

Код МРНТИ 87.15.15

Е. А. Цешковская¹, *Н. К. Цой¹, Н. В. Матвиенко², А. С. Нурмаганбетова¹

¹Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан),

²ТОО «Expert PRO» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОБЫЧИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аннотация. Работа посвящена исследованию экологических аспектов деятельности предприятия по открытой добыче глины в Карагандинской области. Экологические исследования актуально проводить с научно обоснованным подходом, практической оценкой и элементами программного обеспечения. Целью работы является экологическая оценка воздействия на состояние окружающей среды предприятия по открытой добыче глины для строительной отрасли. В работе изучена экологическая природная и техногенная ситуация района размещения карьера. Применялись аналитические, натурные, лабораторные методы исследований. Разработаны рекомендации по внедрению принципов замкнутого цикла (сырье – продукция – отходы – вторичное сырье), предполагающих частичное замещение природной глины вторичными строительными ресурсами региона; план мониторинга с переходом на автоматизированные интеллектуальные системы контроля качества приземного слоя атмосферы.

Ключевые слова: окружающая среда, карьер, экологическая обстановка, промышленные загрязнители, нормативы, воздействие, жизненный цикл.

Металл емес минералдарды өндірудің қоршаған ортаға қатысты бағалау

Аннотация. Жұмыс Карағанды облысындағы сазды ашық өндіру кәсіпорны қызметінің экологиялық аспектілерін зерттеуге арналған. Экологиялық зерттеулерді ғылыми негізделген тәсілмен, практикалық бағалаумен және бағдарламалық жасақтама элементтерімен жүргізу маңызды. Жұмыстың мақсаты-құрылыс саласы үшін ашық саз өндіретін кәсіпорынның қоршаған орта жағдайына әсерін экологиялық бағалау. Жұмыста карьерді орналастыру ауданының экологиялық табиғи және техногендік жағдайы зерттелді. Зерттеудің аналитикалық, табиғи, зертханалық әдістері қолданылды. Табиғи сазды өндіріс қайталама құрылыс ресурстарымен ішінара алмастыруды көздейтін тұйық цикл (шикізат – өнім – қалдықтар – қайталама шикізат) қағидаттарын енгізу бойынша ұсынымдар әзірленді; атмосфераның жер үсті қабатының сапасын бақылаудың автоматтандырылған зияткерлік жүйелеріне көшумен мониторинг жоспары.

Түйінді сөздер: қоршаған орта, карьер, экологиялық жағдай, өнеркәсіптік ластанушы заттар, ережелер, әсер, тіршілік циклі.

Environmental assessment of non-metallic minerals extraction

Abstract. The work is devoted to the study of environmental aspects of the company's activities for open-pit clay mining in the Karaganda region. It is important to conduct environmental research with a scientifically based approach, practical assessment and software elements. The purpose of the work is an environmental assessment of the environmental impact of an open-pit clay mining enterprise for the construction industry. The paper examines the ecological, natural and technogenic situation of the quarry area. Analytical, field, and laboratory research methods were used. Recommendations have been developed for the implementation of closed-loop principles (raw materials – products – waste – secondary raw materials), involving the partial replacement of natural clay with secondary building resources in the region; a monitoring plan with the transition to automated intelligent quality control systems for the surface layer of the atmosphere.

Key words: environment, quarry, ecological situation, industrial pollutants, regulations, impact, life cycle.

Введение

Урбанизация охватывает все большие территории. Строительство зданий, развитие предприятий по производству кирпичных, бетонных изделий чрезвычайно необходимы для экономического роста. Однако, необходимо соблюдать требования экологического законодательства по превентивным мерам для снижения негативного воздействия производства на природные ресурсы и здоровье населения. В настоящее время строительство обретаёт все большие обороты в связи с урбанизацией территорий [1, 2], что напрямую влияет на развитие сырьевой базы и влечёт за собой освоение новых месторождений нерудных полезных ископаемых (глина, песок). Открытая добыча нерудных полезных ископаемых несёт колоссальнейшую нагрузку на компоненты окружающей среды. Согласно экологическому законодательству [1], недропользователи должны внедрять наилучшие доступные технологии (НДТ) для минимизации воздействия на экосистемы и здоровье населения, проживающего вблизи промышленных территорий. Поэтому экологическая оценка весьма актуальна для планируемого производства. Обязательность проведения экологической оценки подтверждена Экологическим кодексом Республики Казахстан [1].

Производство открытых горных работ занимает огромные территории под инфраструктуру и меняет не только естественный рельеф местности, но и климатические условия, экосистемы, гидрологический режим местности. Исследование воздействия горных объектов на урбанизированных территориях представляет собой крупномасштабные работы, поэтому актуально использование методов космического зондирования и наземного исследова-

ния при помощи летательных аппаратов, что позволяет наиболее комплексно охватить большие территории [3]. Такое решение позволяет получить действительную ситуацию происходящих изменений, комплексно оценить воздействие на компоненты окружающей среды в результате ведения горных работ. Полностью исключить ущерб от ведения открытых горных работ невозможно, но минимизировать и прогнозировать воздействие на состояние окружающей среды однозначно необходимо. Поэтому на стадии разведки и проектирования открытых горных работ необходимо разработать план природоохранных мероприятий и предусмотреть непрерывный экологический мониторинг [4, 5], который будет действовать на протяжении всего периода извлечения нерудных полезных ископаемых. Процесс открытых горных работ специфичен: большое поступление в окружающую среду неорганической пыли при вскрышных работах, извлечении, дроблении горной массы, использование воды для пылеподавления, изменение гидрологического режима подземных вод, накопление больших объемов вскрышных и вмещающих пород, которые занимают огромные территории. Все это влияет и на климатические изменения рассматриваемого региона.

В настоящее время добыча нерудных полезных ископаемых является неотъемлемой частью процесса декарбонизации и снижения углеродного следа строительной отрасли [6, 7]. Ключевым направлением является постепенное замещение первичного природного сырья вторичным и промышленными отходами других производств. При внедрении в производство субститутов, комплиментов, НДТ будет происходить снижение нагрузки на экосистемы рас-

смаатриваемой территории, в целом сокращение парниковых газов, что непосредственно ведет к углеродной нейтральности. Поэтому современная экологическая оценка горной отрасли должна ориентироваться на сквозную оценку производства по схеме «сырье – продукция – отходы – вторичное сырье». Так систематизированы результаты исследований по анализу жизненного цикла (LCA) [8]. Таким образом, необходимо не только анализировать этап добычи нерудных полезных ископаемых, но и разведку, подготовку к добыче, включая процессы минимизации отходов, рекультивацию нарушенных земель и вовлечение в производство вторичных ресурсов.

Целью настоящей работы является экологическая оценка воздействия на состояние окружающей среды предприятия по открытой добыче глины для строительной отрасли. Задачами исследования являются: исследование территории расположения объекта до начала добычных работ, рассмотрение технологического процесса производства с точки зрения экологии, анализ всех источников основного и вспомогательного процессов производства, оценка эмиссий на компоненты природы, исследование промышленных отходов, качественного и количественного состава выбросов; оценка воздействия на атмосферный воздух, водные ресурсы и почвенный покров; рекомендации по ведению экологического мониторинга.

Разработанные превентивные мероприятия должны в обязательном порядке учитываться при составлении Генеральных планов развития населенных пунктов. Данный системный подход к планированию урбанизированных территорий сохранит качество жизни населения [9], баланс между развитием промышленности и состоянием окружающей среды.

Материалы и методы

Объектом исследования является горнодобывающее предприятие, расположенное в Карагандинской области: карьер по добыче нерудного полезного ископаемого (глина). Основная деятельность: извлечение и первичная подготовка глины для нужд строительной отрасли Карагандинского региона. Ближайшая жилая застройка находится приблизительно на расстоянии порядка 1000 метров от границы горного отвода. Объемы производства незначительные, следовательно, данное расстояние достаточно для минимизации прямого воздействия на население. Но при увеличении объемов производства – добычи сырья необходимо жестко контролировать санитарно-защитную зону (СЗЗ).

Для получения полной и достоверной информации в районе ведения горных работ проводилась комплексная оценка экологической ситуации. Использовались аналитические, статистические, натурные (непосредственно на местности) и лабораторные исследования отобранных образцов.

Лабораторные исследования выполнены методом атомно-эмиссионной спектрометрии, что обеспечивает высокую точность при определении валового содержания химических элементов. Для изучения воздействия на атмосферный воздух применяли газоанализатор «ГАНК». Этот прибор эффективен на предприятиях по добыче и

переработке нерудных полезных ископаемых, где дробление и транспортировка горной массы сопровождаются образованием большого количества пыли и вредных аэрозолей. Добавляют загрязнения выбросы карьерной техники (самосвалы, бульдозеры, погрузчики), работающие на дизельном топливе. В основном эти источники относятся к категории неорганизованных, поэтому газоанализатор «ГАНК» является незаменимым при проведении точечных замеров на границах участков. В таких условиях постоянный контроль воздушной среды становится ключевым фактором поддержания экологических и санитарно-гигиенических параметров в соответствии с нормативными требованиями.

Для исследований химических веществ в почве использовался Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ. Прибор предназначен для измерения содержания химических веществ в почве на показатели фотометрическим методом: азот общий, алюминий, аммоний, бериллий, бор, гумус, железо, кобальт, магний, марганец, медь, молибден, мышьяк, нитраты, органическое вещество, селен, сульфаты, фенолы летучие, формальдегид, фосфор, цинк, сера и др. Для воспроизведения ситуации применялось программное обеспечение, позволившее моделировать реальные сценарии рассеивания загрязняющих веществ с учетом климатических региональных условий.

Для добычи нерудного полезного ископаемого и обслуживания инфраструктуры предусматриваются следующие производственные объекты: административно-бытовой комплекс (АБК), выемочно-добычной участок (непосредственно тело глиняного карьера), площадки открытого хранения и складирования извлеченного минерального сырья (глины), вспомогательный участок (склад технологических материалов для нужд предприятия), ремонтный цех для обслуживания карьерного автотранспорта и горнодобывающего оборудования.

Для снижения нагрузки на состояние окружающей среды и рационального недропользования необходимо внедрять в производство принципы замкнутого цикла. В строительной отрасли часть первичного сырья – глина – может заменяться на вторичные ресурсы, представленные шлаком, отходами в результате демонтажа зданий и сооружений, шлакоблоками, битым кирпичом. В настоящее время инновационные технологии могут перерабатывать некондиционные строительные материалы во вторичное сырье, тем самым непосредственно сокращая объемы добычи первичного сырья в карьере, продлевая срок его эксплуатации.

Для оценки воздействия производства на окружающую среду необходимо проводить исследования с рассмотрением климатических условий территории. Климатические условия Карагандинской области отличаются большим разнообразием в связи со значительной протяженностью по всем румбам. Климат области резко континентальный, сухой, что напрямую влияет на экологические риски при добыче. Высокая степень континентальности проявляется в больших годовых и суточных амплитудах температуры и в неустойчивости климатических показателей во времени (из года в год).

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на перенос и рассеивание вредных примесей, по-

ступающих в атмосферу. Наибольшее влияние оказывает ветер, температура, рельеф местности. На формирование уровня загрязнения воздуха оказывают влияние туманы, осадки. Туман и осадки в виде дождей и снега являются защитными барьерами для распространения ксенобиотиков. Осадки способствуют задержанию, поглощают примесь не только вблизи подстилающей поверхности, но и из вышележащих наиболее загрязненных слоев воздуха.

Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Природные метеорологические характеристики района расположения добывающего производства

Кесте 1

Өндіру нысаны орналасқан аумақтың табиғи метеорологиялық сипаттамалары

Table 1

Natural meteorological characteristics of the area where the extraction facility is located

Наименование	Величина
Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А	200
Коэффициент рельефа местности	1
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, °С	28,5
Средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца, °С	-20,2
Среднегодовая роза ветров, %	
северное направление	10
северо-восточное направление	15
восточное направление	14
юго-восточное направление	11
южное направление	19
юго-западное направление	18
западное направление	8
северо-западное направление	5
Штиль, %	9
Среднегодовая скорость ветра, м/с	2,8
Скорость ветра (по средним многолетним данным), повторяемость превышения которой составляет 5%, м/с	7
Число дней с устойчивым снежным покровом за год	144
Количество дней с дождем	42
Сумма осадков за год, мм	118,9

Источники выбросов на промышленной площадке были нанесены на карту и обозначены принятой нумерацией: начиная с цифры «0» показаны организованные источники, с цифры «6» неорганизованные источники эмиссии в

атмосферу (карьер, открытые отвалы вскрышных пород, пункты пересыпки глины) (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения источников эмиссии в атмосферу (Google Earth, дата обращения февраль, 2026 г.).

Сурет 1. Атмосфераға шығарындылар көздерінің орналасу сызбасы (Google Earth, 2026 жылғы ақпандағы деректер).

Figure 1. Layout of atmospheric emission sources (Google Earth, accessed February 2026).

Результаты исследований

Технологический процесс добычи глины состоит из следующих операций:

- вскрышные работы: выемка и перемещение плодородного слоя почвы во временные бурты (для дальнейшей рекультивации), а также разработка пустых вмещающих пород, перекрывающих залежи полезной глины;
- экскавация и добыча сырья: извлечение глины с помощью экскаваторов;
- временное хранение: складирование добытого сырья для формирования запасов и частичного подсушивания на воздухе;
- погрузочно-транспортные работы: погрузочные работы и транспортировка сырья (глины) на склады строительной отрасли.

Таким образом, при ведении открытых горных работ на данном объекте действует семь источников эмиссии в атмосферу. Источники загрязнения рассматриваемого предприятия не оборудованы автоматизированными системами мониторинга. Мониторинг атмосферного воздуха на рассматриваемом предприятии осуществляется методом инструментальных замеров (для организованных источников) и расчетным методом (для неорганизованных источников).

Мониторинг воздушной среды базируется на сочетании прямых инструментальных измерений (на стационарных источниках) и расчетных методов (для мобильной техни-

ки и открытых площадок). Основные сведения об источниках выбросов и методах их производственного контроля приведены в таблице 2.

Таблица 2
Источники эмиссий в атмосферу для проведения контроля

Кесте 2
Мониторингке жататын атмосферага шығарындылар көздері

Table 2
Sources of atmospheric emissions subject to monitoring

Наименование показателей	Всего
Количество источников выбросов загрязняющих веществ	7
Организованных, из них:	3
Количество источников с автоматизированной системой мониторинга	—
Количество источников, на которых мониторинг осуществляется инструментальными замерами	2
Количество источников, на которых мониторинг осуществляется расчетным методом	1
Количество неорганизованных источников, на которых мониторинг осуществляется расчетным методом	4

В процессе освоения месторождения образуются промышленные и бытовые отходы. Концепция управления отходами базируется на принципах *reduce* (сокращение), *reuse* (повторное использование) и *recycling* (переработка). При этом повторное использование вскрышных пород и некондиционного минерального сырья является наиболее приоритетным направлением защиты земель.

Действующая на предприятии система обращения с отходами включает следующие процессы:

- расчет образования вскрышных отходов и корректировка графиков отвалообразования с учетом возможностей их полезного использования при выравнивании рельефа и рекультивации отработанных сегментов карьера;
- сбор и хранение отходов в специальных контейнерах или емкостях для временного хранения отходов;
- вывоз отходов на утилизацию и/или переработку и в места захоронения по разработанным и согласованным графикам.

Некоторая часть образующихся твердых материалов может быть использована повторно непосредственно в границах горного отвода. Например, вскрышные породы и суглинки являются отличным материалом для обратной засыпки выработанного пространства (внутреннего отвалообразования) и профилирования внутренних технологических дорог, что резко снижает площади нарушенных земель и предотвращает их ветровую эрозию. Своевременный вывоз опасных отходов на утилизацию исключает риски фильтрации токсичных веществ

(нефтепродуктов) в глубокие горизонты почв и подземные водоносные слои.

Наиболее острой экологической проблемой для открытого способа добычи сырья является воздействие на атмосферный воздух. Основные выбросы загрязняющих веществ носят неорганизованный характер и происходят при экскавации сухой глины, планировке отвалов вскрыши бульдозерами, сдувании мелкодисперсных фракций ветром со складов временного хранения и, в наибольшей степени, при движении тяжелых самосвалов по грунтовым карьерным дорогам. Кроме того, постоянным источником загрязняющих веществ, таких как сажа, оксид азота, углерод и сера, является работа дизельного карьерного транспорта.

Для оперативного реагирования на негативное изменение качества атмосферного воздуха предприятию необходимо производственный экологический контроль и мониторинг. Для исследуемого предприятия предлагается следующий процесс мониторинга (таблица 1).

План проведения экологического мониторинга за загрязнениями и выбор контрольных точек, а также выбор контролируемых веществ необходимо проводить с учетом геоэкологических параметров, в том числе климата, направления ветра, рельефа. Таким образом, таблица 3 будет варьироваться по виду и количеству загрязняющих веществ, периодичности отбора проб.

Таблица 3
Контроль за источниками выбросов от исследуемого объекта

Кесте 3
Зерттелетін нысандағы шығарындылар көздеріне мониторинг жүргізу

Table 3
Monitoring of emission sources at the facility under study

Контролируемый загрязнитель	Периодичность контроля	Периодичность контроля в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ)
0301 Азот (IV) диоксид (азота диоксид)	Ежеквартально	1 раз в сутки
0304 Азот (II) оксид (азота оксид)	Ежеквартально	1 раз в сутки
0330 Сера диоксид (ангидрид сернистый, сернистый газ, Сера (IV) оксид)	Ежеквартально	1 раз в сутки
0337 Углерод оксид (окись углерода, угарный газ)	Ежеквартально	1 раз в сутки
2908 Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70–20 (шамот, цемент, пыль цементного производства)	Ежеквартально	1 раз в сутки

Важно также отметить, что карьер находится в зоне резко континентального климата Карагандинского региона с большой ветровой нагрузкой, поэтому замеры необходимо проводить на границе СЗЗ с учетом направления и скорости ветра. Данное условие проведения замеров позволит выявлять реальные зоны запыления, оценивать дальность переноса пылевого загрязнения и своевременно принимать меры по пылеподавлению (например, орошение дорог водой) еще до того, как облако пыли достигнет селитебной зоны.

Обсуждение результатов

В настоящее время необходимо проведение объективной экологической оценки любого производственного процесса, в частности, ведения открытой добычи нерудного минерального сырья при снижении экологической нагрузки на ландшафты в регионах с неустойчивыми климатическими условиями. Полученные исследования включают не только описание текущего влияния ведения открытых горных работ на состояние окружающей среды, но и дают полную картину связи карьера с компонентами окружающей среды (рассеивание эмиссий в атмосферном воздухе, накопление загрязняющих веществ в почве). Таким образом, в работе детально рассмотрен полный цикл миграции загрязняющих веществ: от начала их выделения при экскавации или движении транспорта, рассеивания в приземном слое атмосферы и до их конечного накопления в почвенном покрове вокруг горного отвода. Такой комплексный подход позволяет перевести управление недропользованием по схеме замкнутого цикла: «подготовка недр – извлечение запасов – минимизация отходов – рекультивация нарушенных земель».

В результате исследований были определены параметры рассеивания загрязняющих веществ, адаптированные к неустойчивым метеорологическим условиям Карагандинского региона. Достоинством данного исследования являются следующие практические рекомендации:

- *частичное использование вторичных ресурсов (замещение первичного минерального сырья). Сокращение извлечения первичного сырья за счет использования в качестве вторичного сырья отходов рассматриваемого региона (шлак, зола, бетонные отходы). Данный подход напрямую решает, как минимум две экологические задачи: снижает нагрузку на земельные ресурсы Карагандинского региона, сдерживая увеличение площадей карьеров и отвалов; сокращение добычи глины (первичного сырья), что является одним из условий выполнения декарбонизации производства;*

- *проведение инструментального экологического контроля и внедрение перманентного онлайн экологического мониторинга. Данное мероприятие позволит предприятию быстро реагировать на погодные изменения. Например, по дополнительному орошению дорог или временному приостановлению вскрышных работ при наступлении НМУ.*

Данные исследования отличаются от аналогичных, направленных на исследования влияния выбросов от печей обжига [10, 11], и заключаются в комплексной экологической оценке, где учитываются как организованные, так и неорганизованные источники выбросов. В нашем же случае акцент сделан на комплексную оценку горнодобыва-

ющего сектора, где основными источниками загрязнения являются неорганизованные (работа карьерного транспорта, дефляция бортов карьера и отвалов).

Данная работа принципиально отличается от большинства родственных исследований, которые традиционно концентрируются на выбросах перерабатывающих заводов (например, на выбросах обжиговых печей кирпичных или цементных производств). Наш фокус смещен в сторону комплексной оценки горнодобывающего звена, где доминируют неорганизованные, динамически меняющиеся источники эмиссий (запыление от движения тяжелой техники, дефляция бортов карьера и отвалов).

Ученые Ignacio Zabalza, Antonio Valero, Alfonso Aranda-Usón [11] детально анализировали жизненный цикл минерального сырья для строительной отрасли в условиях мягкого, европейского климата, а настоящие исследования полностью адаптированы к условиям резко континентального климата. Климат Центрального Казахстана характеризуется наличием ветровой нагрузки, значительных суточных перепадов температуры, недостаточного количества осадков, что способствует интенсивному процессу пылеобразования на открытых площадках.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск технологий для безопасной рекультивации выработанного карьерного пространства с использованием промышленных отходов рассматриваемого региона. Основной проблемой в данном случае будет изменчивость химического и гранулометрического состава техногенного сырья. Кроме того, важным аспектом является выработка механизма по обязательному внедрению планов рекультивации нарушенных горными работами земель в Генеральные планы развития урбанизированных территорий.

Заключение

В результате проведенных комплексных экологических исследований по добыче нерудного минерального сырья (глины) были разработаны практические рекомендации и мероприятия, направленные на снижение техногенной нагрузки на компоненты окружающей среды Карагандинского региона.

В качестве защитных мер по снижению негативного воздействия добывающего предприятия на состояние окружающей среды рекомендуется:

- *постоянный контроль над функционированием оборудования и проведение замеров на организованных источниках эмиссий (аспирационные системы, котельная и др.);*
- *неорганизованные источники эмиссий, такие как склады временного хранения глины, обустроить, например, ветрозащитными экранами; внутрикарьерные дороги и отвалы орошать растворами химических реагентов для пылеподавления;*

- *на границе санитарно-защитной зоны предусмотреть проведение замеров по выбранным маркерным веществам, характерным для открытых горных работ и карьерной техники: пыль неорганическая, оксиды углерода, азота, серы.*

Существующую систему производственного мониторинга рекомендуется модернизировать путем внедрения автоматизированных интеллектуальных средств измерения качества воздуха на основе следующих правил (таблица 4).

Таблица 4

Условия модернизации существующей системы производственного мониторинга

Кесте 4

Қолданыстағы өндірістік мониторинг жүйесін жаңғырту шарттары

Table 4

Conditions for modernizing the existing production monitoring system

Показатель	Правила, учитывающие характер рассеивания
Высота источника	Чем выше труба, тем больше расстояние рассеивания. Классификация: высокие ($H \geq 50$ м), средние ($H = 10-50$ м), низкие ($H = 2-10$ м), наземные ($H \leq 2$ м)
Температура выбросов	Горячие выбросы ($\Delta T > 5^\circ \text{C}$) поднимаются выше и рассеиваются интенсивнее холодных
Скорость ветра	Определяет опасную скорость ветра (U_m), при которой приземная концентрация максимальна. Слабый ветер способствует накоплению загрязняющих веществ внутри карьера, а штормовой ветер резко усиливает сдувание пыли с отвалов
Метеоусловия	Температурная стратификация, туманы, инверсии – при инверсии рассеивание резко ухудшается
Рельеф местности	Локальные неровности выработанного пространства и отвалов изменяют направление воздушных потоков. На прилегающей равнинной местности поправка на рельеф принимается минимальной ($\eta = 1$).
Характеристика источника	Диаметр устья, скорость выброса, объем газовойздушной смеси (V_t) влияют на начальный подъем факела
Физико-химические свойства	Коэффициент F (1...3) учитывает скорость оседания: газы ($F = 1$), мелкодисперсная пыль ($F = 2$), крупная пыль ($F = 3$)

В качестве рекомендации, которая применима для всех предприятий Карагандинского региона и даже Центрального Казахстана является озеленение границы санитарно-защитной зоны (создание «зеленого фильтра» по всему периметру СЗЗ), прилегающей к предприятию. Особенно эта рекомендация касается горнодобывающих предприятий, расположенных в суровых климатических условиях Центрального Казахстана. Частые многорядные посадки засухоустойчивых деревьев и кустарников (вяз мелколист-

ный, лох узколистный, тополь серебристый) выполняют важнейшую экологическую функцию. Такие «зеленые фильтры» будут сдерживать скорость ветра, задерживать глиняную пыль. Все это будет способствовать улучшению качественного состояния окружающей среды. Экологические риски, такие как увеличение распространения облака выбросов от производства, увеличение выбросов в период неблагоприятных метеорологических условий будут минимизированы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экологический кодекс Республики Казахстан: Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК (на русском языке)
2. García-Machado J. J., Martínez-Ávila M. Экологические показатели и «зеленая культура»: опосредующий эффект «зеленых» инноваций. Применение в автомобильной промышленности // Sustainability. – 2019. – Т. 11. – № 18. – Ст. 4874 (на английском языке)
3. Применение беспилотных летательных аппаратов в области гидрографических исследований / П. С. Шпаков [и др.] // Вестник Академии гражданской авиации. – 2022. – № 1 (24). – С. 8–13 (на русском языке)
4. Экологические требования при проектировании и строительстве объектов / В. Н. Азаров [и др.] // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 10 (6). – Ст. 96SAVN618 (на русском языке)
5. Полякова Т. В., Сайбель А. В., Халезин С. В. Строительство и экология // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4–2 (23). – С. 204–206 (на русском языке)
6. Snellings R., Suraneni P., Skibsted J. Будущие и появляющиеся дополнительные цементующие материалы // Cement and Concrete Research. – 2023. – Т. 171. – Ст. 107199 (на английском языке)
7. Oke J. A., Abuel-Naga H., Leong E.-C. Декарбонизация в строительстве с использованием дополнительных цементных материалов и технологии ускоренной карбонизации – обзор // International Journal of Sustainable Engineering. – 2024. – № 18 (4). – С. 392–413 (на английском языке)
8. Rhaouti Ya., Taha Ya., Benzaazoua M. Оценка экологических характеристик смесевых цементов с точки зрения жизненного цикла: Систематический обзор // Sustainable Production and Consumption. – 2023. – Т. 23. – С. 32–48 (на английском языке)
9. Манжилевская С. Е., Петренко Л. К., Шиндиян Г. А. Систематизация мероприятий по охране и улучшению окружающей среды г. Ростова-на-Дону // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 3. – Ст. 62SAVN319 (на русском языке)
10. Влияние производства печей для обжига кирпича на окружающую среду и здоровье человека в Пакистане / M.W. Khan [и др.] // Sci Total Environ. – 2019. – № 678. – С. 383–389 (на английском языке)
11. Zabalza I., Valero A., Aranda-Usón A. Оценка жизненного цикла строительных материалов: сравнительный анализ энергетического воздействия на окружающую среду и оценка потенциала повышения экологической эффективности // Building and Environment. – 2011. – № 46 (54). – С. 1133–1140 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының Экология кодексі: Қазақстан Республикасының 2021 жылғы 2 қаңтардағы № 400-VI ҚРЗ Кодексі (орыс тілінде)
2. García-Machado J.J., Martínez-Ávila M. Қоршаған ортаны қорғау және жасыл мәдениет: жасыл инновацияның делдалдық әсері. Автомобиль өнеркәсібіне қолданылуы // Sustainability. – 2019. – № 11 (18). – 4874 (ағылшын тілінде)

3. Гидрографиялық зерттеулерде пилотсыз ұшу аппараттарын пайдалану / П. С. Шпаков [және т. б.] // Азаматтық авиация академиясының хабаршысы. – 2022. – № 1 (24). – Б. 8–13 (орыс тілінде)
4. Нысандарды жобалау және салу кезіндегі экологиялық талаптар / В. Н. Азаров [және т. б.] // Еуразия ғылымының бюллетені. – 2018. – № 10 (6). – 96SAVN618 (орыс тілінде)
5. Полякова Т. В., Сайбель А. В., Халезин С. В. Құрылыс және экология // Донның инженерлік хабаршысы. – 2012. – № 4–2 (23). – Б. 204–206 (орыс тілінде)
6. Snellings R., Suraneni P., Skibsted J. Болашақ және жаңадан пайда болатын қосымша цемент материалдары // *Cement and Concrete Research*. – 2023. – Т. 171. – 107199 (ағылшын тілінде)
7. Oke J. A., Abuel-Naga H., Leong E.-C. Құрылыста қосымша цемент материалдарын және жеделдетілген көміртектеу техникасын қолдана отырып, көміртексіздендіру – шолу // *International Journal of Sustainable Engineering*. – 2024. – № 18 (4). – Б. 392–413 (ағылшын тілінде)
8. Rhaouti Ya., Taha Ya., Benzaazoua M. Аралас цементтердің қоршаған ортаға әсерін өмірлік цикл тұрғысынан бағалау: жүйелі шолу // *Sustainable Production and Consumption*. – 2023. – Т. 23. – Б. 32–48 (ағылшын тілінде)
9. Манжилевская С.Е., Петренко Л.К., Шиндиян Г. А. Ростов-на-Дону қоршаған ортасын қорғау және сақтау шараларын жүйелеу // *Еуразия ғылымының бюллетені*. – 2019. – № 3. – Т. 11. – 62SAVN319 (орыс тілінде)
10. Пәкістандағы кірпіш нештері өнеркәсібінің қоршаған орта мен адам денсаулығына әсері / М. W. Khan [және т. б.] // *Sci Total Environ*. – 2019. – № 678. – Б. 383–389 (ағылшын тілінде)
11. Zabalza I., Valero A., Aranda-Usón A. Құрылыс материалдарының өмірлік циклін бағалау: энергетикалық және қоршаған ортаға әсерді салыстырмалы талдау және экологиялық тиімділікті арттыру әлеуетін бағалау // *Building and Environment*. – 2011. – № 46 (54). – Б. 1133–1140 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. *Ekologicheskie kodeksy Respubliki Kazakhstan: Kodeksy Respubliki Kazakhstan ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI ZRK* [Ecological Code of the Republic of Kazakhstan: The Code of the Republic of Kazakhstan dated January 2, 2021 No. 400-VI] (Russian)
2. Garcia-Machado J. J., Martinez-Ávila M. Environmental Performance and Green Culture: The Mediating Effect of Green Innovation. An Application to the Automotive Industry // *Sustainability*. – 2019. – No. 11 (18). – Article 4874 (English)
3. *Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v oblasti gidrograficheskikh issledovaniy* [Introduction of unmanned aerial vehicles in the region of hydrographic research] P. S. Shpakov et al. *Vestnik Akademii grazhdanskoi aviatsii* [Bulletin of the Academy of Civil Aviation]. – 2022. – No. 1 (24). – P. 8–13 (Russian)
4. *Ekologicheskie trebovaniya pri proektirovaniy i stroitel'stve ob'ektov* [Environmental considerations for the design and construction of objects] V. N. Azarov et al. *Vestnik Evraziiskoi nauki* [Vestnik of Eurasian National University]. – 2018. – No. 10 (6). – 96SAVN618 (Russian)
5. Polyakova T. V., Saibel A.V., Khalezin S. V. *Stroitel'stvo i ekologiya* [Construction and ecology]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Journal of Don]. – 2012. – No. 4–2 (23). – P. 204–206 (Russian)
6. Snellings R., Suraneni P., Skibsted J. Future and emerging supplementary cementitious materials // *Cement and Concrete Research*. – 2023. – Vol. 171. – Article 107199 (English)
7. Oke J. A., Abuel-Naga H., Leong E.-C. De-carbonizing in construction using supplementary cementitious materials and accelerated carbonation technique – A review // *International Journal of Sustainable Engineering*. – 2024. – No. 18 (4). – P. 392–413 (English)
8. Rhaouti Ya., Taha Ya., Benzaazoua M. Assessment of the Environmental Performance of Blended Cements from a Life Cycle Perspective: A Systematic Review // *Sustainable Production and Consumption*. – 2023. – Vol. 23. – P. 32–48 (English)
9. Manzhilevskaya S. E., Petrenko L. K., Shindiyan G. A. *Sistematizatsiya meropriyatiy po okhrane i uluchsheniyu okruzhayushchei sredy g. Rostova-na-Donu* [Systematization of events in the region and seduction of the surrounding regions of Rostov-on-Don]. *Vestnik Evraziiskoi nauki* [Bulletin of Eurasian scientific]. – 2019. – No. 3. – Vol. 11. – Article 62SAVN319 (Russian)
10. Impact of brick kilns industry on environment and human health in Pakistan / M. W. Khan et al. // *Sci Total Environ*. – 2019. – No. 678. – P. 383–389 (English)
11. Zabalza I., Valero A., Aranda-Usón A. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential // *Building and Environment*. – 2011. – No. 46 (54). – P. 1133–1140 (English)

Сведения об авторах:

Цешковская Е. А., Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Промышленная безопасность и экология», Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), elena_tsesh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0330-3325>

Цой Н. К., к. т. н., ассоциированный профессор кафедры «Промышленная безопасность и экология», Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), zoinat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5682-930X>

Матвиенко Н. В., научный руководитель научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ТОО «Expert PRO» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), n.matvienko@expertpro.kz; <https://orcid.org/0009-0006-2622-0732>

Нурмаганбетова А. С., магистрант кафедры «Промышленная безопасность и экология», гр. БЖДМ-25-2, Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), areweere123@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-4824-9246>

Авторлар туралы мәліметтер:

Цешковская Е. А., Ph.D, «Өнеркәсіптік қауіпсіздік және экология» кафедрасының доценті, Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Цой Н. К., т. ғ. к., «Өнеркәсіптік қауіпсіздік және экология» кафедрасының доценті, Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Матвиенко Н. В., Ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың ғылыми жетекшісі, «Expert PRO» ЖШС (Өскемен қ., Қазақстан)

Нурмаганбетова А. С., «Өнеркәсіптік қауіпсіздік және экология» кафедрасының магистрі, гр. БЖДМ-25-2, Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Teshkovskaya Ye. A., Ph.D, Associate Professor of the Department of Industrial Safety and ecology, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Tsoy N. K., k. t. s., Associate Professor of the Department of Industrial Safety and ecology, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Matvienko N. V., Scientific director of research and development activities, «Expert PRO» LLP (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Nurmaganbetova A. S., Master's student of the Department of Industrial Safety and Ecology, gr. BZhDM-25-2, Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)