

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СКОРОСТЬ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ВОЗДУХА, ТРАЕКТОРИЮ И ДАЛЬНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛЕГАЗОВОГО ОБЛАКА В АТМОСФЕРЕ

С.С. Кубрин, А.А. Стрелецкий,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

Аннотация: В статье описаны результаты изучения параметров конвективного состояния атмосферы угольного разреза, показано их влияние на скорость восходящих потоков воздуха, а также приведены сведения о воздействии региональных метеорологических условий на траекторию и дальность распространения пылегазового облака образованного в результате проведения массового взрыва на угольном разрезе. Результаты исследования могут быть использованы для вскрытия механизмов формирования пылегазового облака, внесения корректировок в существующие методики расчета параметров облака, таких как высота подъема над поверхностью взрывающего блока, дальность и скорость его распространения, а также для разработки новых методов мониторинга и контроля облака.

Ключевые слова: угольный разрез, конвективное состояние атмосферы, метеорологические условия, пылегазовое облако.

Благодарность: Исследования проведены в рамках мероприятия № 1 Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р, и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидии в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2022-1185 от 28 сентября 2022 года.

Для цитирования: Кубрин С.С., Стрелецкий А.А. Вскрытие механизмов влияния технологических параметров угольного разреза, а также региональных метеорологических условий на скорость конвективных потоков воздуха, траекторию и дальность распространения пылегазового облака в атмосфере // Маркшейдерия и недропользование. 2023. №6. С. 111-115. DOI: 10.56195/20793332_2023_6_111_115.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A COAL MINE AND METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE SPEED OF CONVECTIVE AIR FLOWS, THE TRAJECTORY AND RANGE OF PROPAGATION OF A DUST AND GAS CLOUD IN THE ATMOSPHERE

S.S. Kubrin, A.A. Streletskiy,

Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract: The article describes the results of studying the parameters of the convective state of the atmosphere of a coal mine, shows their effect on the speed of ascending air flows, and also provides information on the impact of regional meteorological conditions on the trajectory and range of propagation of a dust and gas cloud formed as a result of a mass explosion at a coal mine. The results of the study can be used to uncover the mechanisms of formation of a dust and gas cloud, to make adjustments to existing methods for calculating cloud parameters, such as the height of elevation above the surface of the exploding block, the range and speed of its propagation, as well as to develop new methods for monitoring and controlling the cloud.

Keywords: coal mine, convective state of the atmosphere, meteorological conditions, dust and gas cloud.

Acknowledgment: The research was carried out within the framework of event No. 1 of the Comprehensive scientific and technical program of the full innovation cycle, approved by order of the Government of the Russian Federation of May 11, 2022 No. 1144-r, and an agreement on the provision of grants from the federal budget in the form of subsidies in accordance with paragraph 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation No. 075-15-2022-1185 dated September 28, 2022.

For citation: Kubrin S.S., Streletskiy A.A. Revealing the mechanisms of influence of technological parameters of a coal mine, as well as regional meteorological conditions on the speed of convective air flows, the trajectory and range of propagation of a dust and gas cloud in the atmosphere. Surveying and subsoil use. 2023;(6):111-115. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2023_6_111_115.

Одним из ключевых рассчитываемых параметров, описывающих пылегазовое облако, является высота его подъема, которая зависит от количества взрывчатого вещества, уровня горизонта взрывающегося блока, а также от положительного температурного градиента.

Траектория и дальность распространения пылегазового облака, напрямую зависят от высоты его подъема, которая в свою очередь рассчитывается с учетом вышеописанных параметров. Конвективное состояние атмосферы угольного разреза характеризуется разницей температур поверхности и воздуха. Масса нагретого воздуха, циркулируя вдоль бортов разреза вверх, при их нагреве солнцем, поднимает пылегазовое облако на определенную высоту, с которой оно распространяется в приземном слое атмосферы за границами горного отвода, нанося урон экосистеме региона [1-4].

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в раскрытии механизмов влияния атмосферы и микроклимата угольного разреза на скорость восходящих воздушных потоков при конвективной схеме воздухообмена в карьере, высоту подъема пылегазового облака на границе угольного разреза, а также влияния региональных метеорологических параметров на скорость распространения пылегазового облака в атмосфере, с последующей апостериорной оценкой запыленности приземного слоя атмосферы в близлежащих населенных пунктах.

Материалы и методы исследования

Исследования скорости восходящих воздушных потоков при конвективном состоянии атмосферы угольного разреза проводились путем измерения температуры поверхности грунта на горизонте взрывающегося блока и температуры воздуха на этом же уровне термометром ртутным стеклянным лабораторным ТЛ-2.

Исследования скорости воздушных потоков на высоте подъема пылегазового облака в рамках угольного разреза проводились путем измерения силы ветра на высоте 10-15 метров над поверхностью взрывающегося блока, а именно на высоте уступа равной 13 метрам.

Апостериорная оценка запыленности приземного слоя атмосферы проводилась с помощью счетчика пылевых частиц СЕМ DT-9880М, прокачивающего через себя в течении одной минуты объем воздуха равный 0,00283 м³.

Результаты исследования

Конвективный воздухообмен в разрезах формируется в случае, если вертикальный температурный градиент положителен. В этом случае в карьерах воздухообмен осуществляется восходящими по бортам вверх воздушными потоками как показано на рисунке 1.

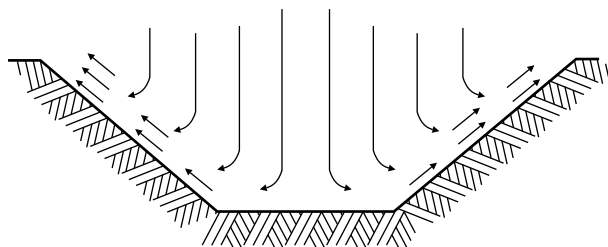


Рис. 1. Конвективная схема воздухообмена в карьере / Fig. 1. Convective air exchange scheme in a coal mine

Причиной возникновения восходящих вверх воздушных потоков является разность температур между температурой поверхности на горизонте взрывающегося блока и температурой воздуха на этом же уровне. В следствии неравномерного нагрева воздушных масс возникает горизонтальный барический градиент, характеризующийся меньшим давлением на бортах разреза чем в его свободной атмосфере. Поэтому теплые воздушные массы, прилегающие к нагретым бортам карьера, поднимаются по ним вверх, а верхние слои воздуха, являясь менее нагретыми, а значит более тяжелыми, опускаются вниз, тем самым образуя вертикальную циркуляцию воздушных масс [5].

Существует формула (1), приведенная в работе [6], описывающая скорость восходящих конвективных потоков воздушных масс

$$v = 0,55K_1 \sqrt{g(H-h) \left(\frac{t_k}{t_n} - 1 \right) \sin \beta}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий замедление воздушно-го потока вследствие влияния уступов ($K_1=0,11$), g — ускорение свободного падения, H_K — глубина угольного разреза, h — глубина расположения взрывающегося блока от поверхности, t_k , t_n — соответственно температуры воздушных потоков в точке, расположенной на глубине h , и на поверхности карьера, °C, $\sin \beta$ — угол откоса бортов угольного разреза.

Однако, данная формула не позволяет учесть мощность теплового потока, возникающего в следствии естественной конвекции от нагретой поверхности в воздушное пространство. Для более точного и объективного расчета скорости конвективных потоков воздуха, t_k и t_n рассчитывались как температура поверхности грунта на горизонте взрывающегося блока h , и температура воздуха на этом же горизонте соответственно.

Высота подъема пылегазового облака образованного в результате проведения массового взрыва на угольном разрезе рассчитывалась по формуле (2).

$$H_0 = b(164 + 0,268A), \text{ м} \quad (2)$$

где b — безмерный коэффициент, учитывающий глубину скважин ($b = 1$); A — количество ВВ в тоннах. Также, для более точного расчета скорости распространения пылегазового облака была применена формула (3), описывающая скорость ветра на первоначальной высоте подъема пылегазового облака, рассчитанной по формуле (2).

$$v_h = v_0 \times \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha, \quad (3)$$

где v_h — скорость ветра на высоте подъема пылегазового облака, v_0 — скорость ветра на высоте 10-15 метров, h — высота подъема пылегазового облака; h_0 — высота произведения замеров 10-15 м, α — показатель степени, зависящий от типа местности.

Подставив данные замеров в формулы (1), (2), (3), получили, что скорость восходящих вверх конвективных потоков воздуха составила $H_0 = 1,002$ м/с.

Высота подъема пылегазового облака без учета воздействия скорости конвективных воздушных масс составила $H_0 = 230,05$ м.

Таблица 1 / Table 1

Данные запыленности приземного слоя атмосферы / Data on the dust content of the surface layer of the atmosphere

№ точки	Координаты точек замера	0.3 мкм	0.5 мкм	1 мкм	2.5 мкм	5 мкм	10 мкм
1	55°31'19" 86°5'54"	57066	15926	2968	398	88	41
2	55°23'17" 86°1'36"	58489	15253	2378	311	68	33
3	55°27'34" 85°50'45"	116434	36382	7927	1292	319	125
4	55°43'35" 86°9'0"	70207	20449	3821	542	106	47
5	55°33'38" 85°55'20"	135272	39827	7700	1027	225	102
6	85°55'20" 86°15'52"	56234	15538	2766	422	87	48
7	55°37'51" 85°56'54"	95490	31514	7844	1396	380	187
8	55°40'19" 86°16'18"	80799	25010	5243	774	159	76
9	55°26'27" 86°12'24"	253776	80803	18977	3944	1382	792

Скорость ветра на высоте подъема пылегазового облака составила $v_h = 6,4$ м/с.

Восходящие вверх конвективные потоки нагретого воздуха влияют на высоту подъема пылегазового облака лишь в границах угольного разреза. Таким образом конечная высота подъема облака составила $H_1 = 679,227$ м. Именно с высоты H_1 пылегазовое облако начнет распространяться за пределы угольного разреза со скоростью ветра v_h .

В день проведения массового взрыва действовал северо-западный ветер, что позволило определить траекторию распространения пылегазового облака за пределами горного отвода. Направление распространения облака было также подтверждено измерениями запыленности мелкодисперсной пылью приземного слоя атмосферы после проведения массового взрыва в близлежащих населенных пунктах от угольного разреза. Измерения проводились с помощью счетчика пылевых частиц СЕМ DT-9880М. Данные, представленные в таблице 1 показывают количество частиц пыли в объеме воздуха равном $0,00283$ м³.

Из данных, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод что после проведения массового взрыва, наибольший уровень запыленности приземного слоя атмосферы мелкодисперсной пылью наблюдается в точке 9, расположенной в северо-западном направлении от угольного разреза.

Многие как зарубежные, так и отечественные исследования доказали опасность мелкодисперсной пыли как для экосистемы региона, так и для человека, в частности, [7-13]. Частицы респираторной пыли PM_{2,5} и PM₁₀, являясь следствием проведения массовых взрывов на угольном разрезе, способствуют возникновению у работников угольной промышленности и жителей близлежащих населенных пунктов таких хронических заболеваний как: пневмокониоз, силикоз [13, 14]. Помимо этого, мелкодисперсная пыль, проникая в кровеносную систему человека способствует возникновению злокачественных заболеваний и ряда сердечно-сосудистых заболеваний [15-19].

Заключение

В статье по данным замеров, приведены результаты расчета скорости v конвективных потоков воздуха, описаны условия их возникновения.

Показано влияние теплых воздушных масс на высоту подъема пылегазового облака в границах угольного разреза.

В статье, по данным измерений, произведен расчет скорости ветра, действующего на высоте H_0 .

Произведено исследование запыленности приземного слоя атмосферы мелкодисперсной пылью в близлежащих населенных пунктах после проведения массового взрыва, которое показало достоверность предположений о влиянии

метеорологических параметров атмосферы на траекторию распространения пылегазового облака.

Суммируя все вышесказанное можно заключить что, технологические параметры угольного разреза, такие как: H_K — глубина угольного разреза, h — глубина расположения взрываемого блока от поверхности, $\sin\beta$ — угол откоса бортов угольного разреза, напрямую влияют на высоту подъема пылегазового облака, которая в свою очередь влияет на дальность его распространения в атмосфере. Метеорологические условия, а именно: сила и направление ветра, а также t_k — температура поверхности, t_n — температура воздуха, непосредственно оказывают воздействие на скорость конвективных воздушных потоков, на высоту подъема пылегазового облака и на траекторию его распространения.

Выводы

В рамках проведенного исследования на одном из угольных разрезов Кемеровской области, было изучено влияние технологических параметров угольного разреза и метеорологических условий на скорость конвективных потоков воздуха, а также на траекторию и дальность распространения пылегазового облака образованного в результате проведения массового взрыва. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Masaev Yu.A., Panachev I.A. Environmental impact of coal mining in the Kuznetsk basin. The problem of creating environmentally friendly and resource-saving technologies for mining and processing mining waste. Proceedings of the I International Conference. Tula, 1996. P. 77-78.
2. Трушина Г.С. Влияние угольной промышленности Кузбасса на экологическую и продовольственную безопасность региона // Уголь. 2018. № 10. С. 98-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-10-98-101.
3. Mark Brusseau, Ian Pepper & Charles Gerba. Environmental and Pollution Science. 3rd Edition. Academic Press, 2019, 662 p.
4. Zhernov E., Nekhoda E., Peters D. Nature and economy in the mining region: Holistic approach // E3S Web of Conferences. 4th International Innovative Mining Symposium, 2019. Vol. 105. Article No. 04012.
5. Бересневич, П.В. Аэрология карьеров: справочник / П.В. Бересневич, В.А. Михайлов, С.С. Филатов. - М.: Недра, 1990. 279 с.

6. Ким Н.Х. Аэрология карьеров: Учеб. пособие: - Алматы: КазНТУ, 2004. 26 с.
7. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). - СПб., 2012.
8. P 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. - М., 2004.
9. Correia, Andrew & Pope, C. & Dockery, Douglas & Wang, Yun & Ezzati, Majid & Dominici, Francesca. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States An Analysis of 545 US Counties for the Period from 2000 to 2007 // *Epidemiology* (Cambridge, Mass.). 2012. Vol. 24. Iss. 1. P. 23-31. DOI:10.1097/EDE.0b013e3182770237.
10. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2) / S. Beccaceci, D. Muhunthan, D. Sarantaridis, J. Tompkins, D. Butterfield, P. Quincey, R. Brown, D. Green, A. Grieve, G. Fuller, A. Jones / *Annual Report*. - 2010. Report Date: 31/08/2011.
11. Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013. № 185. P. 6933-6942. DOI: 10.1007/s10661-013-3076-8.
12. Vinitketkumnuen U., Kalayanamitra K., Chewonarin T., Kamens R. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand // *Mutation Research*. 2002. Vol. 519 (1-2). P. 121-31. DOI: 10.1016/s1383-5718(02)00130-4.
13. Wilson R. and Spengler J. *Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects*. - Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996. 259 p.
14. Luong L.T.M., Dang T.N., Thanh Huong N.T., Phung D., Tran L.K., Van Dung D., Thai P.K. Particulate air pollution in ho chi minh city and risk of hospital admission for acute lower respiratory infection (ALRI) among young children // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 257. Article ID 113424. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113424.
15. Priyankara S., Senarathna M., Jayaratne R., Morawska L., Abeysundara S., Weerasooriya R., Knibbs L.D., Dharmage S.C., Yasaratne D., Bowatte G. Ambient PM2.5 and PM10 Exposure and Respiratory Disease Hospitalization in Kandy, Sri Lanka // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. № 18. Article ID 9617. DOI: 10.3390/ijerph18189617.
16. Bulejko P., Adamec V., Skeril R., Schullerova B., Bencko V. Levels and Health Risk Assessment of PM10 Aerosol in Brno, Czech Republic // *Central European Journal of Public Health*. 2017. № 25. P. 129-134. DOI: 10.21101/cejph.a4495.
17. Ljungman P.L.S., Andersson N., Stockfelt L. et al. Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution, Black Carbon, and Their Source Components in Relation to Ischemic Heart Disease and Stroke // *Environmental Health Perspectives*. 2019. № 127. Article ID 107012. DOI: 10.1289/EHP4757.
18. Roy D., Singh G., Seo Y.-C. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risks from PM10-and PM2.5-Bound Metals in a Critically Polluted Coal Mining Area // *Atmospheric Pollution Research*. 2019. № 10. P. 1964-1975. DOI: 10.1016/j.apr.2019.09.002.
19. Cortes-Ramirez J., Naish S., Sly P., Jagals P. Mortality and Morbidity in Populations in the Vicinity of Coal Mining: A Systematic Review // *BMC Public Health*. 2018. № 18. Article number: 721. DOI: 10.1186/s12889-018-5505-7.

REFERENCES

1. Masaev Yu.A. & Panachev I.A. Vozdeystviye ugledobychi naekologicheskuyu obstanovku v Kuznetskom bassejne [Environmental impact of coal mining in the Kuznetsk basin]. The problem of creating environmentally friendly and resource-saving technologies for mining and processing mining waste. Proceedings of the I International Conference. Tula, 1996, pp. 77-78. (In Russ.).
2. Trushina G.S. The influence of the Kuzbass coal industry on the ecological and food security of the region. *Ugol'*. 2018. No. 10. pp. 98-101. (In Russ.). DOI:10.18796/0041-5790-2018-10-98-101.
3. Mark Brusseau, Ian Pepper & Charles Gerba. *Environmental and Pollution Science*. 3rd Edition. Academic Press, 2019, 662 p.
4. Zhernov E., Nekhoda E., Peters D. Nature and economy in the mining region: Holistic approach. *E3S Web of Conferences*. 4th International Innovative Mining Symposium. 2019. vol. 105. article No. 04012.
5. Beresnevich, P. V. Aerology of quarries: handbook / P. V. Beresnevich, V. A. Mikhailov, S. S. Filatov. - M.: Nedra, 1990. 279 p.
6. Kim N. H. Aerology of career: Textbook: - Алматы: КазНТУ, 2004. 26 p.
7. Methodical manual on calculation, rationing and control of emissions of pollutants into the atmospheric air (supplemented and revised). - St. Petersburg, 2012.
8. P 2.1.10.1920-04. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals polluting the environment. - М., 2004.
9. Correia, Andrew & Pope, C. & Dockery, Douglas & Wang, Yun & Ezzati, Majid & Dominici, Francesca. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States An Analysis of 545 US Counties for the Period from 2000 to 2007 // *Epidemiology* (Cambridge, Mass.). 2012. Vol. 24. Iss. 1. P. 23-31. DOI:10.1097/EDE.0b013e3182770237.
10. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2) / S. Beccaceci, D. Muhunthan, D. Sarantaridis, J. Tompkins, D. Butterfield, P. Quincey, R. Brown, D. Green, A. Grieve, G. Fuller, A. Jones / *Annual Report*. - 2010. Report Date: 31/08/2011.
11. Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013. № 185. P. 6933-6942. DOI: 10.1007/s10661-013-3076-8.
12. Vinitketkumnuen U., Kalayanamitra K., Chewonarin T., Kamens R. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand // *Mutation Research*. 2002. Vol. 519 (1-2). P. 121-31. DOI: 10.1016/s1383-5718(02)00130-4.
13. Wilson R. and Spengler J. *Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects*. - Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996. 259 p.
14. Luong L.T.M., Dang T.N., Thanh Huong N.T., Phung D., Tran L.K., Van Dung D., Thai P.K. Particulate air pollution in ho chi minh city and risk of hospital admission for acute lower respiratory infection (ALRI) among young children // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 257. Article ID 113424. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113424.

15. Priyankara S., Senarathna M., Jayaratne R., Morawska L., Abeysundara S., Weerasooriya R., Knibbs L.D., Dharmage S.C., Yasaratne D., Bowatte G. Ambient PM2.5 and PM10 Exposure and Respiratory Disease Hospitalization in Kandy, Sri Lanka // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. № 18. Article ID 9617. DOI: 10.3390/ijerph18189617.
16. Bulejko P., Adamec V., Skeril R., Schullerova B., Bencko V. Levels and Health Risk Assessment of PM10 Aerosol in Brno, Czech Republic // Central European Journal of Public Health. 2017. № 25. P. 129-134. DOI: 10.21101/cejph.a4495.
17. Ljungman P.L.S., Andersson N., Stockfelt L. et al. Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution, Black Carbon, and Their Source Components in Relation to Ischemic Heart Disease and Stroke // Environmental Health Perspectives. 2019. № 127. Article ID 107012. DOI: 10.1289/EHP4757.
18. Roy D., Singh G., Seo Y.-C. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Risks from PM10-and PM2.5-Bound Metals in a Critically Polluted Coal Mining Area // Atmospheric Pollution Research. 2019. № 10. P. 1964-1975. DOI: 10.1016/j.apr.2019.09.002.
19. Cortes-Ramirez J., Naish S., Sly P., Jagals P. Mortality and Morbidity in Populations in the Vicinity of Coal Mining: A Systematic Review // BMC Public Health. 2018. № 18. Article number: 721. DOI: 10.1186/s12889-018-5505-7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кубрин Сергей Сергеевич:

доктор технических наук,
профессор,
ученый секретарь,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
e-mail: s_kubrin@mail.ru

Стрелецкий Александр Алексеевич:

ведущий инженер,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
e-mail: seaman1079@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kubrin Sergey Sergeevich:

Doctor of engineering sciences,
Professor, Academic secretary,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
e-mail: s_kubrin@mail.ru

Strelezkiy Aleksandr Alekseevich:

Leading engineer,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources
Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
e-mail: seaman1079@yandex.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ «ПЛАНЕТА»

Минералогический Музей «Планета» это первый и единственный в России музей частных коллекций.

Залы: Зал 1. "Минералы Урала"
Зал 2. "Минералы России и мира"
Зал 3. "Минералы России и мира"
Зал 4. Флюоресцирующие минералы
Зал 5. Зал палеонтологий
Зал 6. Комната ценностей

Контакты: Екатеринбург, ул. Чернышевского, 7. +7 (343) 287-71-10
СР-ВС: 11:00-19:00 | ПН-ВТ: ВЫХОДНОЙ



WWW.N-GN.RU