа + 4 графа + 5 графа	Всего 6 графа × 2 графу					
Simba H1352	1	5800000	290000	406000	6496000	6496000	108483	37677	5,5	596657	207224
ЗСМ	1	2330000	116500	163100	2609600	2609600	43580	15136	0,16	6973	2422
Итого:										603630	209646

Себестоимость базовой и предлагаемой технологии отбойки

$$C = Z_{o.zn} + Z_{d.zn} + Z_{соц} + Z_{mat} + Z_{э} + A + Z_{p.c}, \text{ грн}, \quad (4.15)$$

где $Z_{o.zn}$ – затраты на основную заработную плату, грн;

$Z_{d.zn}$ – затраты на дополнительную заработную плату, грн;

$Z_{соц}$ – затраты на единый социальный взнос, грн;

Z_{mat} – затраты на основные материалы, грн;

$Z_{э}$ – затраты на энергию, грн;

A – амортизационные отчисления, грн;

$Z_{p.c}$ – затраты на ремонт и содержание оборудования, грн.

Себестоимость 1 т руды по отбойке запасов камеры:

$$C_{1m} = \frac{C}{A_{руды}}, \text{ грн/т}, \quad (4.16)$$

где $A_{руды}$ – количество отбиваемой руды по отбойке, равное 332716 т.

Экономическая эффективность

$$\Delta Э = / C_{np} - C_{б} / , \text{ грн}, \quad (4.17)$$

где C_{np} – себестоимость предлагаемой технологии, грн;

$C_{б}$ – себестоимость базовой технологии, грн.

Калькуляция себестоимости базовой и предлагаемой технологии представлено в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Калькуляция себестоимости

Наименование параметров	Базовая технология	Предлагаемая технология
Затраты на основную заработную плату, грн	116362,40	105809,61
Затраты на дополнительную заработную плату, грн	23272,48	21161,92
Единый социальный взнос, грн	56412,49	51296,50
Затраты на основные материалы, грн	1369533,94	1150484,75
Затраты на энергию, грн	161283,98	137206,43
Амортизационные отчисления, грн	651093,00	603630,00
Затраты на ремонт и содержание оборудования, грн	226130,00	209646,00
Себестоимость отбойки руды, грн	2604088,29	2279235,21
Экономический эффект, грн	324853,08	
Себестоимость 1 т руды по отбойке, грн	7,83	6,85

Экономический эффект от применения предлагаемой технологии отбойки руды для одной выемочной единицы составит 324,853 тыс. грн. Внедрение рациональной технологии отбойки руды связанной с применением эмульсионных ВВ в условиях шахт ЧАО «ЗЖРК» приведет к снижению загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва, повышению

безопасности ведения взрывных работ, а также снижению себестоимости 1 т руды до 15%.

4.3. Оценка повышения уровня экологической безопасности на прилегающей территории железорудной шахты

Результатами 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 вентиляционным стволам шахты, что приводит к угнетению и нарушению нормального роста и развития сельскохозяйственных культур. 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 представленной в работе [113] и учитывающей риск для здоровья населения, подвергающегося негативному влиянию загрязняющих веществ выделяющихся при применении тротилосодержащих ВВ.

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

$$HQ_i = \frac{C_i}{RfC}, \quad (4.18)$$

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:

$$HI = \sum HQ_i. \quad (4.19)$$

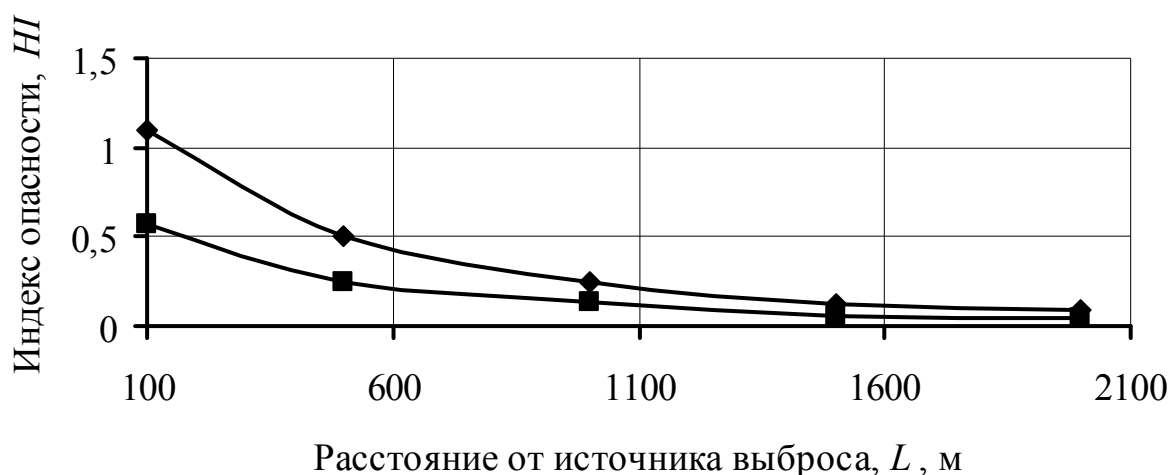
Результаты расчета коэффициентов и индексов опасности для объектов окружающей среды для базового и предлагаемого технологического решения приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Результаты расчетов коэффициентов и индексов опасности для базового и предлагаемого технологического решения

Показатель	Расстояние от источника выброса, м				
	100	500	1000	1500	2000
Тротилосодержащие ВВ					
$HQ(SO_2)$	0,2	0,08	0,06	0,04	0,03
$HQ(NO + NO_2)$	0,64	0,33	0,12	0,04	0,03
$HQ(CO)$	0,26	0,09	0,07	0,04	0,03
HI	1,1	0,5	0,25	0,12	0,09
Эмульсионные ВВ					
$HQ(SO_2)$	0,1	0,04	0,03	0,02	0,02
$HQ(NO + NO_2)$	0,34	0,17	0,07	0,02	0,02
$HQ(CO)$	0,13	0,04	0,03	0,02	0,01
HI	0,57	0,25	0,13	0,06	0,05

По результатам расчета коэффициентов и индексов опасности построен график зависимости индекса опасности от расстояния до источника выброса (рис. 4.5).



◆ Тротилосодержащие ВВ; ■ Эмульсионные ВВ;

Рис. 4.5. Характер изменения индекса опасности от расстояния до источника выброса

Из анализа данных представленных в табл. 4.11 и рис. 4.5 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 предлагаемого эмульсионного ВВ позволяет снизить коэффициенты и соответственно индексы экологической опасности в 2 раза.

В результате сопоставления данных полученных в разделе 3.3 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 рис. 4.6.

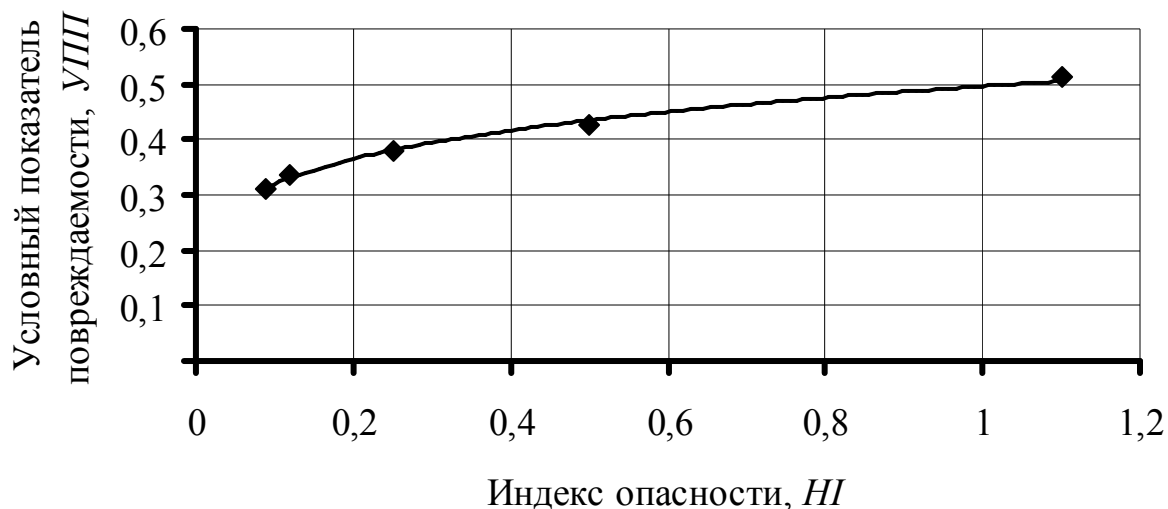


Рис. 4.6. График зависимости УПП биоиндикаторов от индекса опасности

Проведя аппроксимацию максимальных значений при помощи программы Microsoft Excel 2003, получено эмпирическое уравнение зависимости УПП биоиндикаторов от индекса опасности, которое имеет вид:

$$УПП = 0,5 \cdot HI^{0,2}, \quad R^2 = 0,994. \quad (4.20)$$

Используя формулу (4.20) определяли уровни повреждения биоиндикаторов на разных расстояниях от источников выброса, как при использовании тротилосодержащих ВВ, так и эмульсионных ВВ (рис. 4.7).

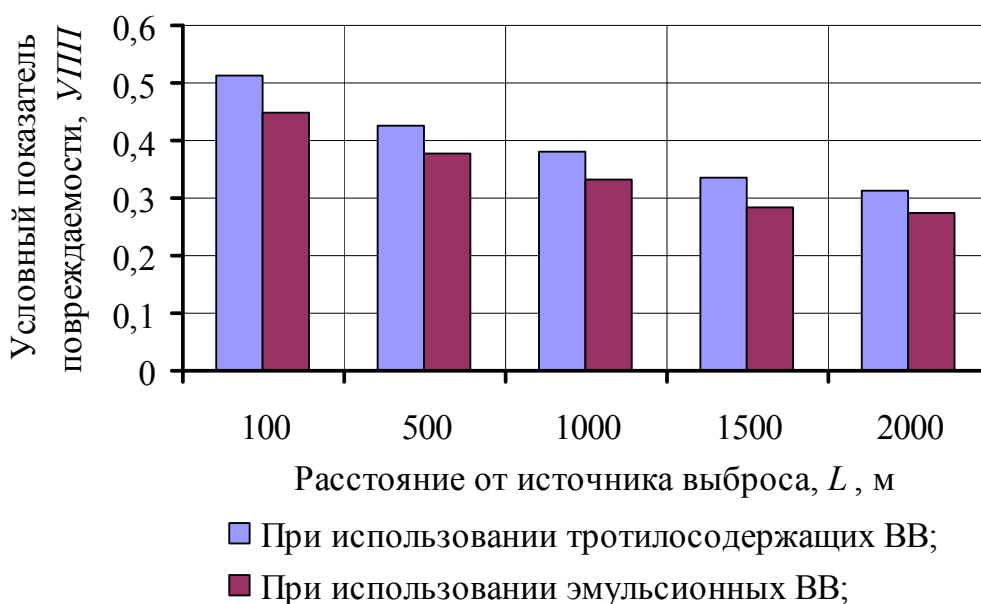


Рис. 4.7. Гистограмма изменения УПП от расстояния до источника выброса при использовании тротилосодержащих и эмульсионных ВВ

Анализ результатов расчета УПП биоиндикаторов на прилегающей территории железорудной шахты, представленный на рис. 4.7, позволило установить, что при использовании эмульсионных ВВ ингибирующее воздействие на состояние биоиндикаторов снижается до 13% по сравнению с применением тротилосодержащих ВВ, что в свою очередь приводит к повышению уровня экологической безопасности.

Выводы

1. Использование эмульсионных ВВ при производстве очистных работ по отбойке руды приводит к уменьшению количества продуктов взрыва до 50%. Экологическая опасность при использовании на подземных горных работах эмульсионных ВВ по сравнению с тротилосодержащими ВВ снижается в 2 раза. Это связано с рецептурным составом ВВ и соотношением компонентов в нем. Применение эмульсионного ВВ украинит-ПМ-2Б при ведении очистных работ в камерах приведет к снижению выделения окиси углерода до 1,25 л на 1 кг эмульсионного ВВ, что во много раз меньше, чем при применении тротилосодержащих ВВ, а также к отсутствию в продуктах взрыва токсичных оксидов азота.

2. 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 и за счет этого обеспечение экологически чистой добычи руды. Предлагаемая технология заключается в бурении вееров скважин в направлении нижележащего подэтажа. После чего доставляются отдельные компоненты для изготовления смеси непосредственно у каждого веера, которой далее заряжают для формирования эмульсионного взрывчатого вещества в скважинах веера.

3. Эколого-экономическая эффективность от внедрения предлагаемой технологии, полученная в результате экономического расчета и определения индекса опасности, свидетельствует о целесообразности разработанного эколого-ориентированного технологического решения. Применение на ЧАО «ЗЖРК» технологии отбойки руды связанной с применением эмульсионных ВВ снижает себестоимость 1 т руды до 15%, уменьшает индекс опасности на 50% и ингибирующее воздействие на состояние биоиндикаторов снижается до 13%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии приведены результаты многолетних исследований, направленных на решение актуальной научной задачи, которая заключается в установлении закономерностей загрязнения атмосферного воздуха шахтными источниками при подземной добычи железных руд. Установленные закономерности являются основой для разработки эффективных методов оценки уровня экологической безопасности и обоснования необходимости внедрения технологических решений, что позволит повысить уровень экологической безопасности при добыче железных руд подземным способом.

Основные научные и практические результаты, выводы и рекомендации, представленные в монографии.

1. Добыча железных руд подземным способом сопровождается использованием тротилосодержащих ВВ. При ведении взрывных работ с помощью этих ВВ отработанная струя воздуха, насыщенная экологически опасными веществами и пылью, поступает в атмосферный воздух через вентиляционные стволы шахты неочищенным. На сегодняшний день не существует эффективного оборудования и очистительных сооружений для улавливания продуктов взрыва, выделяющихся на поверхность. Это представляет опасность компонентам окружающей среды на территории, прилегающей к железорудной шахте. Новым подходом для повышения уровня экологической безопасности является внедрение эколого-ориентированных технологий буровзрывных работ при добыче железных руд подземным способом.

2. Установлены закономерности изменения приземной концентрации экологически опасных веществ вокруг шахтных источников выброса с помощью экспресс-метода физико-химического анализа и расчета концентраций опасных веществ в атмосферном воздухе. При этом показано, что концентрации экологически опасных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания расположенных на вентиляционных стволах шахты зависят от годового удельного расхода ВВ и изменяются по линейному закону, что позволит определять концентрации отдельных токсичных газов для каждого вентиляционного ствола, а по полученным эмпирическим формулам – концентрацию оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы, выбрасываемых в атмосферу.

3. Уровень загрязнения атмосферного воздуха вокруг источников выброса железорудной шахты зависит от приземной концентрации экологически опасных веществ и расстояния от вентиляционных стволов. Установлены корреляционные зависимости изменения состояния индикаторов от концентрации экологически опасных веществ и расстояния до шахтных источников выброса, что позволило оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории, прилегающей к железорудной шахте.

4. На основании установленных зависимостей изменения концентраций опасных веществ в атмосферном воздухе и состояния индикаторов вокруг шахтных источников выброса, разработан алгоритм расчета экологической

оценки состояния атмосферного воздуха промышленной площадки, и территории прилегающей к железорудной шахте, что позволило составить шкалу оценки, с помощью которой определяются параметры экологической опасности выбросов железорудных шахт.

5. Усовершенствована существующая методика выбора рациональных параметров буровзрывных работ при подземной очистной выемке на шахтах Криворожского бассейна и ЧАО «ЗЖРК», за счет введения установленного коэффициента относительной мощности ВВ, позволяющего использовать эмульсионные ВВ при разных диаметрах эксплуатационных скважин. Разработана технология отбойки руды при ведении очистных работ по отработке запасов камер с применением эмульсионного ВВ украинит-ПМ-2Б, которая снижает загрязнения рудничной атмосферы продуктами взрыва до 50% и соответственно экологическую опасность в 2 раза, рассчитанный с учетом прогнозируемых концентраций загрязнителей в атмосфере и связанных с ними биологических показателей. Использование эмульсионных ВВ уменьшает на 13% ингибирующее воздействие на состояние индикаторов по сравнению с применением тротилосодержащих ВВ.

6. Экономический эффект от внедрения предложенной технологии отбойки руды при ведении очистных работ в этаже 740 – 840 м на шахте «Эксплуатационная» ЧАО «ЗЖРК» составил 324,853 тыс. грн. для одной выемочной единицы, что приведет к снижению себестоимости 1 т руды до 15% и одновременно экологической опасности при добыче железной руды подземным способом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горова А.І. Екологічні проблеми стану довкілля Червоноградського гірничопромислового регіону / А.І. Горова, С.Л. Кулина // Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів: міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 111–112.
2. Горова А.І. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту / А.І. Горова, С.Л. Кулина // Вісник Львівського університету. Серія біологія. – 2008. – Вип. 48. – С. 189–194.
3. Кулина С.Л. Санітарно-гігієнічні показники червоноградського гірничопромислового регіону як складова інтегральної оцінки якості стану довкілля / С.Л. Кулина, А.І. Горова // Вісник Львівського університету. Серія біологія. – 2009. – Вип. 50. – С. 52–58.
4. Горова А.І. Методологічні аспекти оцінки генетичних наслідків техногенезу / А.І. Горова // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2001. – Вип. 1. – С. 51–56.
5. Гороя А.И. Научные основы экологического управления / А. И. Гороя // Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів: міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 86–90.
6. Шапарь А.Г. Минеральные ресурсы: их исчерпаемость, целесообразность и условия ввода в эксплуатации / А.Г. Шапарь, П.И. Копач // Экотехнология и ресурсосбережение. – К., 2001. – № 2. – С. 11–17.
7. Копач П.И. Методология экологической оценки технологий при разработке месторождений полезных ископаемых / П.И. Копач // Горный информационно-аналитический бюллетень. – МГГУ, 2006. – № 6. – С. 211–217.
8. Копач П.І. Кількісна оцінка екологічної безпеки гірничовидобувних районів / П.І. Копач, Т.Т. Данько // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 12. – С. 48–53.
9. Копач П.І. Основні положення методології створення системи моніторингу навколишнього середовища гірничодобувних регіонів / П.І. Копач, Н.В. Горобець, Т.Т. Данько [та ін.] // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 12. – С. 181–187.
10. Беспалова С.В. Розробка способів біоіндикації екологічного стану Донбасу/ С.В. Беспалова, О.С. Горецький, М.В. Говта [та ін.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2007. – Вип. 7. – С. 17–24.
11. Беспалова С.В. Биотехнологии для нормализации экологии (программа создания комплекса) / С.В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вип. 4. – С. 10–21.
12. Беспалова С.В. Первостепеннейшее в экологии – биота: и в науке, и в практике / С.В. Беспалова // Энергия инноваций. – Донецк, 2005. – № 4. – С. 51–53.
13. Беспалова С.В. Биологическая экология: Моделирование жизнеспособных биотических организаций / С.В. Беспалова, В.А. Максимович

// Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11–18.

14. Беспалова С.В., Максимович В. А. Интегральная екологія / С.В. Беспалова, В.А. Максимович // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 11–15.

15. Глухов О.З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / Глухов О.З., Сафонов А.І., Хижняк Н.А. – Донецьк: Норд-Прес, 2006. – 360 с.

16. Шевченко В.П. Проект національної програми з розробки біологічних технологій / В.П. Шевченко, С.В. Беспалова, В.О. Максимович // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2007. – Вып. 7. – С. 10–16.

17. Беспалова С.В. Апробування способів біоіндикації екологічного стану Донбасу / С.В. Беспалова, О.С. Горецький, О.З. Глухов [та ін.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2008. – Вып. 8. – С. 24–34.

18. Горова А.І. Біоіндикаційна оцінка стану атмосферного повітря вугледобувного регіону Дніпропетровщини / А.І. Горова, Н.В. Ульянова // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів», присвяченої 10-річчю кафедри екології. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – С. 129–130.

19. Машталер Н.В. Біоіндикація стану довкілля промислового майданчику гірничо-рудного підприємства за життєздатністю пилку деяких видів *Penstemon* / Н.В. Машталер // Науковий вісник Чернівецького університету: зб. наук. праць. Біологія. – Чернівці: Рута, 2008. – Вип. 417 – С. 95–98.

20. Машталер Н.В. Формування пилку деяких видів пенстемон в умовах техногенного забруднення / Н.В. Машталер, В.Н. Гришко // Екологічні дослідження у промислових регіонах України. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2005. – С. 57–58.

21. Чебенко В.Н. Практические способы нейтрализации газообразных выбросов при проведении массовых взрывов в карьерах / В.Н. Чебенко, Т.Ф. Козловская, В.М. Комир // Информационный бюллетень украинского союза инженеров-взрывников. – 2009 г. – № 4. – С. 17–22.

22. Козловская Т.Ф. Пути снижения уровня экологической опасности в районах добычи полезных ископаемых открытым способом / Т.Ф. Козловская, В.Н. Чебенко // Вісник Кременчуцького національного університету. – КНУ, 2010. – Вип. 6/2010 (65). Частина 1. – С. 163–168.

23. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / [Ефремов Э.И., Бересневич П.В., Петренко В.Д. и др.] – Д.: СІЧ, 1996. – 179 с.

24. Зберовский А.В. Охрана атмосферы в экосистеме «карьер – окружающая среда – человек» / Зберовский А.В. – Днепропетровск: РИО АП ДКТ, 1997. – 136 с.

25. Бересневич П.В. «Аэрология карьеров» Справочник / Бересневич

П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. – М.: Недра, 1990. – 280с.

26. Долгова Т.І. Комплексна оцінка стану ґрунтів в гірничодобувних районах та прогноз наслідків їх техногенної трансформації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Т.І. Долгова. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 25 с.

27. Долгова Т.І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничовидобувних районах / Долгова Т.І. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 270 с.

28. Юрченко А.А. Проблемы экологии на открытых горных работах / А.А. Юрченко // НГУ: Сборник научных трудов. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – № 17. Т.2. – С.577–578.

29. Юрченко А.А. Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах / А.А. Юрченко // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – № 2. – С. 85–88.

30. Юрченко А.А. Определение высоты подъема пылевого облака при массовом взрыве в карьере с учетом дисперсности частиц / А.А. Юрченко, В.Е. Колесник, А.А. Литвиненко // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників – 2010». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – С. 154–162.

31. Сухомлин М.В. Снижение загрязнения атмосферы при массовых взрывах в карьерах за счет выбора рациональных параметров скважинных зарядов / М.В. Сухомлин, А.А. Юрченко, А.А. Литвиненко // Тези VII Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології та геотехнологій». – Житомир: ЖДТУ, 2010. – Т.2. – С. 173–174.

32. Юрченко А.А. Підвищення екологічної безпеки масових вибухів в залізорудних кар'єрах за пиловим чинником: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / А.А. Юрченко. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2012. – 23 с.

33. Тарасова В.В. Методи екологічних досліджень. Частина 2. Методи досліджень в екології. / Тарасова В.В. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 262 с.

34. Царев Н. И. Практическая газовая хроматография / Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. – Барнаул: Алт. ун-т, 2000. – 156 с.

35. Другов Ю.С., Березкин В.Г. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха / Ю.С. Другов, В.Г. Березкин. – М.: Химия, 1981. – 256 с.

36. Методы анализа загрязнений воздуха / Ю.С. Другов, А.Б. Беликов, Г.А. Дьякова, В.М. Тульчинский. – М.: Химия, 1984. – 384 с.

37. Аранович Г.И. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды / Аранович Г.И., Коршунов Ю.Н., Ляликов Ю.С. – Л.: Судостроение, 1979. – 648 с.

38. Хроматографический анализ окружающей среды: [пер. с англ. / под ред. В.Г. Березкина]. – М.: Химия, 1979. – 608 с.

39. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2009. – 188 с.

40. Бабко А.К., Пилипенко А.Т. Колориметрический анализ / А.К.

Бабко, А.Т. Пилипенко. – М.-Л.: ГНТИХЛ, 1951. – 409 с.

41. Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія / Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. – [2-е изд.]. – Киев: Вища школа, 1982. – 544 с. – на Укр. яз.

42. Марченко З. Фотометрическое определение элементов / Зигмунд Марченко. – Москва, Мир, 1971. – 501 с.

43. Алыкова Т.В. Химический мониторинг окружающей среды / Алыкова Т.В. – Астрахань: Астрах. гос. пед. ун-т, 2002. – 210 с.

44. Булатов М.И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – [2-е изд.]. – Л.: Химия, 1968. – 384 с.

45. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений / Коренман И.М. – М.: Химия, 1970. – 343 с.

46. Бабко А.К. Фотометрический анализ. Общие сведения и аппаратура / А.К. Бабко, А.Т. Пилипенко. – М.: Химия, 1968. – 389 с.

47. Берг Л.Г. Введение в термографию / Берг Л.Г. – [2-е изд.]. – М.: Наука, 1969. – 395 с.

48. Эшворт М.Р.Ф. Титриметрические методы анализа органических соединений. Методы прямого титрования / Эшворт М.Р.Ф. – М.: Химия, 1968. – 555 с.

49. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа / Васильев В.П. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.

50. Дорохова Е.Н. Основы аналитической химии. Том 2. Методы химического анализа / Дорохова Е.Н., Золотов Ю.А., Фадеева В.И. – М.: Высшая школа, 1996. – 461 с.

51. Калюкова Е.Н. Титриметрические методы анализа / Калюкова Е.Н. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 108 с.

52. Золотов Ю.А. Химические тест-методы анализа / Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 304 с.

53. Шкилева И.П. Химический анализ объектов окружающей среды / Шкилева И.П., Демиденко Г.Н., Сульман Э.М. – Тверь: ТГТУ, 2008. – 160 с.

54. Пашкевич М.А., Шуйский В.Ф. Экологический мониторинг. Учебное пособие / М.А. Пашкевич, В.Ф. Шуйский. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет): СПб, 2002. – 89 с.

55. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / [О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др.]. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

56. Бузмаков С.А. Введение в экологический мониторинг / С.А. Бузмаков, С.М. Костарев. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. – 178 с.

57. Бельдеева Л.Н. Экологический мониторинг / Бельдеева Л.Н. – Барнаул: АлтГТУ, 1999. – 122 с.

58. Туровцев В.Д. Биоиндикация / В.Д. Туровцев, В.С. Краснов. – Тверь: ТвГУ, 2004. – 178 с.

59. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / [Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т., Егер Э. и др.]. – М.: Мир. – 1988. – 348 с.
60. Каплин В.Г. Биондикация состояния экосистем / Каплин В.Г. – Самара: Самарская ГСХА, 2001. – 143 с.
61. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды / Р. Гудериан. – М.: Мир, 1979 – 200 с.
62. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды / А.Г. Бубнов, С.А. Буймова, А.А. Гушин, Т.В. Извекова. – Иваново: ИГХТУ, 2007. – 112 с.
63. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
64. 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.
65. Покорители недр таврии. Посвящается добыче 100-миллионной тонне руды! / [под коорд. В.В. Фортунина]. – Запорожье: Цель, 2003. – 156 с.
66. 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.
67. Справочник по горнорудному делу / [под ред. А.М. Терпигорева, Р.П. Каплунова]. – Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. – 1961 – Т 1.
68. Горовая А.И. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха в условиях ЗАО «Запорожский ЖРК» / А.И. Горовая, И.Г. Миронова // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2011». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2011. – С. 112–116.
69. Горова А.І. Определение концентрации вредных веществ в исходящей струе рудничного воздуха / А.І. Горова, І.Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – Т. 2, №36. – С. 192–200.
70. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. «ОНД-86». - Ленинград.: Гидрометеиздат, 1987. – 76 с.
71. Горовая А.И. Цитогенетическая оценка мутагенного фона в промышленном Приднепровье / А. И. Горовая, В.М. Дигурко, Т.В Скворцова // Цитология и генетика. – 1995. – № 5. – С. 16-22.
72. 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. Горова, Т.В. Скворцова та ін.]. – К.: Головне базове видавництво МОЗ України ДП «Центр інформаційних технологій», 2007. – 35 с.
73. Павличенко А.В. Цитогенетическая оценка потенциальной мутагенности урбанизированной территории города Днепропетровска по стерильности пыльцы высших растений / А.В. Павличенко, И.Г. Миронова //

Збірка тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство.». – К.: Політехніка, 2002. – С. 149–150.

74. Горова А.І. Оценка мутагенного воздействия факторов окружающей среды на урбанизированную территорию г. Днепропетровска по тесту «Стерильность пыльцы высших растений» / А.І. Горова, В.Ю. Грунтова, І.Г. Миронова // Збірка тез доповідей V Всеукраїнська наукова студентська та аспірантська конференція «Екологічні проблеми регіонів України». – Одеса: 2003. – С. 120–122.

75. Горова А.І. О проблеме обезвреживания шлаков мусоросжигательных заводов / А.І. Горова, В.М. Лапицький, О.О. Борисовська [та ін.] // Межрегиональные проблемы экологической безопасности «МПЭБ-2003»: Сборник трудов симпозиума. – Сумы: Довкілля, 2003. – С. 288–293.

76. Горова А.І. О возможности обеззараживания шлаков мусоросжигательных заводов / А.І. Горова, В.М. Лапицький, О.О. Борисовська [та ін.] // Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – Т. 2, №17. – С. 642–646.

77. Горова А.І. Биоиндикация общего токсического действия факторов окружающей среды на урбанизированной территории г. Днепропетровска по тесту «стерильности пыльцы высших растений» за 2000-02 года / А.І. Горова, В.Ю. Грунтова, І.Г. Миронова // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників – 2003»: Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – Т. 2, №17. – С. 538–544.

78. Гороя А.И. Совершенствование методики оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий методами биоиндикации (на примере города Днепропетровска по тесту «Стерильность пыльцы высших растений») / А.И. Гороя, В.Ю. Грунтова, А.В. Павличенко, И. Г. Миронова // Проблемы екології та екологічної освіти: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. – Кривий Ріг: Етюд-Сервіс. – 2003. – С. 179–181.

79. Горова А.І. Оценка токсико-мутагенной опасности шлаков мусоросжигательных заводов / А.І. Горова, В.М. Лапицький, О.О. Борисовська [та ін.] // Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 10. – С.94–95.

80. Горова А.І. Інтегральна оцінка стану повітряного басейну і ґрунтів урбанізованої території міста Дніпропетровська (2003 рік) / А.І.Горова, В.Ю. Грунтова, А.В. Павличенко [та ін.] // Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності: Тези доповідей до Міжнародної науково-практичної конференції. – 2004. – С. 27–28.

81. Гороя А.И. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов / А.И. Гороя, П.Ф. Бобырь, Т.В. Скворцова, [и др.] // Цитология и генетика. – 1996. – Т.30, №6. – С.78-86.

82. Горова А.І. Оцінка екологічного стану рекреаційних зон міста Дніпропетровська з використанням цитогенетичних методів біоіндикації / А.І. Горова, А.В. Павличенко, В.Ю. Грунтова [та ін.] // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2005. – № 22. – С.222–228.

83. Горова А.І. Картографування території міста Дніпропетровська за станом повітряного басейну / А.І. Горова, І.Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – №25. – С. 189–194.
84. Горова А.І. Комплексна еколого-біологічна оцінка урбанізованого середовища – міста Дніпропетровська / А.І. Горова, А.В. Павличенко, О.О. Борисовська [та ін.] // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – №26. – С. 106–114.
85. Бессонова В.П. Состояние пылицы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами / В.П. Бессонова // Экология. – 1992. – №4. – С.45–50.
86. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / Паушева З.П. – М.: Колос, 1970. – 255 с.
87. Ракицкий П.Ф. Биологическая статистика / Ракицкий П.Ф. – Минск: Высшая школа, 1973. – 320 с.
88. Лакин Г.Ф. Биометрия. / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
89. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / [Ламан Н.А., Самсонов В.П., Прохоров В.Н. и др.]. – Мн.: Наука і тэхніка, 1996. – 101 с.
90. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Мн.: Тэхналогія, 1997. – 372 с.
91. Дневник погоды в Малой Белозерке: Gismeteo прогноз погоды: [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.gismeteo.ru/diary/13429.htm>
92. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / [пер. с нем./ под ред. Р. Шуберта]. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
93. Чеснокова С.М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования / С.М. Чеснокова, Н.В. Чугай. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2008. – 92 с.
94. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
95. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс / Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. – Чернівці.: Рута, 2003. – С. 229–236.
96. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум / Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко. – Київ: Лібра, 2004. – 368 с.
97. Плотникова И.В. Практикум по физиологии растений: / [Плотникова И.В., Живухина Е.А., Михалевская О.Б. и др.]. – М.: Академия, 2001. – 144 с.
98. Плохинский Н.А. Биометрия / Плохинский Н.А. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
99. Стрилец А.П. Выбор состава и концентрации раствора окислителя для приготовления эмульсионных взрывчатых веществ типа украинит / А.П. Стрилец // Сборник научных трудов НГА Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2001. – Т. 2, №12. – 249 с.
100. Стрилец А.П. Схемы комплексной механизации взрывных работ при переходе горнодобывающих предприятий на экологически чистые

эмульсионные взрывчатые вещества типа украинит-ПМ / А.П. Стрилец // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2002. – Вип.2(13). – С. 33–37.

101. Иоффе В.Б. Обеспечение промышленной безопасности при производстве и применении эмульсионных взрывчатых веществ на горных предприятиях / В.Б. Иоффе, Е.И. Жученко. – М.: ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, 2002. – 111 с.

102. Купрін В.П. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України / Купрін В.П. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 243 с.

103. Гуцин В.И. Задачник по взрывным работам / Гуцин В.И. – М.: Недра, 1990. – 174 с.

104. Инструктивно-методические указания по выбору рациональных параметров буровзрывных работ при подземной очистной выемке на шахтах Криворожского бассейна и ЗЖРК-1. – Кривой Рог: НИГРИ, 1977. – 54 с.

105. Пат. на кор. мод. №64145 Україна МПК E21C 41/16. Спосіб видобування корисних копалин буропідривним методом / Кононенко М.М., Хоменко О.Є., Миронова І.Г.; заявник і патентовласник – НГУ. – № u201105285; заявл. 26.04.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20.

106. Караман Г.В. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях горнорудной промышленности (сборник примеров и задач) / Г. В. Караман, Л.П. Дьякова, И.Н. Школа, Н.В. Григорьев. – М.: Недра, 1977. – 152 с.

107. Лобанов Н.Я. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях горнорудной промышленности / Н.Я. Лобанов, В.Г. Торцев. – М.: Недра, 1986. – 328 с.

108. Малахов Г.М. Основные расчеты систем разработки рудных месторождений / Г.М. Малахов, В.К. Мартынов, Г.Т. Фаустов, И.А. Кучерявенко. – М.: Недра, 1968. – 276 с.

109. Мартынов В.К. Проектирование и расчет систем разработки рудных месторождений / Мартынов В. К. – К.: Вища школа, 1987. – 216 с.

110. Мартинов В.К. Розрахунки основних виробничих операцій, процесів та систем розробки рудних родовищ / В.К. Мартинов, М.Б. Федько – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008. – 436 с.

111. Тонких А.И. Технично-экономические расчеты при подземной разработке рудных месторождений / Тонких А. И., Макишин В.Н., Ивановский И. Г. – Владивосток: ДВГТУ, 2007. – 137 с.

112. Железорудные месторождения Украины: Фото Украины: [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.photoukraine.com/russian/articles?id=171>

113. Методичні вказівки «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» / У відповідності із наказом МОЗ України від 13.04.2007р. №184.

114. Пат. на винахід № 101217 Україна МПК E21C 41/22. Спосіб видобування корисних копалин буропідривним методом / Кононенко М.М.,

Хоменко О.Є., Миронова І.Г.; заявник і патентовласник – НГУ. – № а201104028; заявл. 04.04.2011; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

115. Пат. на кор. мод. №81056 Україна МПК E21C 41/16. Спосіб видобування корисних копалин буропідривним методом / Хоменко О.Є., Кононенко М.М., Миронова І.Г., Мальцев Д.В.; заявник і патентовласник – НГУ. – № u201212133; заявл. 22.10.2012; опубл. 25.06.2013, Бюл. №12.

116. O. Khomenko, M. Kononenko & I. Myronova. Blasting works technology to decrease an emission of harmful matters into the mine atmosphere / Annual Scientific-Technical Collection “Mining of Mineral Deposits”. – Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. – P. 231–235.

117. Миронова И.Г. Оценка экологического состояния атмосферного воздуха в районах размещения предприятий подземной добычи железных руд / И.Г. Миронова // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – № 40. – С. 204–209.

118. Миронова И.Г. Анализ уровней загрязнения атмосферного воздуха при подземной добыче железных руд / И.Г. Миронова, А.В. Павличенко // Щорічний науково-технічний збірник «Розробка родовищ», VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Школа підземної розробки». – Дніпропетровськ: «ЛізуновПрес», 2013. – С. 261-266.

119. Миронова І.Г. Оцінка загальної токсичності атмосфери урбанізованої території м. Дніпропетровська / А.І. Горова, І.Г. Миронова // Матеріали 6-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління». – Харків: ХНУ. – 2005. – С. 210–211.

Наукове видання

Горова Алла Іванівна
Миронова Інна Геннадіївна
Кононенко Максим Миколайович
Павличенко Артем Володимирович

**ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ПРИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД
ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ**

(Російською мовою)

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 30.09.2014. Формат 30x42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 7,6.
Обл.-вид. арк. 7,6. Тираж 300 прим. Зам. №

Видавництво «Літограф» Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 2267 Адреса
видавництва та дільниці оперативної поліграфії: 49000, Дніпропетровськ,
вул. Гоголя, 10а, офіс 38 тел: (066) 369-21-55, (056) 713-57-25
E-mail: Litograf.dp@gmail.com

