

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И СПЕЦИФИКИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЫЛЕВОЙ КОМПОНЕНТЫ В ПРЕДЕЛАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСОВ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ

И. И. Косинова, М. Г. Воробьева, С. В. Бондаренко

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10 ноября 2016 г.

Аннотация: в данной статье изложены результаты исследования пылевой нагрузки и минерального состава пылевой компоненты в пределах функционирования комплексов по добыче и переработке карбонатного сырья (КДиП КС). Установлено, что уровень пылевой нагрузки на исследуемой территории соответствует среднему умеренно опасному, радиус воздействия КДиП КС достигает 1200 м. Пылевая компонента имеет как характерные для карбонатных пород минеральные составляющие (кальцит), так и не характерные (магнетит и смоляные фрагменты). Наличие не характерных для карбонатного сырья минеральных составляющих пылевой компоненты обусловлено функционированием НЛМК, который находится в 5 км южнее КДиП КС Сокольско-Ситовского месторождения. В результате работы выявлено, что источниками формирования выявленной пылевой нагрузки являются карьеры по добыче известняка, а так же предприятия, которые перерабатывают ископаемое сырье.

Ключевые слова: эколого-геологические системы, месторождения карбонатного сырья, карьеры, цементная промышленность, минеральный состав, пылевая нагрузка.

CHARACTERISTIC OF DUST LOADING AND SPECIFICS OF MINERAL STRUCTURE OF DUST COMPONENT WITHIN INFLUENCE OF PRODUCTION AND PROCESSING OF CARBONATE RAW MATERIALS COMPLEXES

Abstract: this article presents the results of studies of the dust load and mineral composition of the dust component in the range of functioning complexes for mining and processing of carbonate raw materials. The level of dust loading in the study area corresponds to the average moderately hazardous, the radius of influence of complexes on extraction and processing of carbonate raw materials reaches 1200 m. The dust component has a characteristic of carbonate rocks of the mineral components (calcite), and not typical (magnetite and resin pieces). Have not characteristic of carbonate raw mineral components of the dust component is due to the functioning of the Novolipetsk Metallurgical Plant, which is located 5 km south of the complex for the extraction and processing of carbonate raw materials Sokol-Sitovka field. As a result, the work revealed that the sources of the formation of dust load are detected career limestone mining, as well as companies that process fossil raw materials.

Key words: ekologo-geological systems, deposits of carbonate raw materials, opencasts, cement industry, mineral composition, dust load.

Разработка месторождений карбонатного сырья формирует специфические эколого-геологические системы, состав и свойства которых зависят от их техногенных комплексов. В рассматриваемом случае данные комплексы представляют собой пространственное сопряжение техногенных производственных циклов и природных объектов, обеспечивающих процесс добычи и переработки карбонатного, а также производства цементного сырья.

В Англии 240 лет назад установили, что после отжига и помола некоторые известняки, содержащие примесь глинистого материала и кремнезема, образу-

ют в смеси с водой твердый конгломерат, так был получен натуральный цемент. Все это послужило толчком для развития цементной промышленности. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых в плотно заселенных районах является мощным источником негативного воздействия на экосистемы различного уровня организации, включая человека [1]. Нами выявлена четко выраженная пространственная взаимосвязь карьеров по добыче карбонатного сырья и предприятий цементной промышленности.

На территории РФ насчитывается более 43 цемент-

ных заводов, преобладающая часть которых в технологической цепочке имеет карьер по добыче того или иного нерудного сырья. При производстве цементного сырья наибольшее значение имеют самые распространенные карбонатные породы: известняк (CaCO_3) и доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) [2]. Важной особенностью в процессе производства цемента является использование пород, имеющих постоянный химический состав и однородную мелкозернистую структуру.

Отличительными особенностями комплексов по добыче и переработке карбонатного сырья (КДиП КС) является [3]:

- приуроченность карьеров к территориям с высокой плотностью населения. Систематизация данных показывает, что около 90 % карбонатных месторождений, разрабатываемых для цементной промышленности, расположено в пределах городских и сельских поселений. Подобными комплексами характеризуются: Сокольско-Ситовское месторождение известняков, Себряковское месторождение мела и глин, Борисовское месторождение известняков, Пикалевское месторождение известняков и глин, Фокинское месторождение мела, глин и трепел, Белгородское месторождение мела, Подгоренское месторождение мергеля, Шейнское месторождение известняков и глин, Донское месторождение известняков и т.д.;

- пространственное сопряжение разрабатываемых карьеров и предприятий по переработке сырья, производству цемента. Практически все крупные цементные заводы России пространственно приурочены к месторождениям карбонатного сырья.

При добыче карбонатных горных пород открытым способом чаще всего применяются буровзрывные работы (рис. 1). В установленном порядке, вдоль фронта уступа, размещают взрывчатые вещества (пороха, аммонит, аммонал и др.) в шпурах или скважинах [1]. Для дробления негабаритных кусков используют как накладные заряды, так и механическое дробление. Погрузка породы осуществляется экскаваторами. В процессе обозначенного цикла работ продуктами отработки создается значительная пылевая нагрузка на территории, прилегающие к зонам разработок. Наиболее крупные частицы пыли осаждаются в непосредственной близости к карьере, тонкодисперсные способны разлетаться на несколько километров от разрабатываемого карьера.

Экспресс методом анализа пылевой нагрузки в районах горнодобывающих предприятий является оценка состояния снега. Анализ твердой составляющей *снега* осуществлялся на примере характерного месторождения Русской платформы КДиП КС Сокольско-Ситовское месторождение известняка, расположенного в северной части г. Липецк. Наши исследования посвящены изучению пылевой нагрузки в пределах функционирования данного КДиП КС.

Содержание минеральной пыли в снеговом покрове – один из важнейших интегральных показателей, позволяющих анализировать закономерности распределения техногенной нагрузки. Масса пыли в снеговой пробе служит основой для определения пылевой



Рис. 1. Буровзрывные работы, проводимые на Ситовском карьере Сокольско-Ситовского месторождения известняков (г. Липецк).

нагрузки P_n , т.е. отношения количества твердых выпадения за единицу времени на единицу площади. Пылевая нагрузка определялась в соответствии с методикой Саета Ю. Е. Ориентировочная шкала оценки пылевой нагрузки так же принята по методике Саета Ю.Е. [4]. При оценке пылевого загрязнения территории учитывались превышения фоновых показателей твердой составляющей снега. Пробы для определения фонового количества пыли отбирались на участках, отдаленных от источников пыления и располагающихся в пределах естественных ЭГС (фоновые пробы снега для Сокольско-Ситовского месторождений отбирались в заповеднике «Галичья гора» Липецкого района ($P_{nф}$ составляет $40 \text{ кг}/(\text{км}^2 \cdot \text{сут})$).

В пределах функционирования КДиП КС Сокольско-Ситовского месторождения известняков исследования снежного покрова проводились по восьми радиальным направлениям относительно объекта изучения. Уровень среднесуточной пылевой нагрузки здесь, главным образом, превышает фоновые показатели в 5–10 раз. Наиболее высокое количество твердой компоненты приурочено к южной и западной зонам, в пределах промышленных площадок ОАО «СТАГДОК» и ЗАО «Липецкцемент», а так же по мере приближения к Сокольскому карьере (рис. 2). Здесь максимальная запыленность участка создается функционированием цементного завода, в пределах которого ореолы загрязнения ориентированы в восточном направлении. Анализ закономерностей изменения пылевой нагрузки в зависимости от расстояния до карьера (вдоль профилей опробования по 8 румбам в радиусе 1,5 км) по результатам опробования с 2010 по 2013 года свидетельствовал о закономерном убывании пылевой нагрузки при удалении от границ карьера до 500 м, однако на расстояниях 650–800, за весь исследуемый период, наблюдается второй пик максимальных значений количества пылевых частиц (рис. 3). Так, на расстояниях 0–200 и 650–800 м. показатель пылевой нагрузки соответствует среднему умеренно опасную уровню (до $450 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$). Начиная с 850–900 м, пылевая нагрузка снижается до нормальных показателей (менее $100 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$).

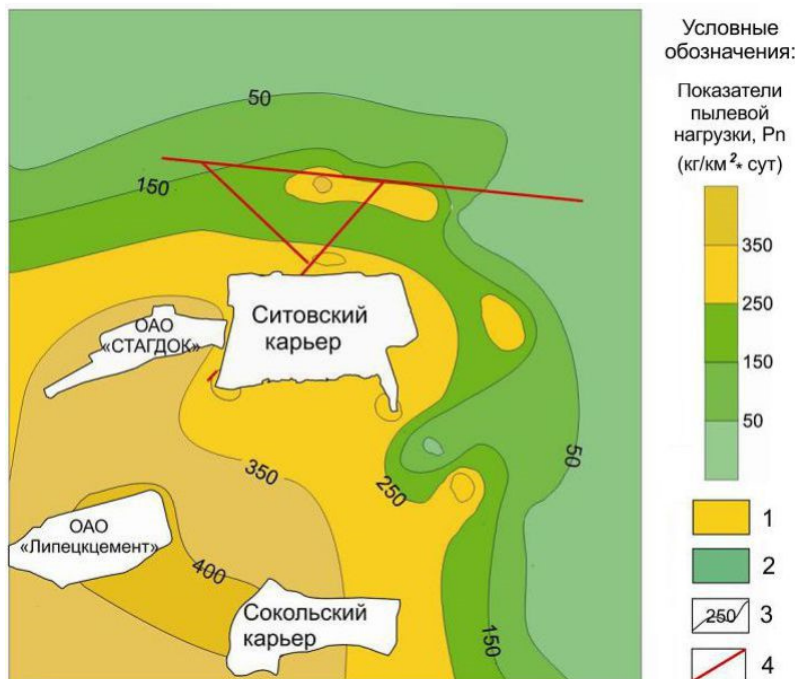


Рис. 2. Распределение среднесуточных показателей пылевой нагрузки на Сокольско-Ситовском месторождении. Масштаб 1:50 000: 1 – средний умеренно опасный уровень загрязнения; 2 – допустимый уровень загрязнения; 3 – изолинии пылевой нагрузки, (Pn); 4 – разломные зоны.

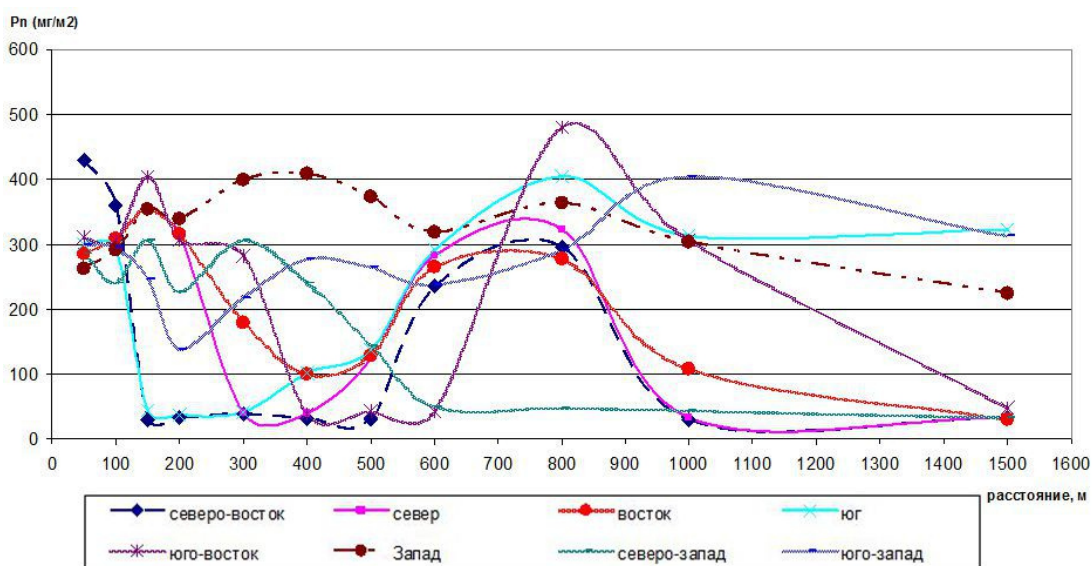


Рис. 3. Среднесуточная пылевая нагрузка по восьми румбам за 2013 г.

Для западного профиля данной закономерности не выявлено, здесь максимальная пылевая нагрузка формируется до 400 м (по удалению от бровки карьера), что обуславливается наличием в западной части дробильно-сортировочных цехов ОАО «СТАГДОК». Далее по данному профилю наблюдается экспоненциальное убывание пылевой нагрузки. Наибольшие значения пылевой нагрузки характерны для западного, юго-западного и южного профилей. Здесь не наблюдается снижения показателей в связи с приуроченностью данных румбов соответственно к площадкам по переработке карбонатного сырья, производству цемента и нахождению южного направления между двумя карьерами. Кроме того, повышенные значения пылевой нагрузки наблюдались на достаточно боль-

шом удалении (700 м) от карьера по юго-западному профилю.

За исследуемый период установлено, что фракции пылевых частиц буровзрывного облака по профилям имеют три характерные размерности: так на расстоянии до 150 м от бровки карьера оседают песчаные частицы (диаметром 0,15–0,1 мм), от 200 до 450 м – пылеватые (0,05–0,005 мм), свыше 650 м – дисперсные (менее 0,005 мм) (рис. 4).

Таким образом, пики пылевой нагрузки в непосредственной близости от карьеров коррелируются с накоплением песчаной фракции, пики на 600–800 м – с дисперсной. Песчаные частицы за счет своей размерности оказывают, главным образом, только механическую нагрузку на среду.

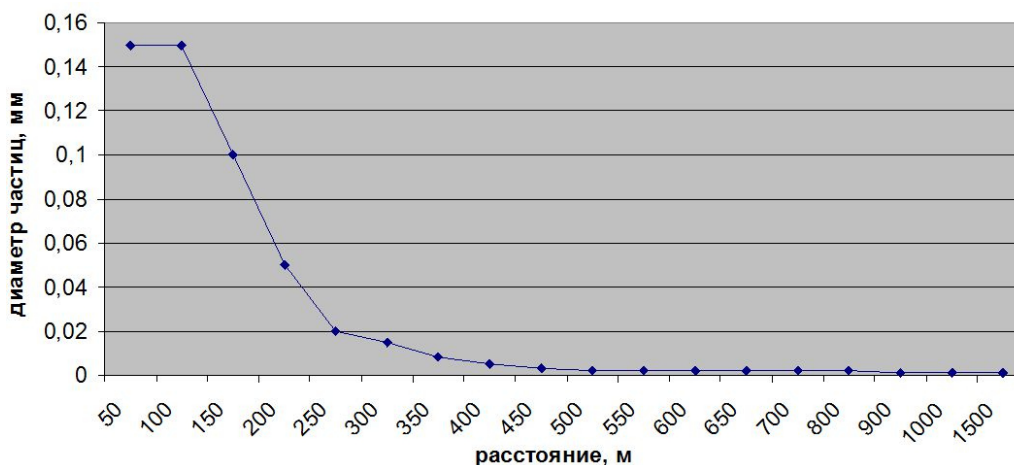


Рис. 4. Характер распределения частиц буровзрывного облака в радиусе воздействия карьера.

В данных зонах количество пыли в снеговых отложениях в 4 раза выше фоновых, а в южной части выявлена локальная зона, где превышение составляет до восьми фоновых значений. В радиусе воздействия от 1200 до 1400 метров количество пыли составляет от 2ф до 5ф. Свыше 1400 м запыленность участка менее 2ф.

Коэффициент корреляции, определяющий зависимость между массой пыли и удаленностью от комплексов по добыче и переработке карбонатного сырья, составляет $-0,6$. Анализируя распределение пыли, следует отметить некоторое увеличение ее концентрации в южном направлении, а в дневное время – в юго-восточном и юго-западном направлениях.

Изучение минерального состава пылевой компоненты в зоне влияния Сокольско-Ситовского месторождения осуществлялось по той же сети, что и изучение пылевой нагрузки [5, 6]. Анализ проводился оптическими методами. С помощью микроскопа зафиксирован минеральный состав, представленный, главным образом, кальцитом двух типов: ожелезненный и не ожелезненный (до 80 % содержания в пробе, рис. 5). Повышенное ожелезнение карбонатов формируется по зонам трещиноватости и выветривания. Отдельным источником фракций железа является рудный горизонт, вскрываемый в процессе отработки месторождения. Данная составляющая снеговых отложений формируется за счет пылевых выбросов буровзрывных работ КДиП КС.

В целом, твердая составляющая представляет собой пеструю картину. На фоне мелких частиц карбонатов, железа встречены металлическая стружка, крупные смоляные фрагменты (рис. 6). После растворения карбонатной фракции в HCl сформировался остаток гидроокислов железа, представленный на рис. 7. В отдельных пробах содержание железа достигает 40 % твердой составляющей снеговой пыли (рис. 8). Частицы железа представлены отдельными зернами, микроагрегатами, металлической стружкой (рис. 9). Определенный интерес представляет наличие в пылевых отложениях частиц черного цвета, имеющих смолянистый блеск на изломе (рис. 10).

Источником поступления техногенной составляющей снеговых отложений являются атмосферные выбросы Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК), который находится в 5 км южнее КДиП КС Сокольско-Ситовского месторождения. Предприятие к 2011 году имеет 3519 источников загрязнения, из которых 2488 организованных. Всего НЛМК выбрасывает в атмосферу 111 наименований загрязняющих веществ [7]. Валовый выброс их в 2010 году составил 277742,606 т (разрешенный выброс в атмосферу для предприятия составляет 319473,054 т). В том числе:

- твердые загрязняющие вещества – 20748,115 т;
- газообразные и жидкие загрязняющие вещества – 256994,491 т (в том числе углеводороды без ЛОС – 173,936 т), ЛОС – 1593,291 т.

Класс опасности выбрасываемых веществ: 18 – четвертый класс опасности, 25 – третий класс опасности, 26 – второй класс и 5 веществ первого класса опасности (бензапирен, свинец и его соединения, хром шестивалентный, озон, толуилендиизоцианат). Основную долю выбросов составляют газообразные и жидкие вещества (92,5 %). В составе их преобладает оксид углерода (82,5 %), диоксид серы (5,9 %), оксиды азота (3,5 %). Твердые вещества в выбросах составляют 7,5 %. В их составе преобладают оксид железа (3,5 %), пыль неорганическая, содержащая менее 20 % оксида кремния (2 %), оксид кальция (1,3 %). Практически все загрязняющие вещества поступают в атмосферу от технологических процессов производства и только 7,593 т твердых веществ, 1351,241 т диоксида серы, 495,691 т оксида углерода и 1267,595 т оксида азота от сжигания топлива (для выработки электро- и теплоэнергии). Отмечено превышение выбросов за год относительно ПДВ по 15 загрязняющим веществам.

Частицы черного цвета в пылевых отложениях (см. рис. 10), которые имеют смолянистый блеск на изломе, также являются частью пылевой составляющей НЛМК и сформированы за счет органической составляющей (толуол, толуилендиизоцианат, фенолы и тп).

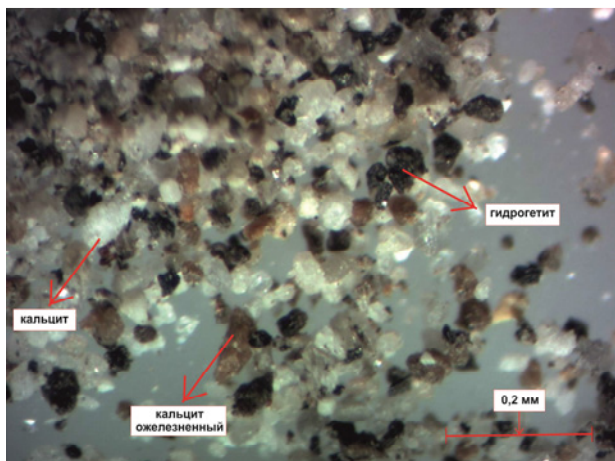


Рис. 5 Кальцит и гидрогетит.

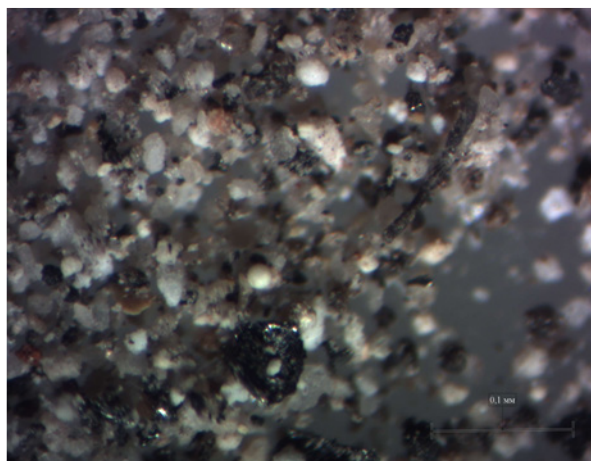


Рис. 6 Характеристика комплексного состава твердой составляющей снега.

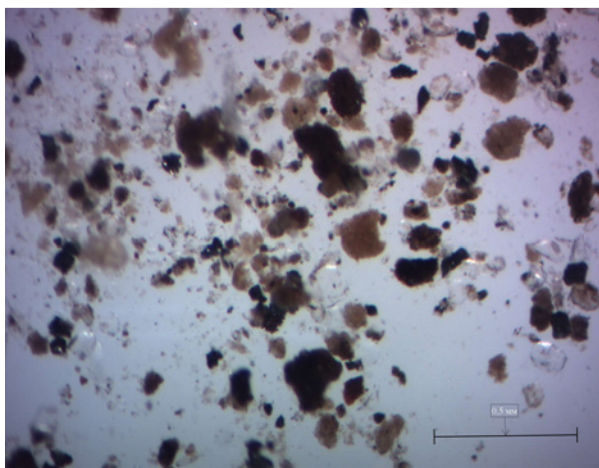


Рис. 7 Остаток, после растворения в HCl карбонатной фракции (гидроокислы Fe).

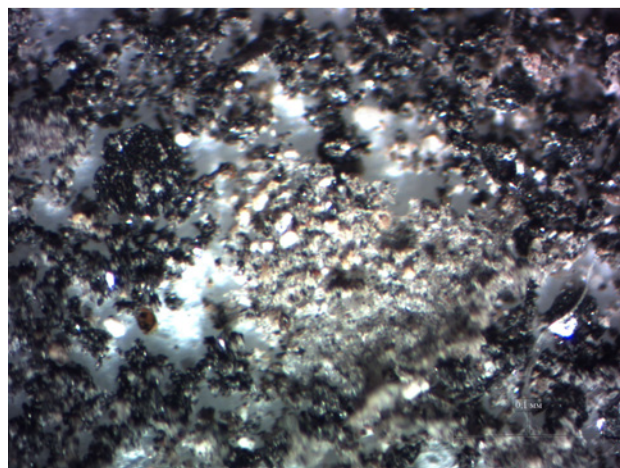


Рис. 8 Гнездо карбонатов среди металлической фракции.

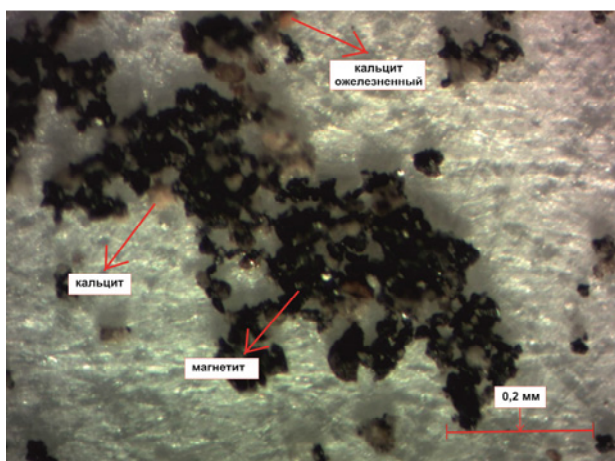


Рис. 9 Металлическая стружка (составной агрегат из комочков округлой формы, образующие сетку).

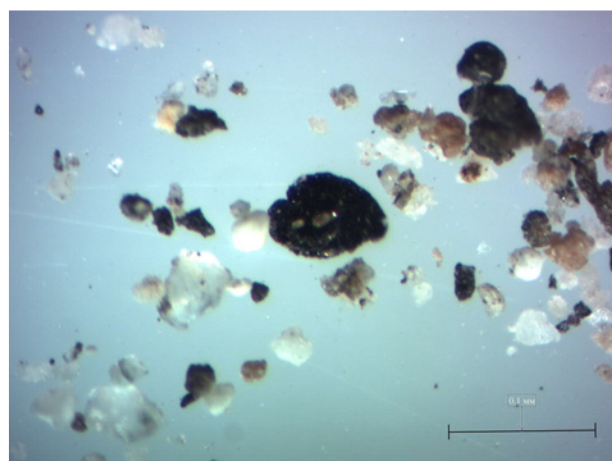


Рис. 10 Смоляной фрагмент (размер до 0,1 мм).

На основании проведенных исследований были сделаны следующие **выводы**:

– выявленный радиус воздействия отработки карьера известняков на компоненты природной среды составляет 850 м, в условиях комплексного воздействия

расположенных рядом двух карьеров радиус увеличивается до 1200 м;

– наибольшее запыление южной части территории связано с работой цементного завода;

– ореолы основного запыления территории опре-

деляются западной розой ветров;

– степень воздействия Ситовского карьера выше, чем Сокольского в связи с тем, что Ситовский карьер имеет большие объемы добычи, а соответственно более высокий уровень эксплуатации и пыления [];

– выявленные пики пылевой нагрузки в непосредственной близости от карьеров коррелируются с накоплением песчаной фракции, пики на 600–800 м – с дисперсной.

– на расстояниях 0–200 и 650–800 м. формируется средний умеренно опасный уровень пылевой нагрузки.

– загрязнение территории в пределах нескольких км формируется функционирующими приземными источниками – дробильно-сортировочными работами, буровзрывными работами, дроблением материала при подготовке известняка к производству цемента. Однако, пылевая компонента имеет не характерные для карбонатных пород минеральные составляющие, что связано с высоким уровнем техногенной нагрузки Липецкого промышленного района и обуславливает наличие в минеральном составе пыли смоляных фрагментов и металлической стружки за счет функционирования НЛМК.

- в роли основной экологической мишени разработки месторождения выступают почвы и фитоценозы, на которых осаждаются основное количество известковой пыли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косинова, И. И. Геоэкологические последствия открытой разработки месторождения КМА / И. И. Косинова // Вест.

Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1996. – №1. – С. 176–179.

2. Бурмистрова, В. В. Проблемы переработки и утилизации Са-, содержащих отходов горного производства Ленинградской области в условиях рыночной экономики / В. В. Бурмистрова // Тезисы докладов 3-й Санкт-Петербургской Ассамблеи молодых ученых и специалистов. - СПб., 1998, стр. 30.

3. Заридзе, М. Г. Оценка эколого-геологических систем инфраструктур по добыче и переработке карбонатного сырья: Мат-лы 2-й Всерос. науч.-практ. конф. «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Урала и сопредельных территорий», 9–12 декабря 2013 г. / М. Г. Заридзе, И. И. Косинова. - Екатеринбург, 2013. – С. 133–137.

4. Саэт, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М.: Недра. – 1990. – 335 с.

5. . Василенко, В. Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко, И. М. Назаров, Ш. Д. Фридман. – Л.: Гидрометеиздат. – 1985. – 182 с.

6. Заридзе, М. Г. Методы снеговой съемки при эколого-геологических исследованиях / М. Г. Заридзе // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: мат-лы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. — Воронеж. – 2011. — С. 134–137

7. ООО «Экогеосистема», технический отчет «Проектные решения по созданию автоматизированной системы наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на территории г. Липецка и Грязинского района (промышленного района Липецк – Грязи)». – Воронеж, 2011 г.

8. Заридзе, М. Г. Трансформация эколого-геохимической функции приповерхностной части литосферы в пределах Ситовского участка Сокольско-Ситовского месторождения известняков / М. Г. Заридзе // Вест. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. — Воронеж, 2012. — № 2. – С. 199–208.

Воронежский государственный университет

*Косинова Ирина Ивановна, заведующая кафедрой экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры экологической геологии
E-mail: kosinova777@yandex.ru; Тел.: 8-920-457-45-71*

*Воробьева Мария Геннадьевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологической геологии
E-mail: mzaridze@mail.ru; Тел.: 8-903-858-12-88*

*Бондаренко Светлана Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и геодинамики
E-mail: ogg@geol.vsu.ru
Тел.: 8-473-220-85-88*

Voronezh State University

*Kosinova I. I., the head of the chair of ecological geology of the faculty of geology of Voronezh State University, Doctor of Geological and Mineralogical Science, Professor of Ecological Geology Department
E-mail: kosinova777@yandex.ru
Tel.: 8-920-457-45-71*

*Vorobyova M. G., candidate of Geological and Mineralogical Science, Assistant professor of Ecological Geology Department
E-mail: mzaridze@mail.ru
Tel.: 8-903-858-12-88*

*Bondarenko S. V., candidate of Geological and Mineralogical Science, Assistant professor of General Geology and Geodynamics Department
E-mail: ogg@geol.vsu.ru
Tel.: 8-473-220-85-88*