УДК 628.511

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ ПРИ РАБОТЕ КАМНЕРЕЗНЫХ МАШИН

М.С.АЛОСМАНОВ, *д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, r_alosmanov@rambler.ru*
В.А.МАМЕДОВ, *д-р геогр. наук, руководитель отдела геоэкологии, vmamed@rambler.ru*
Институт геологии Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
Х.Х.ХАЛИЛОВА, *канд. хим. наук, старший научный сотрудник, khalilova@rambler.ru*
Институт физики Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
Ч.М.БАЙРАМОВ, *инженер, ecologiva.nazirlivi@eco.gov.az*
Министерство экологии и природных ресурсов Азербайджана, Баку, Азербайджан

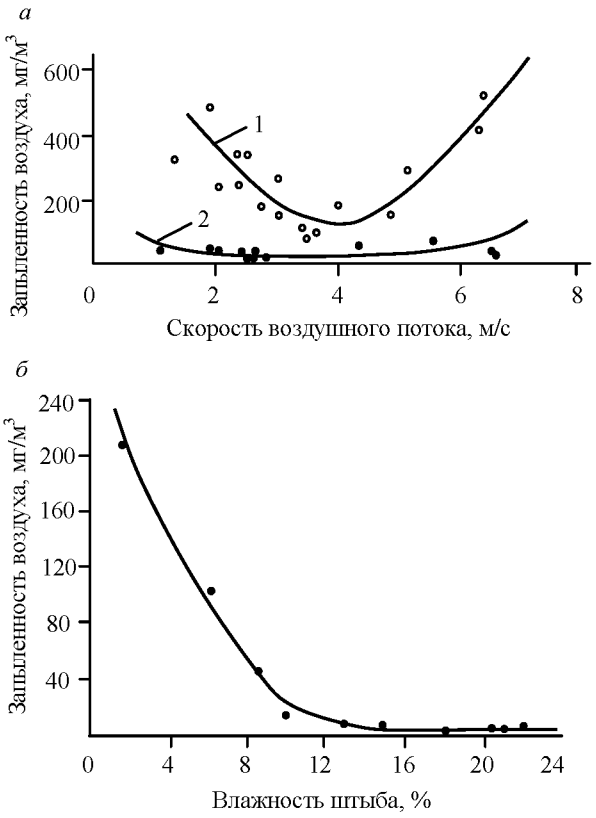
В статье приведены результаты исследований, посвященных загрязнению воздуха пылью при работе камнерезных машин и совершенствованию средств и способов борьбы с пылью на каменных карьерах Азербайджана. Изучена зависимость запыленности воздуха при работе камнерезной машины СМ-89А от различных параметров. Выявлено, что естественная влажность карьерного камня – один из основных факторов, снижающих пылевыделение. Работы, проведенные оросительной установкой с использованием пресной и морской воды, показали, что максимальный эффект пылеподавления достигается при орошении морской водой.

Ключевые слова: запыленность, каменный карьер, камнерезная машина, влажность, орошение, морская вода.

При эксплуатации карьеров по добыче камня независимо от типа камнерезных машин запыляются атмосфера и окружающая территория со всеми коммуникациями. В ветреную погоду мелкие фракции пыли улетают на десятки километров от карьера. Загрязнение атмосферного воздуха пылью и газообразными продуктами приводит к росту аллергических, бронхиальных и легочных заболеваний горнорабочих и населения, проживающего вблизи карьеров. Снижение уровня загрязнения окружающей среды пылью на каменных карьерах может быть достигнуто за счет разработки эффективных способов пылеподавления.

Источниками запыления атмосферы в каменных карьерах являются камнерезные машины, автосамосвалы, экскаваторы, бульдозеры, процессы ручной уборки штыба и сдувания пыли ветром. Камнерезная машина СМ-89А превращает в штыб от 0,75 до 0,90 кг/с известняка, эта же машина с облицовочным приспособлением – 0,35 кг/с, машины НКМ-2 – 0,74 кг/с, Столярова – 1,5 кг/с, Галанина – 0,52 кг/с. Штыб содержит от 4 до 46 % по весу частиц с размерами 100 мк. По мере износа зубков и с увеличением скорости подачи машины возрастает выход мелких фракций пыли.

Исследования показали, что загрязнение воздуха пылью при работе камнерезных машин без средств борьбы с пылью достигает 1500 мг/м^3 и более в год [1]. Пыль состоит из 80-96,6 % частичек с размерами менее 5 мк и 41,7 % частичек с размерами менее 2 мк. Штыб содержит от 3,23 до 10,03 % свободной двуокиси кремния [2].



Графики зависимости запыленности воздуха в зоне работы камнерезной машины СМ-89А: *а* – от скорости и направления воздушного потока, *б* – от влажности штыба

1 – при направлении потока от пыли на рабочее место; 2 – при обратном направлении

Уровень запыленности воздуха в зоне работы камнерезных машин зависит от типа машины, скорости подачи, крупности и влажности горных пород, скорости и направления воздушного потока. Минимальная запыленность воздуха соответствует скорости потока 3-5 м/с (см. рисунок, *а*), которая является оптимальной скоростью. При отсутствии средств борьбы с пылью запыленность воздуха на рабочем месте машиниста даже при оптимальной скорости и благоприятном направлении воздушного потока превышает предельно допустимую концентрацию в 2-4 раза [3].

Запыленность воздуха с увеличением скорости подачи машины СМ-89А возрастает по степенно́й зависимости

$$n_x = a\mathrm{e}^{nv},$$

где n_x – запыленность воздуха при подаче машины со скоростью v, см/мин, кг/м^3; a, n – постоянные параметры, определяемые из опыта и равные соответственно для Маразинского карьера 9,8 и 0,016, для Гарадагского 6,44 и 0,024.

Исследования зависимости запыленности воздуха у камнерезной машины СМ-89А от влажности штыба (см. рисунок, *б*) показали, что минимальная запыленность воздуха при прочих равных условиях соответствует ее влажности для Гарадагского карьера 10-12 %, Газахского 14-16 % и при дальнейшем увеличении влажности снижается незначительно. В этих случаях запыленность воздуха у камнерезной машины не превышает предельно допустимой концентрации и указанные влажности являются оптимальными с точки зрения пылеподавления. Расход воды, необходимой для увлажнения штыба до оптимальных значений, может быть рассчитан по формуле:

$$Q_b = 0{,}01V_1(b - b^1),$$

где V_1 – объем штыба и пыли, образующихся при работе машин, м^3/мин; b и b^1 – соответственно оптимальная и естественная влажность штыба, %.

Оптимальные расходы воды для камнерезных машин СМ-89А со скоростью подачи 90 м/ч и НКМ-2 со скоростью подачи 180 м/ч составляют: для Гарадагского карьера – 0,12-0,23 м^3/ч, для Газахского – 0,12-0,27 м^3/ч, для Маразинского – 0,14-0,28 м^3/ч.

Интенсивность пылевыделения камнерезных машин изменяется от 36 до 1496 мг/с. Наиболее существенное влияние на нее оказывают: тип камнерезной машины, конструкция ее режущего органа, скорость подачи, крепость и влажность пород. При естественной влажности пород с увеличением скорости подачи машины СМ-89А в Гарадакском карьере от 50 до 110 м/ч, т.е. в 2,2 раза, интенсивность пылевыделения возрастала от 60 до 500 мг/с или в 8,3 раза. При естественной влажности штыба эти величины связаны степенно́й зависимостью

$$g = 10{,}6^{0{,}035v},$$

где v – скорость подачи, м/ч.

Комплекс мероприятий по борьбе с пылью в каменных карьерах

Источники выделения пыли	Средства обеспыливания воздуха в карьере	
	В прибрежной полосе	В гористой местности
Камнерезные машины	Оросительные установки для непрерывного орошения морской водой или морской водой с добавкой 0,5 % азолята Б	Оросительная установка для непрерывного орошения пресной водой с добавкой 0,1 % ДБ или 0,5 % азолята на многоступенчатой установке сухого пылеулавливания
Бульдозеры	Периодическое орошение штыба морской водой	Периодическое орошение штыба пресной водой с добавкой 0,5 % азолята А или Б
Экскаваторы	Послойное орошение штыба морской водой в процессе погрузки	Послойное орошение штыба в процессе погрузки пресной водой или пресной водой с добавками 0,5 % азолята А или Б
Автомобильные дороги	Периодическая уборка с поверхности дорог штыба и мелочи (мелких частиц), обработка гранулированным хлористым кальцием или сульфатно-спиртовой бардой	Периодическая уборка с поверхности дорог штыба и мелочи (мелких частиц), обработка дорог отходами нефтепродуктов или непрерывное орошение водой
Ручная уборка штыба и погрузка камня	Орошение морской водой с добавкой 0,5 % азолята Б	Орошение пресной водой с добавкой 0,5 % азолята А
Сдувание цыли с площадок:		
при отсутствии механического разрушения поверхности	Периодическое орошение поверхности площадок морской водой	–
при механическом разрушении поверхности	Систематическое орошение поверхности площадок при скорости ветра более 4 м/с	–
Отвалы	Периодическое орошение морской водой с добавкой азолята Б	Периодическое орошение пресной водой

При оптимальной влажности штыба интенсивность пылевыделения машины резко снижается, особенно при больших скоростях, так как между уровнем запыленности воздуха и скоростью подачи устанавливается линейная зависимость $g = 0{,}3v$.

Анализ дисперсного состава пыли показал, что это явление может быть объяснено смачиванием и выпадением на небольших расстояниях от пропила крупных фракций пыли с размерами более 20 мк, которые составляют 87 % всей пыли.

Исследования, проведенные с применением оросительной установки для машины СМ-89А, показали, что системы орошения с двумя форсунками на каждую пилу с использованием морской воды снижают запыленность воздуха до уровня допустимой концентрации. Эффективность пылеподавления при орошении пресной водой составила 75 %, а морской – 86,8 %. Орошение, кроме улучшения санитарно-гигиенических условий труда при оптимальных режимах увлажнения, увеличивает скорость машины СМ-89А на 5,7-6,4 %, снижает расход электроэнергии на 5-6 % и приблизительно в два раза уменьшает расход твердого сплава на армировку режущих зубков пил камнерезных машин. Существенное снижение запыленности в каменных карьерах может быть достигнуто при использовании орошения на камнерезных машинах, оборудованных дисками с крупным сколом или алмазными дисками.

Недостатками орошения являются трудность применения при отрицательных температурах, а также сдувание штыбопылевой смеси с рабочей площадки после высыхания. Была разработана трехступенчатая сухая пылеулавливающая установка, отсасывающая всю образующуюся штыбопылевую смесь и транспортирующая ее за зону рабочей площадки или в транспортно-накопительные сосуды. Это позволяет ликвидировать запыленность атмосферы карьеров за счет сдувания пыли и трудоемкие операции ручной уборки штыба.

Необходимо отметить, что аккумулированный пылематериал в дальнейшем может быть использован в разных отраслях производства. При скорости ветра 5,8-7,3 м/с запыленность общей атмосферы в Гарадагском карьере за счет сдувания пыли составляла 360-412 кг/м^3, в Дуванинском – 522-630 кг/м^3. Интенсивное сдувание пыли начинается при скорости воздушного потока 4 м/с и резко возрастает с ее увеличением. При возрастании ветра со скоростью потока от 4 до 8 м/с удельная сдуваемость возрастала от 3,92 до 35,5 мг/(м^2·с).

При исследовании действия растворов (пресная и морская воды с добавками азолятов А, Б и смачиванием ДБ) максимальный эффект связывания пыли получен после орошения морской водой. В этом случае удельная сдуваемость пыли при скорости воздушного потока 8 м/с снизилась до 2,8 мг/(м^2·с) [4-6].

На основе проведенных исследований рекомендован комплекс мероприятий по борьбе с пылью (см. таблицу).

Выводы

1. Основным фактором снижения степени запыленности воздуха во время работы камнерезных машин является естественная влажность карьерного камня.

2. Применение оросительной установки с двумя форсунками на каждую пилу для камнерезной машины СМ-89А в Гарадагском и Дуванинском карьерах привело к пылеподавлению при орошении пресной водой на 75 %, морской водой на 86,8 %. При оптимальных режимах увлажнения снижается расход электроэнергии на 5-6 %, увеличивается скорость поджигания камнерезной машины на 5,7-6,4 % и в два раза уменьшается расход твердого сплава на арматуру режущих зубков пил.

3. Накопленный пылематериал является сырьем для ряда производств.

4. Наравне с достигнутыми положительными техническими и экономическими показателями улучшаются санитарно-гигиенические условия труда и в целом поддерживается экологическое равновесие региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алосманов М.С.* Физико-химические исследования и разработка технологии фосфорных удобрений с использованием промышленных отходов и природных ресурсов Закавказья: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1990.

2. *Алосманов М.С.* Исследование эффективности местной вентиляции в карьерах / М.С.Алосманов, А.Атеш // Труды Института химии АН Грузии. 2004. № 4. С.236-241.

3. *Вершинин А.А.* О рациональном способе искусственного проветривания карьеров // Труды Института химии АН Азербайджана. 2011. № 12. С.69-73.

4. *Мосинец В.Н.* Горные работы и окружающая среда / В.Н.Мосинец, М.В.Грязнов. М., 1989. 169 с.

5. *Никитин В.С.* Проветривание карьеров / В.С.Никитин, Н.З.Битколов. М., 2007. 147 с.

6. *Родин Б.М.* Карьеры пильного камня. Киев, 1998. 39 с.

REFERENCES

1. *Alosmanov M.S.* Fiziko-khimicheskie issledovaniya i razrabotka tekhnologii fosfornykh udobrenii s ispol'zovaniem promyshlennykh otkhodov i prirodnykh resursov Zakavkaz'ya (*Physico-chemical investigation and development of phosphorus fertilizer technology using industrial waste and natural resources of Transcaucasia*). The autor ... Dr. of Engineering Sciences. Moscow, 1990.

2. *Alosmanov M.S., Atesh A.* Issledovanie effektivnosti mestnoi ventilyatsii v kar'erakh (*Study of local ventilation effectiveness in quarries*). Trudy Instituta khimii AN Gruzii. 2004. N 4, p.236-241.

3. *Vershinin A.A.* O ratsional'nom sposobe iskusstvennogo provetrivaniya kar'erov (*The rational method of artificial ventilation of quarries*). Trudy Instituta khimii AN Azerbaidzhana. 2011. N 12, p.69-73.
4. *Mosinets V.N., Gryaznov M.V.* Gornye raboty i okruzhayushchaya sreda (*Mining operations and environment*). Moscow, 1989, p.169.
5. *Nikitin V.S., Bitkolov N.Z.* Provetrivanie kar'erov (*Ventilation of quarries*). Moscow, 2007, p.147.
6. *Rodin B.M.* Kar'ery pil'nogo kamnya (*Quarries of the saw stone*). Kiev, 1998, p.39.

AIR DUSTINESS STUDY, IMPROVING THE MEANS AND METHODS OF DUST CONTROL DURING STONE-CUTTING MACHINES' OPERATION

M.S.ALOSMANOV, *Dr. of Engineering Sciences, Professor, Chief Research Assistant, r_alosmanov@rambler.ru*
V.A.MAMEDOV, *Dr. of Geography Sciences, Head of Department of Geoecology, vmamed@rambler.ru*
Institute of Geology of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaidzhan
H.Kh.KHALILOVA, *PhD in Chemical Sciences, Senior Research Assistant, khalilova@rambler.ru*
Institute of Physics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaidzhan
Ch.M.BAYRAMOV, *Engineer, ecologiva.nazirlivi@eco.gov.az*
Azerbaidzhan Ministry of Ecology and Natural Resources, Baku, Azerbaidzhan

The results of investigations aimed at dust contamination of air during stone-cutting operations and improving the means and methods of dust control in stone quarries of Azerbaijan are presented in this paper. The dependence of air dustiness on various parameters was studied in a stone-cutting machine of CM-89A model. It was revealed that the natural humidity of stone rocks is one of the main factors reducing dust release. The works carried out through irrigation of stones with fresh and sea waters showed that the maximal dust reducing is achieved during irrigation with seawater.

Key words: dustiness, stone quarry, stone-cutting machine, humidity, irrigation, seawater.