

ГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
GEOLOGICAL SCIENCES

Воробьев А.Е., Мадаева М.З.

**БИЙИК ТОО ШАРТТАГЫ РУДАЛЫК ЖАЙЛАРДЫН
ЖАНА ЭЛЕКТР КҮЧТӨРДҮН АЙМАКТАРДАГЫ ЧАҢ БУЛГАНЫЧТАРЫНА
ТААСИРИН АНЫКТОО ҮЧҮН ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР**

Воробьев А.Е., Мадаева М.З.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ВЫСОКОГОРНЫХ УСЛОВИЙ РУДНИКОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИЛ
НА ПЫЛЕЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ**

A.E. Vorobiev, M.Z. Madaeva

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF HIGH
ALTITUDE CONDITIONS OF MINES AND ELECTRIC FORCES
FOR DUST POLLUTION OF TERRITORIES**

УДК: 55 (575.3)

Пайдалуу кендерди казып алуу жер бетине чектеши топурактардын олуттуу бузулушуна жана булгануусуна келтирип, ал жердеги микробдор коомчулугунун өзгөрүшүнө жана өсүмдүктөрдүн жабыркашына, анын негизинде жер жүзүндөгү кең аймактарынын геологиялык бузулушуна алып келет. Түндүк Кавказ рудниктеринде чаң таасиринин шарттарында, чыккан минералдык чаңдын (полиметаллдарды камтыган) мүнөздөмөлөрү, тоолуу аймактын шарттары, ошондой эле металл чаңынын электр заряды менен аныкталган өзгөчөлүктөрү бар. Мунун бардыгы изилдөөнүн предмети жана анын жыйынтыгы ушул макалада чагылдырылган.

Негизги сөздөр: чаң булганышы, метеорологиялык шарттар, чаң бөлүкчөлөрүнүн мүнөздөмөсү, электр заряддары.

Добыча полезных ископаемых приводит к значительному повреждению и загрязнению прилегающих почв, изменению микробных сообществ и поражению растительности, что приводит к геологическим нарушениям огромных участков земной поверхности. Исследования показали, что химический состав прилегающих к полиметаллическим рудникам почв находится под влиянием выбрасываемой пыли. В условиях пылевого воздействия рудников Северного Кавказа имеются свои особенности, определяемые характеристиками выбрасываемой минеральной пыли (содержащей полиметаллы), условиями нагорного рельефа местности, а также электрическим зарядом металлической пыли. Процессы образования и последующего переноса пыли в приземной атмосфере, прежде всего зависят от

характеристик выбрасываемой пыли, сочетания метеорологических (в том числе – роза ветров) и горных факторов, которые имеют вероятностный характер во времени и пространстве. Было установлено, что скорость осажде-ния горнопромышленной пыли варьировалась в зависимости от сезона времени года (причем в весенние месяцы наблюдались самые высокие уровни и частота). Всё это и было предметом исследований, результаты которых отражены в данной статье.

Ключевые слова: пылевое загрязнение, метеорологические условия, характеристика пылевых частиц, электрические заряды.

Mining leads to considerable damage and pollution of adjacent soils, change of microbic communities and defeat of vegetation that leads to geological violations of huge sites of the land surface. Researches showed that the chemical composition of soils, adjacent to polymetallic mines, is under the influence of the thrown-out dust. In the conditions of dust influence of mines of the North Caucasus there are the features determined by characteristics of the thrown-out mineral dust (containing polymetals), conditions of a mountain land relief and also electric charge of metal dust. Processes of education and the subsequent transfer of dust in the ground atmosphere, first of all depend on characteristics of the thrown-out dust, a combination meteorological (including – a wind rose) and mountain factors which have probabilistic character in time and space. It was established that the speed of sedimentation of mining dust varied depending on a season season (and in spring months the highest levels and frequency were observed). All this also was a subject of researches which results are reflected in this article.

Keywords: dust pollution, weather conditions, characteristic of dust particles, electric charges.

Введение. Современная цивилизация постоянно оказывает негативное воздействие на биосферу [4]. Характерным примером могут служить рудничные выбросы пылевых частиц, содержащих тяжелые металлы (Pb, Zn, Co и др.) от полиметаллических рудников Северного Кавказа в приземную атмосферу, с последующим их осаждением в прилегающие почвы, где они подвергаются воздействию почвенных растворов, довольно негативно влияя на общую геоэкологическую обстановку прилегающих территорий, загрязняя и снижая плодородие почв, а кроме того отрицательно сказывается на качестве поверхностных и грунтовых вод и способно привести к риску для здоровья потребителей пищевых сельскохозяйственных культур, выращиваемых на таких почвах.

Основная часть исследований. Для оценки уровня воздействия экологоформирующих составляющих автором были проведены лабораторные исследования в рамках рассматриваемой природно-технической системы «горное производство – окружающая среда». Исследование показало, что химический состав прилегающих к полиметаллическим рудникам почв находится под влиянием выбрасываемой пыли, причем наибольший эффект происходил непосредственно вблизи горных предприятий.

Интенсивность выпадения пыли из приземной атмосферы определялась по следующей формуле [5]:

$$D = \frac{W}{A} (\text{mg/m}^2/30)$$

где: W - масса собранной пыли;

A - площадь используемого контейнера.

В ходе исследований было установлено, что процессы образования и последующего переноса пыли в

приземной атмосфере, прежде всего зависят от характеристик выбрасываемой пыли, сочетания метеорологических (в том числе – роза ветров) и горных факторов, которые имеют вероятностный характер во времени и пространстве, а также от некоторых электрокинетических показателей [1-3].

Так, для характеристики выбрасываемой горными предприятиями пыли обычно используют 3 основных параметра:

1. Поперечный размер частиц (ϕ , ребро куба) – d; [d] = см, м.

2. Дисперсность (D) – величина, обратная поперечному размеру частиц:

$$D = 1/d; [D] = \text{см}^{-1}, \text{м}^{-1} \quad (1)$$

3. $S_{\text{уд}}$ – представляющая собой межфазную поверхность, приходящуюся на единицу объема (V) или единицу массы (m):

$$SV_{\text{уд}} = \text{см}^2/\text{см}^3 = \text{см}^{-1}(\text{м}^{-1}) \quad (2)$$

Распределение частиц выбрасываемой от рудников пыли по их размерам могут быть различными, однако на практике они зачастую согласуются с логарифмическим нормальным законом распределения Гаусса.

Было установлено, что скорость осаждения горно-промышленной пыли варьировалась в зависимости от сезона времени года (причем в весенние месяцы наблюдались самые высокие уровни и частота). Влажность приземной атмосферы имела при этом отрицательную корреляцию с выпадением пыли, тогда как скорость ветра показала положительную корреляцию на выбранных участках.

Основным объектом исследования являлся Садонский полиметаллический рудник (рис. 1), расположенный в верховьях Алагирского ущелья, на территории Северной Осетии (РФ).



Рис. 1. Штольня Садонского полиметаллического рудника.

Учитывая, что объектом исследования является Алагиро-Садонская горнопромышленная агломерация, расположенная в нагорной части Северного Кавказа, то можно констатировать следующее: воздушное пространство Алагирского ущелья (рис. 2) можно считать некоторого рода аэродинамической трубой, в которой воздушные массы преимущественно дуют днем вверх в горы, а ночью, наоборот, опускаются из вершин на равнинную зону.

Приблизительно этот объем можно рассчитать

из среднегодовой скорости ветра и площади поперечного сечения S воздушного бассейна Алагирского ущелья (форма треугольная) перпендикулярно преобладающему направлению ветров.

По данным натурных исследований средняя скорость движения ветра в дневное время с 8 утра до 18 часов колеблется в пределах 2,8-4,5 м/с, при средней скорости по данным проектирующих организаций - 2,5 м/с.



Рис. 2. Начало Алагирского ущелья (Северная Осетия, РФ).

Учитывая ущелистость и гористость рассматриваемой территории, следует отметить, что рельеф и особенности метеорологических параметров оказывают существенное влияние на ход формирования изменения качества атмосферы, как в пространстве, так и во времени. Причем, с развитием дня с ростом интенсивности солнечной активности изменяется и уровень запыленности приземной атмосферы.

Кроме того, горные территории, характерные для Северного Кавказа, расположенные на уровне более 700 м относятся к высокогорным и характеризуются пониженным парциальным давлением кислорода: геодезическая высота – уровень Балтийского моря, $Z = 0$ и барометрическое давление равно 760 мм рт.ст.; содержание кислорода в атмосфере составляет 20,96%, что соответствует парциальному его давлению, равному 159 мм рт. ст.

В условиях пониженного барометрического давления плотность воздуха, как правило, снижается

пропорционально уровню атмосферного давления, определяемого следующей формулой:

$$\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где: p – фактическое барометрическое давление на местности, мм рт. ст.;

p_0 – нормальное барометрическое давление, $p_0 = 760$ мм рт. ст.;

T_0 – температура, К; $T_0 = 273$ К;

T – фактическая температура воздуха на местности, $T = T_0 + t$ (t – температура в градусах Цельсия).

Таким образом, изменение ПДК в высокогорных условиях происходит по формуле:

$$g_{o.g.} = g_0 k_{\epsilon}, \text{ мг/м}^3, \quad (4)$$

где: g_0 – ПДК загрязняющего вещества в соответствии с СН-245-71, мг/м³ (для условий Садонского СЦК составляет $g_0 = 2$ мг/м³);

$g_{o.в.}$ – ПДК загрязняющего вещества в высокогорных условиях, мг/м^3 ;
 k_v – коэффициент высокогорья или поправочный

коэффициент, характеризующий уровень разреженности атмосферы местности, определяется по табл. 1.

Таблица 1

Значение поправочного коэффициента давления

Барометрическое давление, мм рт.ст.	700	660	620	580	540	500	460	420
Коэффициент, k_v	0,92	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66	0,6	0,55

Графически эта картина показана на рисунке 3.

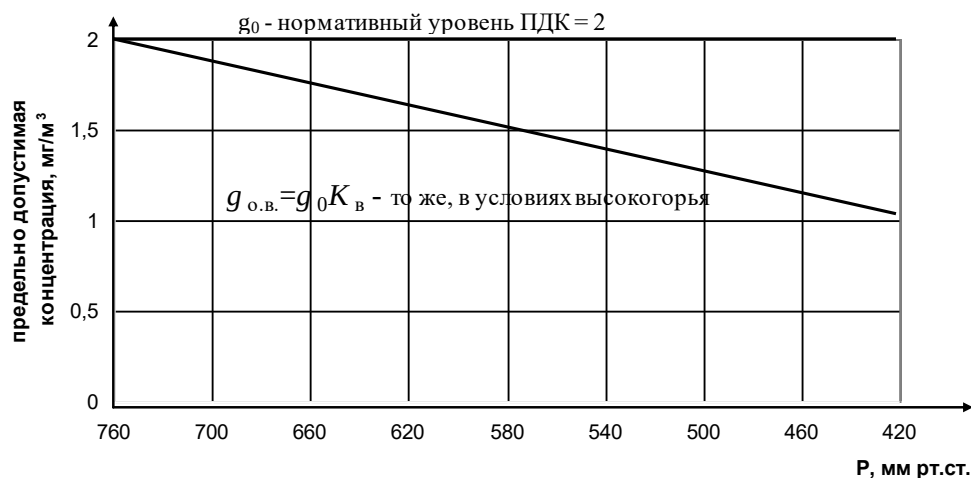


Рис. 3. График изменения ПДК в условиях пониженного барометрического давления (высокогорные условия).

В то же время известный закон Стокса, определяющий скорость витания частиц в воздухе, позволяет корректировать эту зависимость для высокогорных условий, поскольку при изменении вязкости воздуха в сторону уменьшения дисперсный состав витающих пылевых частиц будет также изменяться в сторону уменьшения седиментационного диаметра.

Кроме того, было установлено, что наличие электрического заряда увеличивает выброс пыли из горно-промышленных источников до 10 раз. При этом, первоначальный заряд, образующийся при выбросе пыли, теряется в течение часов. Однако, необходимо отметить, что электрический заряд пылевых минеральных частиц также генерируется и во время их атмосферной транспортировки. Наиболее вероятная причина этого заключается в том, что пылевые минеральные частицы более или менее непрерывно заряжаются в результате столкновений между собой, этот процесс называется трибоэлектрификацией.

При чем, этот эффект усиливается в слое атмо-

сферы, который характеризуется как высокой концентрацией пыли, так и сильной турбулентностью. Еще одним аналогичным фактором является снижение электропроводности приземного воздуха, за счет удаления кластерных ионов, что позволяет поддерживать заряд на сборке частиц дольше, чем для изолированной.

Проведенные исследования показали, что атмосферное электричество влияет на динамику частиц, при этом вертикальная электрическая сила может потенциально компенсировать вес пылевой минеральной частицы.

Большое влияние на продолжительность времени нахождения пылинок в воздухе и процесс их осадения оказывают электрические свойства пылевых минеральных частиц. Так, при разноименном заряде минеральные пылинки притягиваются друг к другу и быстро оседают. При одинаковом заряде они, отталкиваясь одна от другой, могут долго находиться во взвешенном состоянии.

Будет ли электрическое поле способствовать осаждению или рассеиванию в атмосфере пылевой минеральной частицы в виде взвеси, зависит от относительной полярности частицы и встречающегося атмосферного электрического поля ($E = -10^2 \text{ В м}^{-1}$). Направленное вниз электрическое поле, всегда присутствующее в хорошую погоду, будет способствовать осаждению положительно заряженных пылевых

минеральных частиц, но направление поля может измениться на противоположное в дождливую погоду или во время событий сальтации, и тогда возможен вектор, направленный вверх.

Показатель подвижности положительных и отрицательных ионов в нормальных атмосферных условиях определяется по таблице 2.

Таблица 2

Показатель подвижности ионов в воздухе при нормальных атмосферных условиях

Воздух	$10^4, \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	
	положительные	отрицательные
очень чистый	2,48	1,84
сухой	1,10	1,32
влажный	1,58	

В условиях, отличных от нормальных, подвижность ионов определяется по формуле:

$$K_{\delta} = K_n \frac{760T}{p \cdot 273}, \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с}) \quad (5)$$

где: K_n – подвижность ионов в воздухе в нормальных атмосферных условиях, $\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$;

p – давление на уровне, мм рт.ст. (для рудников Садоны 600 мм рт. ст.);

T – температура воздуха, $^{\circ}\text{К}$.

Вывод: на пылевое загрязнение полиметаллическими рудниками Северного Кавказа существенное влияние оказывают качественно-количественные характеристики пыли, метеорологические условия высокогорья, а также возникающие в приземной атмосфере электрические эффекты.

Литература:

1. Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Пылевая нагрузка от горнотехнических дорог Северного Кавказа на биосферу //

Материалы III Международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке». - Москва: РУДН, 2008. - С. 172-174.

2. Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Уменьшение пыления на горнотехнических дорогах Северного Кавказа как фактор промышленной безопасности региона // Труды VI Международной научной конференции «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологии». -Новороссийск. 2008. - С. 125-127.
3. Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Мадаева М.З. Исследование влияния запыленности на литосферу и снижение пыления на технологических дорогах // Известия Ошского технологического университета. - №2. - 2020. - С. 191-197.
4. Пучков Л.А., Воробьев А.Е. Человек и биосфера: вхождение в техносферу: Учебник для вузов. - М.: МГТУ, 2000. - 342 с.
5. Olusegun Oguntoke, Matthew E. Ojelede, Harold J. Annegarn, "Frequency of Mine Dust Episodes and the Influence of Meteorological Parameters on the Witwatersrand Area, South Africa", International Journal of Atmospheric Sciences, vol. 2013, Article ID 128463, 10 pages, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/128463>.