ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.3.054
DOI: 10.46698/VNC.2020.37.81.009

Оригинальная статья

Вопросы оценки эффективности внедряемых пылезащитных экранов на этапе проектирования

А. В. Иванов, А. В. Стриженок, И. К. Супрун

Санкт-Петербургский горный университет, Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2, e-mail: www. igor_suprun@mail. ru

Статья поступила: 15.08.2020, доработана: 26.08.2020, одобрена в печать: 27.08.2020

Аннотация: Актуальность работы. Несмотря на очевидную техническую простоту пылезащитного экрана, долгое время использование подобных сооружений на территории России практически не практиковалось. Расширение территорий населенных пунктов и повышение степени внимания к социально-экологическим проблемам регионов и со стороны органов власти, и со стороны населения послужило толчком развития и внедрения пылезащитных экранов на объектах предприятий, в том числе, предприятий минерально-сырьевого комплекса. Тем не менее, существуют различные аспекты возможностей учета пылезащитных экранов программным обеспечением. **Цель работы.** Целью работы является выявление характера распространения твердых взвешенных веществ в воздухе карьера рассматриваемого предприятия, построение моделей рассеивания загрязняющих веществ в воздухе различными способами в рамках нормативных методик и их анализ. **Методы исследований.** Методы исследования включают в себя анализ проектных данных по выбросам загрязняющих веществ на рассматриваемом предприятии, рассмотрение материалов статей, посвященных исследованиям в этой области применения пылезащитных экранов. Работа проводилась с использованием программного комплекса УПРЗА «Эколог», применяемом для расчётов рассеивания загрязняющих веществ, реализующего утвержденные нормативные методики с возможностью учета параметров источников выброса, элементов рельефа местности и элементов застройки, а также с возможностью графического представления результатов. **Результаты работы.** Отмечено, что пылезащитные экраны, размещённые на границах карьерного поля, могут быть эффективны только в полупроницаемом исполнении и только при инверсионном характере движения воздуха в выемке. По итогу проведенных исследований сделан вывод о том, что фактически рекомендации по учету защитных сооружений в нормативной расчетной методике не позволяют корректно учесть использование экранов. При этом снижение концентрации может быть оценено лишь процентным уменьшением массы переносимой пыли.

Ключевые слова: пылезащитный экран, пылеперенос, инверсия, пыль, моделирование

Для цитирования: Иванов А. В., Стриженок А. В., Супрун И. К. Вопросы оценки эффективности внедряемых пылезащитных экрановна этапе проектирования. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10 (3): 140 – 152. DOI: 10.46698/VNC.2020.37.81.009.

GEOECOLOGY

DOI: 10.46698/VNC.2020.37.81.009

Original paper

Issues of evaluating the effectiveness of the introduced dust screens at the design stage

A. V. Ivanov, A. V. Strizhenok, I. K. Suprun

St. Petersburg Mining University, 221st Line, St Petersburg 199106, Russian Federation,
e-mail: www. igor_suprun@mail. ru

Reseived: 15.08.2020, revised: 26.08.2020, accepted: 27.08.2020

Abstract: Relevance. Despite the obvious technical simplicity of the dust shield, for a long time the use of such structures on the territory of Russia was practically not practiced. The expansion of the territories of settlements and an increase in the degree of attention to the socio-ecological problems of the regions both on the part of the authorities and on the part of the population served as an impetus for the development and implementation of dust screens at the facilities of enterprises, including enterprises of the mineral resource complex. However, there are various aspects of the software's ability to account for dust screens. **Aim.** The aim of the work is to identify the nature of the distribution of suspended solids in the air of the quarry of the enterprise under consideration, to build models for the dispersion of pollutants in the air in various ways within the framework of regulatory methods and their analysis. **Methods.** Research methods include analysis of design data on emissions of pollutants at the enterprise in question, consideration of articles devoted to research in this area of application of dust screens. The work was carried out using the UPRZA "Ecolog" software package, which is used for calculating the dispersion of pollutants, which implements the approved regulatory methods with the ability to take into account the parameters of emission sources, elements of the terrain and building elements, as well as with the ability to graphically represent the results. **Results.** It is noted that dust screens located at the boundaries of a quarry field can be effective only in a semi-permeable design and only with the inversion nature of air movement in the excavation. Based on the results of the studies carried out, it was concluded that, in fact, the recommendations for taking into account protective structures in the normative design methodology do not allow correctly taking into account the use of screens. In this case, the decrease in concentration can only be assessed by the percentage decrease in the mass of the transferred dust.

Keywords: dust shield, dust transfer, inversion, dust, modeling.

For citation: Ivanov A. V., Strizhenok A. V., Suprun I. K. Issues of evaluating the effectiveness of the introduced dust screens at the design stage. Geology and geophysics of the South of Russia. 2020.10 (3): 140 – 152. DOI: 10.46698/VNC.2020.37.81.009.

Введение

Рассматриваемое предприятие располагается в Ленинградской области. Основной деятельностью предприятия является добыча горной массы при разработке месторождений полезных ископаемых гранитов открытым способом (карьер «Кузнечное-1») и последующая переработка ее для получения гранитного фракционированного щебня и прочих нерудных строительных материалов (дробильно-сортировочный завод «ДСЗ-2»).

Разработка карьера ведется буровзрывным образом. Взорванная горная масса отгружается экскаваторами и автотранспортом и вывозится для переработки на дробильно-сортировочный завод. Производство щебня предусмотрено по техно-

логической схеме, включающей три стадии дробления в замкнутом цикле с предварительным грохочением, выводом карьерных отсевов и сортировкой продуктана инерциальные грохоты. Первичное дробление исходной горной массы выполняется на щековой дробилке, вторичное и третичное – в конусных дробилках. Межоперационное перемещение материала осуществляется ленточными конвейерами. Готовая продукция конвейерами-штабелеукладчиками отсыпается в штабельные склады. Со складов продукция отгружается потребителям.

Объем поступающей горной массы на переработку составит 1250,0 тыс. $м^3$ в год. Максимальная годовая производительность карьера по вскрышным работам составляет 100,0 тыс. $м^3$.

В период проведения добычных работ, в процессе эксплуатации оборудования на карьере «Кузнечное-1» будет осуществляться определенная нагрузка на атмосферный воздух. Основными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу в период разработки рассматриваемого месторождения являются: экскаваторы, бульдозеры, буровые станки, взрывные работы, погрузчики, автотранспорт, отвал, временный склад отсевов дробления (ветровая эрозия).

Источники загрязнения атмосферного воздуха на дробильно-сортировочном заводе в данной работе не рассматривались в связи с тем, что проблема их негативного воздействия широко обсуждалась с предложением средозащитных мероприятий в работах, опубликованных ранее [Смирнов и др., 2012].

Актуальность

Борьба с пылью на подобных объектах обычно ведется точечно: мероприятия по пылеподавлению подбираются индивидуально для каждого типа источников. Как правило, подобная всеобъемлющая работа экономически непривлекательна для предприятия [Shanglun, 2013; Zhao, Zhang, 2018].

В ходе исследовательской работы рассматривались разные технические и организационные средства снижения объектом выброса пыли, однако, наиболее комплексным и универсальным способом является применении пылезащитных экранов. Пылезащитный экран – сооружение, представленное опорами, выполненными из металлического профиля с объемной структурой, между которыми натягивается полупроницаемый полимерный защитный материал.

Цель

В работе в качестве исходных данных использованы проектные данные предприятия, по результатам анализа которых, выделяется перечень основных выбрасываемых в атмосферный воздух при работе карьера загрязняющих веществ, но ключевой проблемой деятельности предприятия является выброс пыли неорганической с содержание SiO_2 70-20%. В ходе проделанной работы необходимо выполнить расчеты рассеивания произведены для всех источников выбросов, находящихся на площадке карьера.

Методы исследования

Основные методы исследования включали:

– системно-структурный анализ производственных объектов, способствующих ухудшению запыленности окружающей среды, в том числе, на основе проектной документации [Tverdaetal., 2016];

Таблица 1. / Table 1.

Источники загрязнения и удаленность их от поселка. / Sources of pollution and their remoteness from the village.

Номер / Number	Источник загрязнения / Source of pollution	Выброс пыли неорганической / In organic duste mission 70-20% SiO_2, г/с
6035	Отвал отсева / Dumpdropout	3,27
6005	Отвал вскрышных пород / Dump of over burden	4,402
6002	Буровойстанок / Drilling Rig (Commando 300)	1,5752
6004	Буровойстанок/ Drilling rig (ROC L8, Atlas Copco)	1,4684
6001	Разделка негабарита / Oversize dcutting	1,628
6007	Горнаямассапослевзрыва / Rock mass after explosion	2,857
6033	Вывозотсева / Removal of dropouts	3,869
6003	Вывозвскрышнойпороды / Removal of overburden	3,332
6006	Погрузкагорноймассывавтосамосвалы / Loading of rock mass into dump trucks	2,946

– анализ научных публикаций по теме исследования [Terekhin, Bulgakov, 2019];
– методы математического моделирования переноса пыли [Letuev et al., 2020].

Для выбора места расположения экрана были учтены метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. В таблице 1 представлены источники загрязнения и их удаленность от населенного пункта.

В качестве расчетного инструмента использовалась унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог» (версия 4), которая реализует положения расчётной методики [Кожевникова, 2017]. В используемой модификации программы реализуются также приложение учета застройки [Zhen-yaa et al., 2013]. Программа позволяет по данным об источниках выброса веществ и условиях местности рассчитывать разовые (осредненные за 20-30 минутный интервал) концентрации веществ в приземном слое при неблагоприятных метеорологических условиях [Streltsova, Zyryanova, 2019]. Встроенный в программу графический модуль «ГИС-Эколог» позволяет визуализировать в графическом файле топосновырезультаты расчета в виде изолиний коэффициентов контрастности относительно ПДК с учетом фоновых значений. В программных моделях использовались климатические данные согласно.

Начальными данными для полученной картографической модели послужили экспериментальные исследования, проведенные авторами на рассматриваемом объекте.

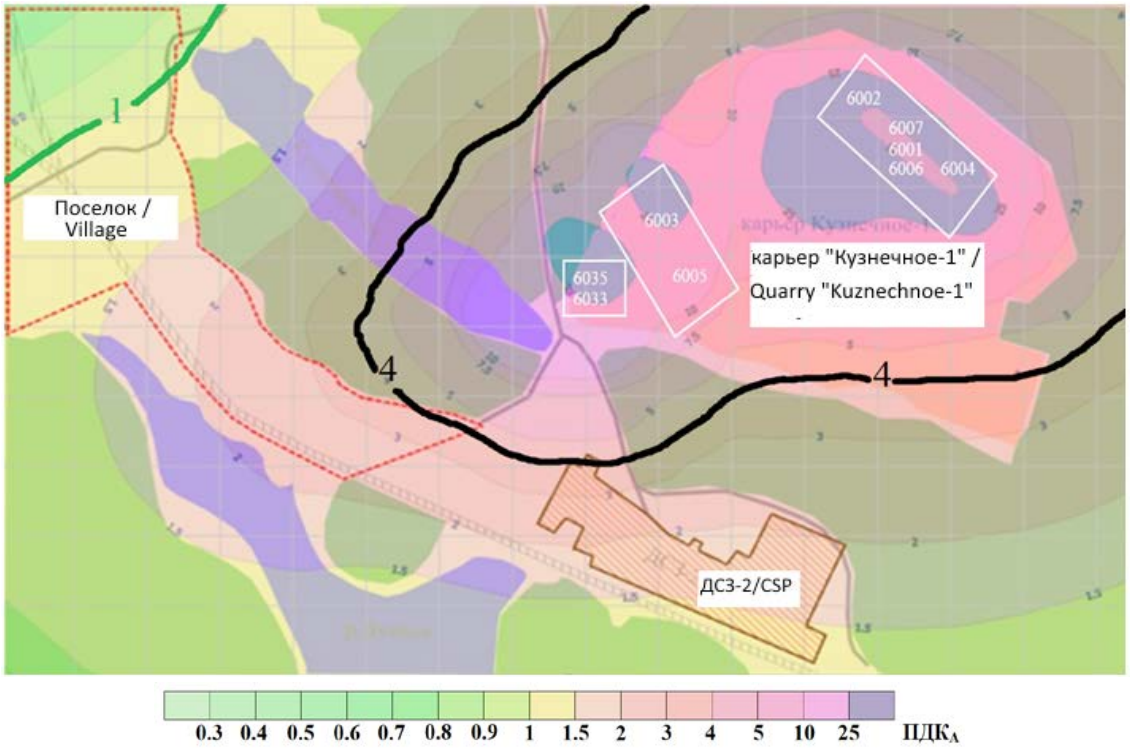
Полученные результаты и их обсуждение

В качестве параметра для построения изолиний на карте принят коэффициент контрастности, который рассчитывается как отношение текущей концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе к установленному нормативу. То есть все значения больше 1 показывают, во сколько раз текущая концентрация пыли превышает установленный норматив.

На рисунке 1 представлена схема расположения источников загрязнения на производственном объекте с нанесением изолиний коэффициентов контрастности. Предприятие работает в 2 смены по 12 часов и горное оборудование работает постоянно, из этого можно сделать вывод, что все источники загрязнения работают так же одновременно и непрерывно. В связи с этим, в жилой зоне могут наблюдаться превышения $ПДК_{сс}$ до 4 раз по выбросам пыли неорганической 70-20% SiO_2.

В ходе работы по оценке существующих средств предотвращения пылевого загрязнения атмосферного воздуха был выделен ряд наиболее широкоиспользуемых методов (таблица 2)

Стоит отметить, что применение первых трех рассмотренных методов носит точечный характер, это существенно снижает эффективность их применения для передвижных источников загрязнения [Горлов и др., 2014]. Применение же пылезащитных экранов носит комплексный характер, и обеспечение защиты воздуха производится постоянно независимо от режимов работы источников загрязнения.



1 – единичное значение коэффициента контрастности / unit contrast ratio
4 – максимальное значение коэффициента контрастности в зоне жилой застройки / maximum value of the contrast ratio in the residential area

Рис. 1. Ореолы рассеивания с нанесенными источниками загрязнения. /
Fig. 1. Dispersed halos with deposited pollution sources.

Таблица 2. / Table 2.

Основные методы борьбы с пылью на предприятиях открытой разработки полезных ископаемых. / Basic methods of dustcontrol in open cast mining enterprises.

Метод защиты атмосферного воздуха / Method of protection of atmospheric air	Преимущества метода / Advantages of the method	Недостатки метода / Disadvantages of the method
Гидрообеспыливание водой / Waterdedusting	– Широкая распространенность и разнообразие технических средств осуществления; – Возможность устройства передвижной установки; – Невысокие эксплуатационные затраты – Widespread use and variety of technical means of implementation; – Possibility of the device of a mobile installation; – Lowoperatingcosts	– Высокий расход воды; – Высокие требования к качеству воды; – Ограничения к использованию при низких температурах; – Малая продолжительность эффекта – High water consumption; – High requirements for water quality; – Restrictions on use at low temperatures; – Short duration of the effect
Применение аэропены / Aeropenapplication	– Пролонгированное действие после применения; – Низкий расход воды для производства пены – Prolonged action after application; – Low water consumption for foam production	– Подверженностьсдуванию – Susceptibilitytodeflation
Орошения реагентами / Irrigationwithreagents	– Сниженный расход воды для орошения; – Широкий диапазон температур эксплуатации – Reduced water consumption for irrigation; – Wide operating temperature range	– Вероятность вторичного загрязнения окружающей среды – The likelihood of secondary pollution of the environment
Применение пылезащитных экранов / Application of dust screens	– Неограниченный диапазон эксплуатационных температур – Значительный срок службы при однократном капиталовложении – Unlimited operating temperature range – Long service life with a one-time investment	– Возможность прохождения запыленного воздуха над экраном – Ability to pass dusty air above the screen

Существует две разновидности пылезащитных экранов: непроницаемый и проницаемый [Krivosheeva, 2017]. Непроницаемый экран дорог и обладает крайне высокой парусностью, что существенно ограничивает его высоты. На открытых про-

изводствах, как правило, применяются проницаемые экраны. Такие экраны существенно снижают ветровые нагрузки на опоры экрана и уменьшают вихреобразование потока воздуха при прохождении экрана [Volkodaeva, Kiselev, 2017]. Устройство выполняется в виде опор, сваренных из металлического профиля, и металлическими поперечинами между ними, на которых закрепляется полимерная сетка [Манжилевская и др., 2019]. Ключевыми механизмами снижения пыления являются снижение ветрового потока, максимально возможное падение кинетической энергии входящего ветрового потока, устранение образования ветровых потоков и общее снижение турбулентности, что в конечном итоге приводит к осаждению пыли в прошедшем потоке на некотором удалении от экрана. Высота подобных сооружений, как правило, составляет 5 м, но в отдельных случаях может достигать 8 метров.

Примеры применения пылезащитных экранов представления на рисунках 2, 3 и 4.

Рис. 2. Торговый порт, терминал по перегрузке сыпучих материалов (г. Мурманск). / Fig. 2. Trade port, terminal for transshipment of bulk materials (Murmansk).

Рис. 3. Месторождение Rocky Hill (Австралия). / Fig. 3. Rocky Hill field (Australia).

Рис. 4. Открытый склад строительных материалов (Китай, провинция Фудзянь). / Fig. 4. Open warehouse of building materials (China, Fujian province).

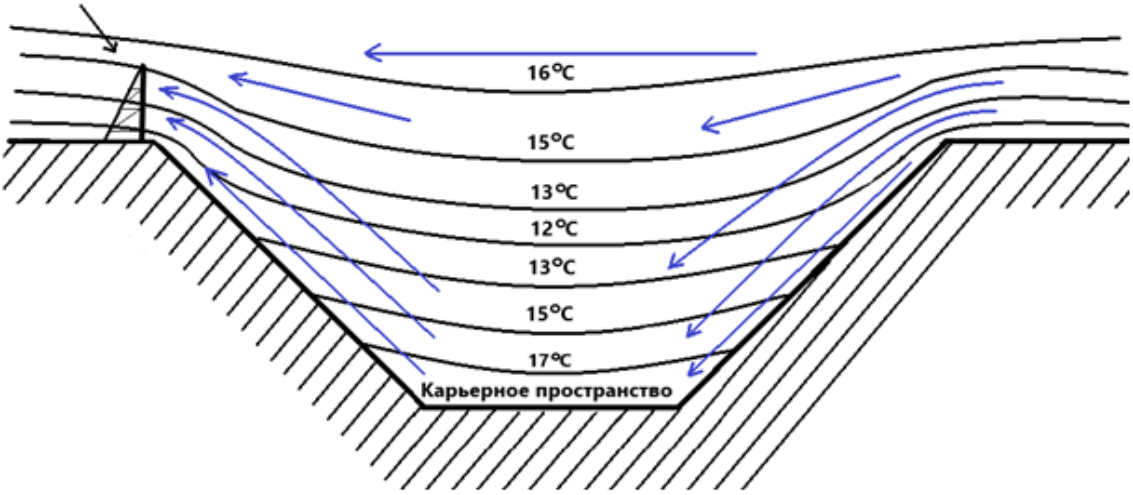
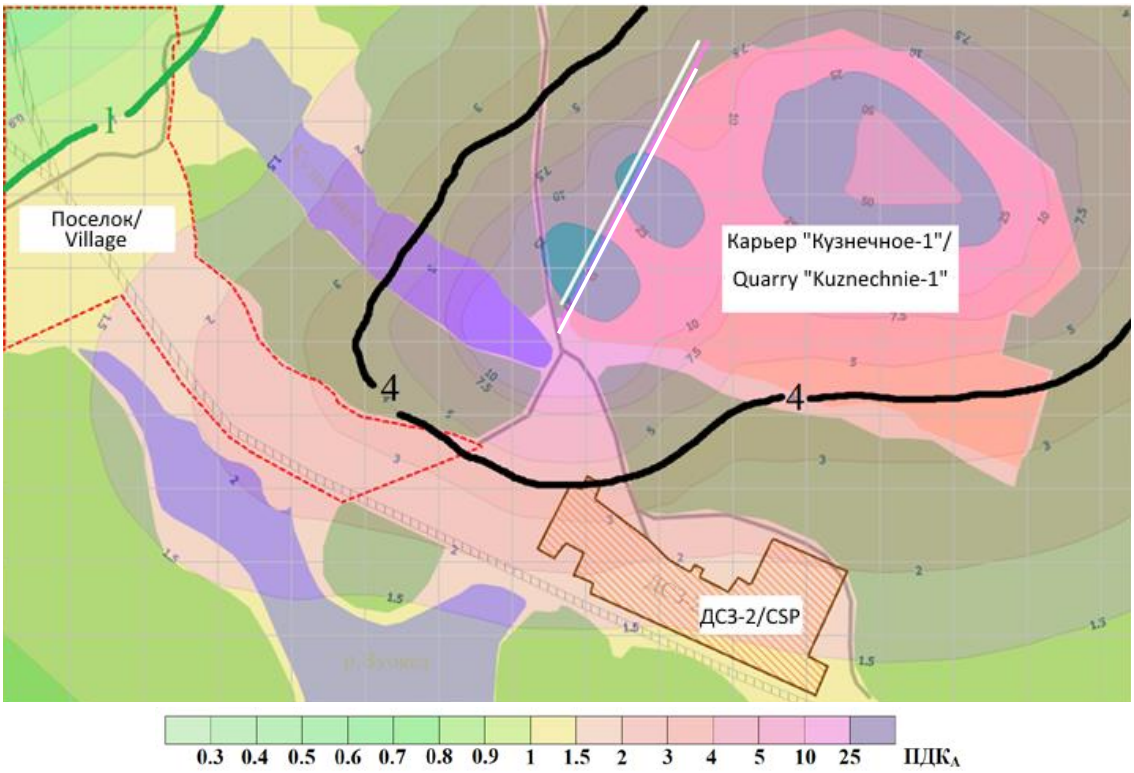
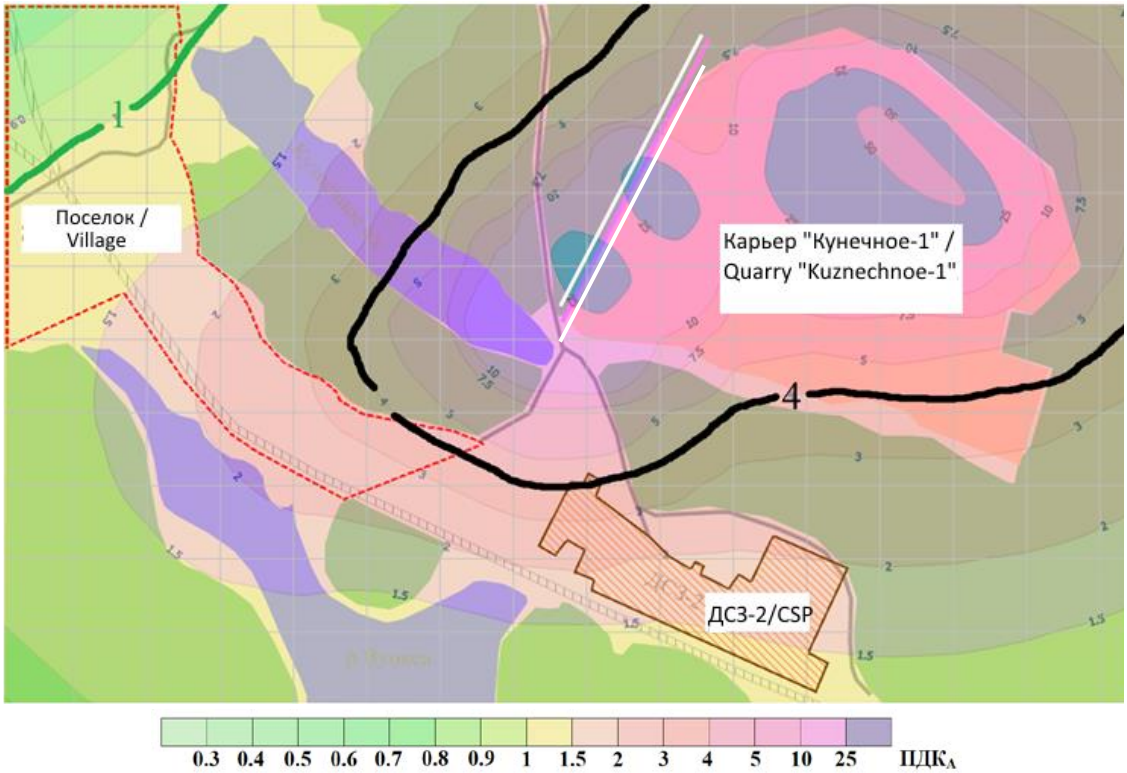


Рис. 5. Немасштабный профиль распределения температур в карьере «Кузнечное-1» для средних максимумов температур воздуха в летний период времени в районе размещения объекта и направления движения воздушных масс. /
Fig. 5. Non-scale profile of temperature distribution in the «Kuznechnoye-1» open pit for average maximum air temperatures in summer in the area of the object and the direction of movement of air masses.



1 – единичное значение коэффициента контрастности / unit contrast ratio
4 – максимальное значение коэффициента контрастности в зоне жилой застройки / maximum value of the contrast ratio in the residential area

Рис. 6. Результат расчета рассеивания пыли неорганической 70-20% SiO_2 при учете пылезащитного экрана, как элемента застройки. /
Fig. 6. The result of calculating the dispersion of inorganic dust 70-20% SiO_2, taking into account the dust shield as a building element.



1 – единичное значение коэффициента контрастности / unit contrast ratio
4 – максимальное значение коэффициента контрастности в зоне жилой застройки / maximum value of the contrast ratio in the residential area

Рис. 7. Результат расчета рассеивания пыли неорганической 70-20% SiO_2 при учете пылезащитного экрана, как дополнительного элемента рельефа местности. / Fig. 7. The result of calculating the dispersion of inorganic dust 70-20% SiO_2, taking into account the dust shield as an additional element of the terrain.

Как было отмечено ранее, основной недостаток применения подобных защитных сооружений – возможность прохождения загрязненного воздуха над экраном [Московская, Лазарева, 2015]. При оценке возможности применения экрана на рассматриваемом объекте в ходе проведения по данной научной работе, поддержанной грантом президента РФ МК-130.2020.5, оценивался характер распространения загрязняющих веществ. Было установлено, что в связи с формированием антропогенной выемки, движение воздушных масс в карьере носит инверсионный характер. В результате неравномерности распределения температур по слоям, рассеивание загрязняющих веществ производится приповерхностно, что позволяет говорить о прохождении основной массы загрязняющих веществ в приземной зоне до 5 метров. На рисунке 5 представлен немасштабный профиль распределения температур в карьере «Кузнечное-1» для средних максимумов температур воздуха в летний период времени в районе размещения объекта.

Ключевым аспектом проектирования пылезащитных экранов является возможность учета сооружения в программах моделях рассеивания загрязняющих веществ в рамках действующей нормативной базы.

Согласно гостированной методике МРР-2017 любые защитные сооружения должны рассматриваться как элементы застойки [Yamashkin, Zhulina, 2019]. Расчет рассеивания был выполнен на основе программы УПРЗА Эколог 4.0 с модулем расчета с учетом застройки.

На карте (рис. 6) представлено рассеивание после расчета по МРР-2017 с учетом застройки.

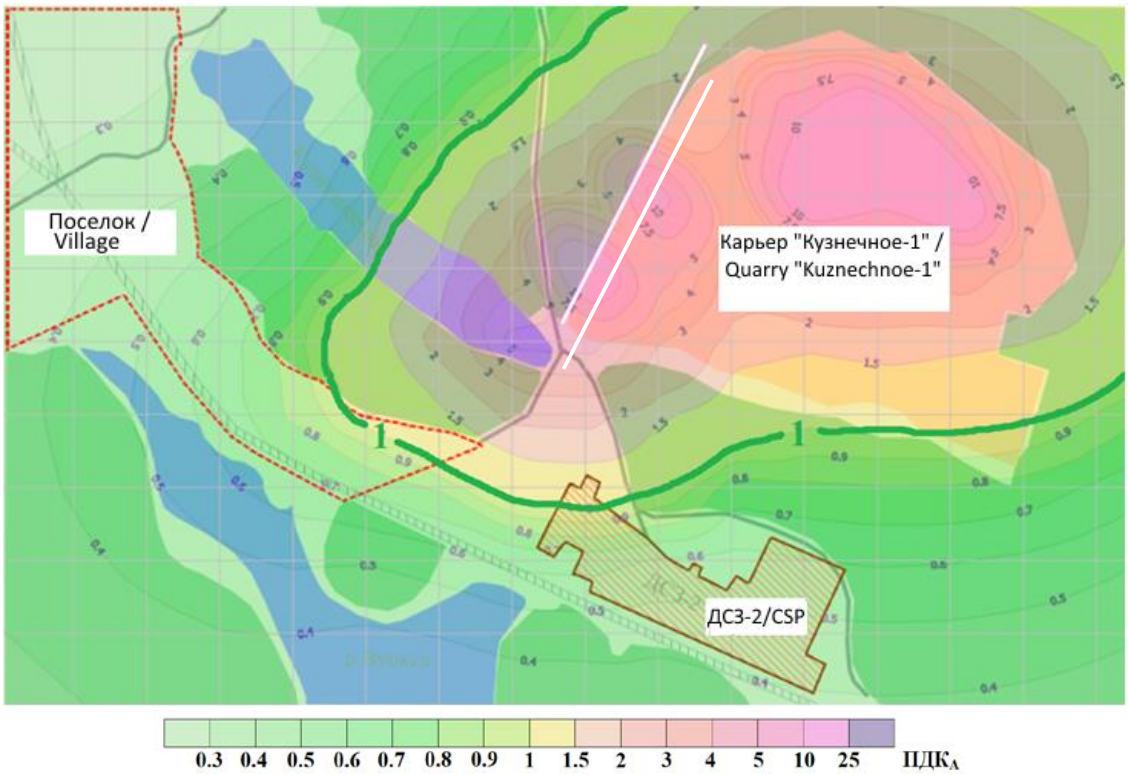
По полученным данным можно заметить, что ореолы загрязнения видоизменились, но характер загрязнения на границе зоны жилой застройки не поменялся. Тем не менее, натурные исследования влияния подобных сооружений, проводимые предприятиями-изготовителями и предприятиями минерально-сырьевого комплекса, говорят об обратном эффекте. Так же можно видеть что на территории расположения источников 6001, 6002, 6004, 6006, 6007 ситуация только ухудшилась. В ходе работы была установлена невозможность корректного использования этого методического инструмента.

Далее было предложено рассмотреть экран, как элемент рельефа [Tingguo, Gaofeng, 2012]. Для этого с помощью нормативной методики МРР-2017 были вручную рассчитаны коэффициенты рельефа местности с учетом установленного экрана.

На рисунке 7 представлены результаты расчета.

Рассеивание пыли на карьере при данном расчете вблизи экрана не снижается, коэффициент контрастности на границе жилой застройки остается в превышениях. На источниках рассеивание, как можно заметить, так же видоизменяется, но не уменьшается, как и в прошлом расчете.

Сравнивая полученные результаты, можно сделать вывод, что применение экрана в качестве рельефа местности (препятствия) не обеспечило достаточной



1 – единичное значение коэффициента контрастности в зоне жилой застройки / a single value of the contrast ratio in the residential area

Рис. 8. Результат расчета рассеивания пыли неорганической 70-20% SiO_2 при учете паспортной эффективности пылезащитного экрана. /
Fig. 8. The result of calculating the dispersion of inorganic dust 70-20% SiO_2, taking into account the passport efficiency of the dust shield.

корреляции с результатами известных натурных исследований подобных защитных сооружений.

Как один из возможных вариантов решения проблемы был рассмотрен так же расчет при фактическом снижении объемов выноса пыли по паспортной эффективности работы экрана, указанной фирмой-производителем. Эффективность выбранных пылезащитных экранов составляет 70%.

На рисунке 8 представлена карта рассеивания уже после учета эффективности экранов. По полученным результатам можно сделать вывод, что только данный вариант расчета дает корректную динамику снижения распространения пыли и может быть использован в качестве основополагающей при проектировании экранов на подобных производственных объектах.

Выводы

Таким образом, можно говорить о том, что полупроницаемые пылезащитные экраны являются эффективным средством борьбы с распространением твердых взвешенных веществ в условиях карьеров при инверсионном характере движения загрязненного воздуха из пространства выемки. На предприятиях, занимающих небольшие площади с высокой степенью сосредоточенности источников загрязнения такое средство будет являться универсальным и комплексным в отличие от более распространенных методов с применением воды, пены или реагентом, которые имеют точечное действие. В работе был поставлен вопрос учета пылезащитных экранов действующими нормативными методиками и программным обеспечением. Сравнивая все выше перечисленные варианты расчета рассеивания при монтаже экрана как пылезащитное сооружение, можно говорить о том, что действующие методики не могут быть использованы в расчетах для таких конструкций, так как их обновление ведётся медленнее, чем происходит выпуск новинок в сфере оборудования для защиты атмосферного воздуха. Фактически, корректный учет экранов в программных моделях может быть произведен лишь поправками на основе паспортной эффективности этих сооружений.

Литература

1. Горлов Ю. В., Игнатов В. Н., Горлов Д. Ю., Шум И. Ю. Оценка эффективности гидрообеспыливания по снижению выбросов пыли от неорганизованных источников. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 10. – С. 11-14.

2. Климат и природа Ленинградской области. – [Электронный ресурс]. – URL: https:// mirtc. ru/articles/629744/ (дата обращения 24.01.2020)

3. Кожевникова Е. О. Проблема пылевого загрязнения городских территорий при производстве земляных работ и пути ее решения. // Аллея науки. – 2017. – № 1 (14). – С. 676-688.

4. Манжилевская С. Е., Гладков В. С., Нальгиев Д. А., Штарев Р. М. Дополнительные экологические мероприятия в процессе строительства. // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2 (53).

5. Московая И. В., Лазарева Л. П. Анализ эффективности применения ветро-пылезащитных экранов на открытых складах угольных терминалов. // Евразийский союз ученых. – 2015. – № 6 (32). – С. 140-144.

6. Приказ Минприроды России (Министерство природных ресурсов и экологии РФ) от 06 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

7. Пылезащитные экраны. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www. eim-engineering. ru/ (дата обращения 24.01.2020).

8. Пылеветрозащитные ограждения на территории АО «Мурманский морской торговый порт». – [Электронный ресурс]. – URL: https://morproekt. ru/projects/1057-pylevetroz ashchitnye-ograzhdeniya-na-territorii-ao-murmanskij-morskoj-torgovyj-port (дата обращения 24.01.2020)

9. Смирнов Ю. Д., Ковшов С. В., Иванов А. В. Разработка инновационного пылеподавляющего устройства для условий северных регионов. // ЗапискиГорногоинститута. Т. 9. – СПб.:Горныйуниверситет, 2012. – Т. 195. – С. 133-137.

10. Feng-lian S. Research on dust control of coal handling system in power plant // Electric Power. – 2010. – T. 3.

11. Krivosheeva S. I. Analysis of methods and means of reducing dust formation on granite careers of central Kazakhstan. // Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). – 2017. – pp. 42-48.

12. Letuev K. V., Kovshov S. V., Gridina E. B. The technology of hydro-dusting of roads of coal mines using purified wastewater and drainage water. // Ecology and Industry of Russia – 2020. – No. 24 (1). – pp. 30-33.

13. Streltsova A. D., Zyryanova O. V. Development of dust-supply compositions based on oil products for mining and transport industry. // In contemporary technologies: topical issues, achievements and innovations. – 2019. – pp. 9-11.

14. Shanglun C. Type and application of wind-proof and dust-control mesh. //Hoisting and Conveying Machinery. – 2013. – No. 2. – p. 37.

15. Tverda O. Ya., Tkachuk K. K., Davidenko Yu. A. Comparative analysis of minimization methods for dilution from granite care dumps. // East European Journal of Advanced Technology. – 2016. – No. 2/10 (80). – pp. 40-46.

16. Terekhin E. P., Bulgakov I. S. Intensive dust and gas suppression system for mass explosions in career. // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2019. – No. 1. – pp. 77-83.

17. Tingguo C., Gaofeng M. Comparison, Selection and Optimization of Structure Supporting Wind-dust-screen. // Port Engineering Technology. – 2012. – No. 4. – pp. 10.

18. Volkodaeva M. V., Kiselev A. V. On the development of the system for environmental monitoring of atmospheric air quality.// Journal of Mining Institute. – 2017. – No. 227. – pp. 589-596.

19. Yamashkin A. A., Zhulina M. A. Assessment of the Processes of Formation and Transfer of Dust from Overburden Dumps in the Alekseevsky Quarry of Building Materials. // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). – 2019. – T. 10. No. 1.

20. World's longest dust screen built to tackle pollution in China – [Электронныйресурс]

21. Zhao S., Zhang Q. Numerical Analysis of dustproof effect of windbreak net for Coal Yard. //Proceedings of the 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation. – 2018. – pp. 299-303.

22. Zhen-yaa D., Wen-boa H., Jinb F. U. Structure Design and Mechanical Characteristics Analysis of Steel Bracing Structure of Porous Fences. // Petro-Chemical Equipment. – 2013. – No. 4. – p. 8.

References

1. Gorlov Yu. V., Ignatov V. N, Gorlov D. Yu., Shum I. Yu. Evaluation of the effectiveness of hydro-dusting to reduce dust emissions from unorganized sources. Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2014. No. 10. pp. 11-14. (In Russ.)

2. Climate and nature of the Leningrad region. [Electronic resource].URL: https://mirtc. ru/ articles/629744/ (date of treatment 01/24/2020). (In Russ.)

3. Kozhevnikova E. O. The problem of dust pollution of urban areas during earthworks and ways to solve it. Alley of Science. No. 1 (14). 2017. pp. 676-688. (In Russ.)

4. Manzhilevskaya S. E., Gladkov V. S., Nalgiev D. A., Shtarev R. M. Additional environmental measures in the construction process. Don's Engineering Bulletin. 2019. No. 2 (53). (In Russ.)

5. Moskovaya I. V., Lazareva L. P. Analysis of the effectiveness of the use of wind-dust screens in open warehouses of coal terminals. Eurasian Union of Scientists. 2015. No. 6-2. pp. 140-144. (In Russ.)

6. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia (Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation) of June 06, 2017 No. 273 "On approval of methods for calculating the dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the air". (In Russ.)

7. Dust screens. [Electronic resource].URL: http://www. eim-engineering. ru/ (date of treatment 01/24/2020). (In Russ.)

8. Dust and wind protection fences on the territory of Murmansk Commercial Sea Port JSC. [Electronic resource]. URL: https://morproekt. ru/projects/1057-pylevetrozashchitnye-ograzhdeniya-na-territorii-ao-murmanskij-morskoj-torgovyj-port (date of treatment 01/24/2020). (In Russ.)

9. Smirnov Yu. D., Kovshov S. V., Ivanov A. V. Development of an innovative dust suppression device for the conditions of the northern regions. Notes of the Mining Institute. T. 9 St. Petersburg. Mining University. 2012, Vol. 195. pp. 133-137. (In Russ.)

10. Feng-lian S. Research on dust control of coal handling system in power plant. Electric Power. 2010. T. 3.

11. Krivosheeva S. I. Analysis of methods and means of reducing dust formation on granite careers of Central Kazakhstan Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2017. pp. 442-48.

12. Letuev K. V., Kovshov S. V., Gridina E. B. The technology of hydro-dusting of roads of coal mines using purified wastewater and drainage water Ecology and Industry of Russia. 2020. No. 24 (1). pp. 30-33.

13. Streltsova A. D., Zyryanova O. V. Development of dust-supply compositions based on oil products for mining and transport industry. In contemporary technologies: topical issues, achievements and innovations. 2019. pp. 9-11

14. Shanglun C. Type and application of wind-proof and dust-control mesh //Hoisting and Conveying Machinery. 2013. No. 2. p. 37.

15. Tverda O. Ya., Tkachuk K. K., Davidenko Yu. A. Comparative analysis of minimization methods for dilution from granite care dumps East European Journal of Advanced Technology. 2016. No. 2/10 (80). pp. 40-46.

16. Terekhin E. P., Bulgakov I. S. Intensive dust and gas suppression system for mass explosions in career Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2019. No. 1. pp. 77-83.

17. Tingguo C., Gaofeng M. Comparison, Selection and Optimization of Structure Supporting Wind-dust-screen. Port Engineering Technology. 2012. No. 4. p. 10.

18. Volkodaeva M. V., Kiselev A. V. On the development of the system for environmental monitoring of atmospheric air quality. Journal of Mining Institute. 2017. No. 227. pp. 589-596.

19. Yamashkin A. A., Zhulina M. A. Assessment of the Processes of Formation and Transfer of Dust from Overburden Dumps in the Alekseevsky Quarry of Building Materials. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). 2019. T. 10. No. 1.

20. World's longest dust screen built to tackle pollution in China. [Electronic resource]

21. Zhao S., Zhang Q. Numerical Analysis of dustproof effect of windbreak net for Coal Yard. Proceedings of the 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation. 2018. pp. 299-303.

22. Zhen-yaa D., Wen-boa H., Jinb F. U. Structure Design and Mechanical Characteristics Analysis of Steel Bracing Structure of Porous Fences. Petro-Chemical Equipment. 2013. No. 4. pp. 8.