

4. Ershov E. Experimental research on gas hydrate decomposition in frozen rocks / E. Ershov, V. Yakushev // *Cold Regions Science and Technology*. – 1992. – No 20. – С.147–156.
5. Gudmundsson J.S. Gas-in-ice: Concept evaluation / J.S. Gudmundsson, M. Parlaktuna // *Technical report, Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, Norwegian University of Science and Technology*. – Trondheim, 1991.
6. Gudmundsson J. Storing natural gas as frozen hydrate / J. Gudmundsson, M. Parlaktuna, A. Kohar // *SPE Production and Facilities*. – 1994. – February. – P.69–73.
7. Handa Y.P. Calorimetric determinations of the composition, enthalpies of dissociation and heat capacities in the range 85 to 270 K for clathrate hydrates of xenon and krypton / Y.P.Handa// *J. Chem. Thermodynamics*. – 1986. – V. 18. – P. 891 - 902.
8. Khokhar A.A. Storage Properties of Natural Gas Hydrates / A.A.Khokhar// *Dr.Ing. Thesis, Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics NTNU.October*. – Trondheim, 1998. – 230 p.
9. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.:Высшая школа, 1967. – 599 с.
10. Van der Waals J. Clathrate solutions / J. Van der Waals, J. Platteeuw // *Adv. Chem. Phys.* – 1959. – No2. – P. 1–57.
11. Якушев В.С. Природный газ и газовые гидраты в криолитозоне / В.С. Якушев. – М.: ВНИИГАЗ, 2009. – 192 с.
12. Yakushev V. Gas-hydrates selfpreservation effect / V. Yakushev, V.Istomin // *In Proc. IPC-91 Symp. September*. – Sapporo, 1991. – P. 136-140.

УДК 553.3.304 (047)

А. Н. Петин, д.г.н., профессор,
В. И. Петина, к.г.н., доцент,
Л. И. Белоусова, к.г.н., ст. преподаватель,
Н. И. Гайворонская, ст. преподаватель,
Н. Н. Крамчанинов, к.г.н., доцент,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННО-МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА КМА*

В статье рассмотрены условия накопления и использования техногенно-минеральных образований в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе КМА, приведена их генетическая классификация и оценена роль в загрязнении окружающей среды и в формировании экологической обстановки рассматриваемого региона.

Ключевые слова: техногенно-минеральные образования, техногенные месторождения, техногенно-минеральные объекты, вторичное сырье, вскрышные породы, гидроотвалы, отвалы скальных пород, хвостохранилища, шламохранилища.

О.М. Петін, В.І. Петіна, Л.І. Белоусова, Н.І. Гайворонська, М.М. Крамчанинов. ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННО-МІНЕРАЛЬНИХ УТВОРЕНЬ СТАРООСКОЛЬСЬКО-ГУБКІНСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ КМА. В статті розглянуто умови накопичення та використання техногенно-мінеральних утворень в Старооскольсько-Губкинському гірничопромисловому районі КМА, надана їхня генетична класифікація та оцінена роль у забрудненні оточуючого середовища та у формуванні екологічних обставин регіону, що розглядається.

Ключові слова: техногенно-мінеральні утворення, техногенні родовища, техногенно-мінеральні об'єкти, вторинна сировина, вскрышні породи, гідровідвали, відвали скелястих порід, хвостосховища, шламосховища.

A.N. Petin, V.I. Petina, L.I. Belousova, N.I. Givoronskaya, N.N. Kramchaninov. THE GEOECOLOGICAL PROBLEM OF TECHNOGENIC AND MINERAL FORMATIONS IN OLD OSCOL-GUBKIN MINING REGION OF KMA. The article deals with the conditions of accumulation and usage of the technogenic and mineral formations in the mining areas of KMA. It is given the genetic classification of the technogenic and mineral formations and it is estimated its role in the environmental pollution and forming of ecological state of studying region.

Keywords: the technogenic and mineral formations, technogenic fields, technogenic and mineral objects, secondary raw materials, stripping rocks, sludge pond, rock montons, tailing dumps, sludge depositories.

Актуальность. Старооскольско-Губкинский горнопромышленный район в геологическом отношении располагается в пределах Же-

лезорудной провинции КМА, которая простирается в пределах европейской части России с юго-востока на северо-запад на 625 км при ши-

рине 150-250 км; площадь ее составляет 125 тыс. км². Основные месторождения железных руд с промышленными запасами приурочены к ее центральной части, а именно к территории Белгородской, Курской, частично Орловской, Брянской и Воронежской областей, где на площади около 70 тыс. км² сосредоточены крупнейшие месторождения, участки и аномалии железных руд. По запасам и качеству железных руд бассейну КМА принадлежит ведущее место в мире, а по добыче – первое место в России.

Широкомасштабное промышленное освоение железорудного сырья, начавшееся с 60-х годов XX столетия, привело к накоплению огромного количества горнопромышленных отходов, обусловивших в регионе КМА возникновение сложной экологической обстановки.

Основная часть. В сложившейся ситуации весомый вклад в общее загрязнение окружающей среды и в формирование сложной экологической обстановки в горнопромышленных районах КМА вносят техногенно-минеральные образования (ТМО). В настоящее время в регионе КМА в целом, и в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе, в частности, накоплено огромное количество отходов. По данным В.Ф. Щупановского и А.М. Бабца [11], только в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе накоплено более 1,1 млрд м³ горной массы, во внешние отвалы уложено более 800 млн м³ пород вскрыши и более 260 млн м³ отходов обогащения, хранящихся в хвостохранилищах. Основными предприятиями, образующими техногенно-минеральные отходы в регионе КМА, являются Лебединский, Стойленский и Михайловский ГОКи, Яковлевский рудник и рудник им. Губкина, а также сопутствующие им предприятия металлургического, энергетического цикла и предприятия стройиндустрии.

Отходы производства после переработки, а в ряде случаев и без нее, представляют интерес для дополнительного извлечения основного компонента добычи (железной руды), однако большая часть отходов пригодна для получения сырья для строительной индустрии. В настоящее время это сырье в незначительном количестве используется в дорожном строительстве, основная же масса остается в отвалах и загрязняет окружающую среду.

В настоящее время нет общепризнанной классификации техногенных месторождений (ТМ). Критерии принадлежности ТМ к тому или иному типу меняются и дополняются по мере углубления исследований и практических работ в области разработки техногенных месторождений.

За основу классификации ТМО Старооскольско-Губкинского ГДК КМА была принята классификация ТМО ГДКа Урала [8], которая на наш взгляд отличается наибольшей проработанностью и является наиболее приемлемой для региона КМА (рис. 1).

Отходы горнорудного производства, образуемые как при отработке железорудных месторождений, так и при обогащении железной руды представляют собой, так называемое, техногенно-минеральное сырьё, которое обладает разнообразными химическими и минеральными свойствами. По своим свойствам оно может подразделяться на две основные группы – близкое по своему составу к природному сырью и существенно отличающееся от него. Эти особенности техногенно-минерального сырья определяют и области его использования. Так, сырье первой группы широко применяется в стройиндустрии, для сооружения дамб хвостохранилищ, засыпки выработанного пространства, при строительстве автомобильных дорог и т.п. Сырье второй группы, в частности – продукты обогащения железных руд, находящиеся в огромных количествах в хвостохранилищах, в настоящее время используется в небольших количествах, преимущественно в промышленном, гражданском и дорожном строительстве [1, 2, 9, 10]. Ограниченное применение данных техногенных продуктов заставляет искать новые возможности их использования, например, в производстве кладочных, бетонных, асфальтобетонных смесей и керамических материалов (преимущественно кирпича).

По экологическому воздействию среди техногенных месторождений выделяют:

1. Неопасные, представленные горными породами и глыбовошебенистыми и щебенистыми шлаками цветной и чёрной металлургии, слабо разрушающимися в течение хранения.

2. Поражающие атмосферу и гидросферу, если они сложены окисляющимися или глинизирующимися породами, окисляющимися шлаками, пылящими шлаками и высушенной пульпой хвостохранилищ.



Рис. 1. Классификация техногенно-минеральных образований Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района КМА

Поскольку воздушные и водные потоки являются носителями загрязняющих веществ от ТМО в окружающую среду, уместно говорить об атмосферных и гидрогенных потоках рассеяния химических элементов.

Техногенно-минеральные образования (отвалы вскрыши – рыхлые и скальные породы и хвостохранилища) вносят значительный вклад в общее загрязнение атмосферы. Интенсивность атмосферных потоков рассеяния химических элементов зависит от объема мобилизуемой пыли и содержания в ней загрязняющих веществ, а также от местных климатических условий. Наиболее интенсивно потоки рассеяния атмосферным путем происходят от отвалов, сложенных рыхлыми породами, и хвостохранилищ, содержащих мелкодисперсные отложения.

По мнению В.Д. Горлова [2], для начала пылевыведения должна быть превышена критическая скорость ветра. Согласно его расчетам для частиц диаметром 0.01 мм критическая скорость ветра составляет 3.65 м/с, для частиц диаметром 2 мм - 8.75 м/с, при этом дальность переноса может составить от нескольких метров до нескольких километров. С 1 га сухой поверхности отвала уносится до 2 - 5 тонн пыли в год.

Наилучшие условия для сдуваемости создаются в засушливый период времени, характеризующийся отсутствием дождей или незначительным количеством осадков (менее 5 мм/сут), скорость ветра при этом должна равняться 6 и более м/с.

Г.П. Мирзязевым, Б.А. Ивановым, В.М. Щербаковым [5] установлено, что при увеличении высоты отвала более 10 м количество сдуваемых с него мелких фракций возрастает пропорционально кубу скорости ветра. Следовательно, эрозия на высоких отвалах идет несколько интенсивнее, так как скорость ветра возрастает пропорционально логарифму высоты.

В опубликованной нами работе [7] приводятся данные экспериментальных лабораторных исследований процессов пыления отходов обогащения железных руд на хвостохранилище Лебединского ГОКа. Нами был исследован процесс пыления незакрепленных хвостов Лебединского ГОКа при различных значениях влажности. В ходе испытаний была определена критическая величина влажности, при которой начинается или полностью прекращается процесс пыления. Так как железорудные отходы обогащения содержат частицы различной размерности (полидисперсный материал), то при оценке пыления были

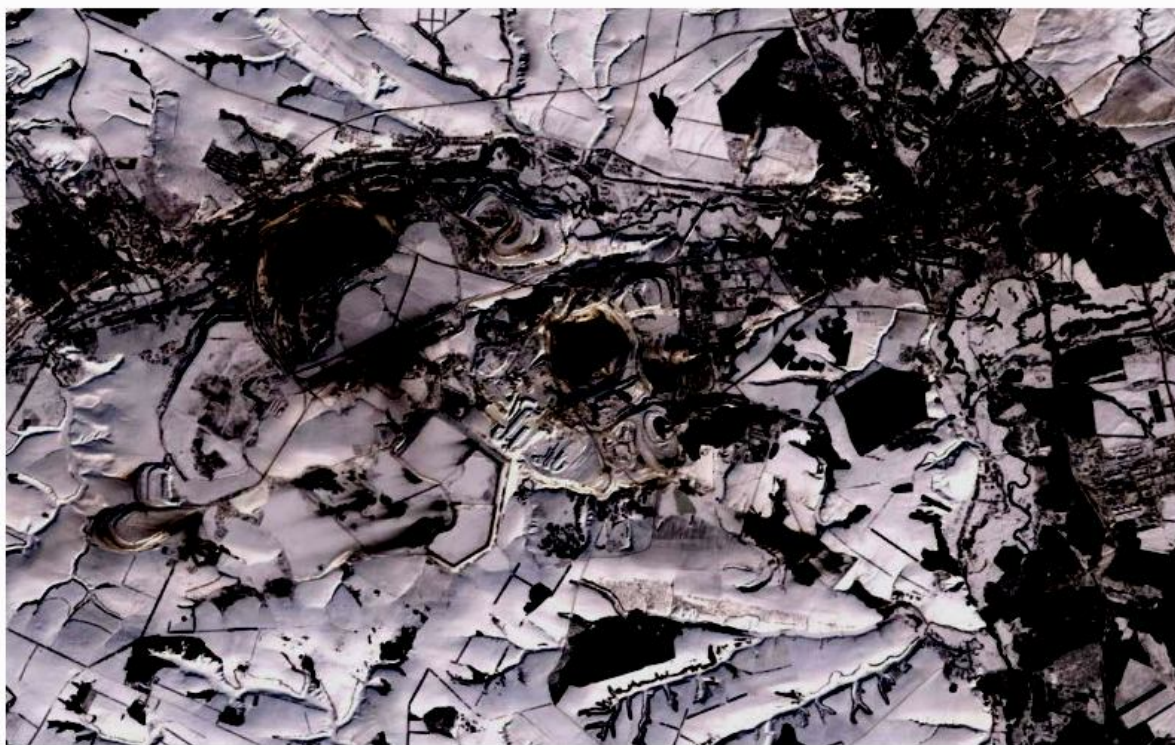


Рис. 2. Фрагмент космического снимка Landsat (разрешение снимка 30 м/пкс) Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района, на котором отчетливо выделяются шлейфы выпавшей пыли от основных источников загрязнения снегового покрова

испытаны фракции хвостов с различным диаметром частиц. При уменьшении влажности хвостов до критической величины ее частицы на поверхности образца становятся неустойчивыми, и при определенной скорости потока начинается процесс пыления.

Исследования показали, что процесс пыления в аэродинамической установке начинается при скорости воздушного потока 4 м/с., что объясняется эрозионной устойчивостью хвостов и физико-химическим взаимодействием частиц. Малое пыление наблюдалось на поверхности техногенных отложений, образованной частицами отходов обогащения железных руд с диаметром меньше 0,01 мм. Это обусловлено взаимодействием частиц, в частности, сцеплением между ними. Наиболее интенсивное пыление хвостов отмечается в слое с преобладанием частиц 0,025 – 0,4 мм. С увеличением диаметра частиц до 1,0 мм интенсивность пыления золы снижается.

Денудация отвалов, эрозия их склонов способствуют загрязнению сельскохозяйственных земель и лесных массивов. Сухие породы, особенно мел, подвержены ветровой эрозии, и во время сильных ветров пыль

вскрышных пород разносится на значительные расстояния. С одного га сухих незакрепленных растительностью отвалов сносится до 200-300 т пыли в год [11]. Пыль оседает на поля, токсичные примеси (силикаты, карбонаты) попадают в черноземную почву, которая теряет плодородие.

О загрязнении воздушной среды в зимнее время можно судить по характеру и степени загрязненности снежного покрова, т.к. он является депонирующей средой для поллютантов и индикатором пылевого загрязнения приземных слоев атмосферы. Результаты дешифрирования космического снимка снегового покрова Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района показали, что общая площадь пылевого загрязнения составляет около 235 км², что превышает площадь самого ГДК в 4 раза (рис.2).

Анализ материалов дистанционного зондирования позволил в пределах территории Старооскольско-Губкинского горнодобывающего комплекса выделить 5 зон с различной степенью пылевого загрязнения, которые отражены на картосхеме (рис. 3). В пределах этих зон выделен ряд аномальных участков

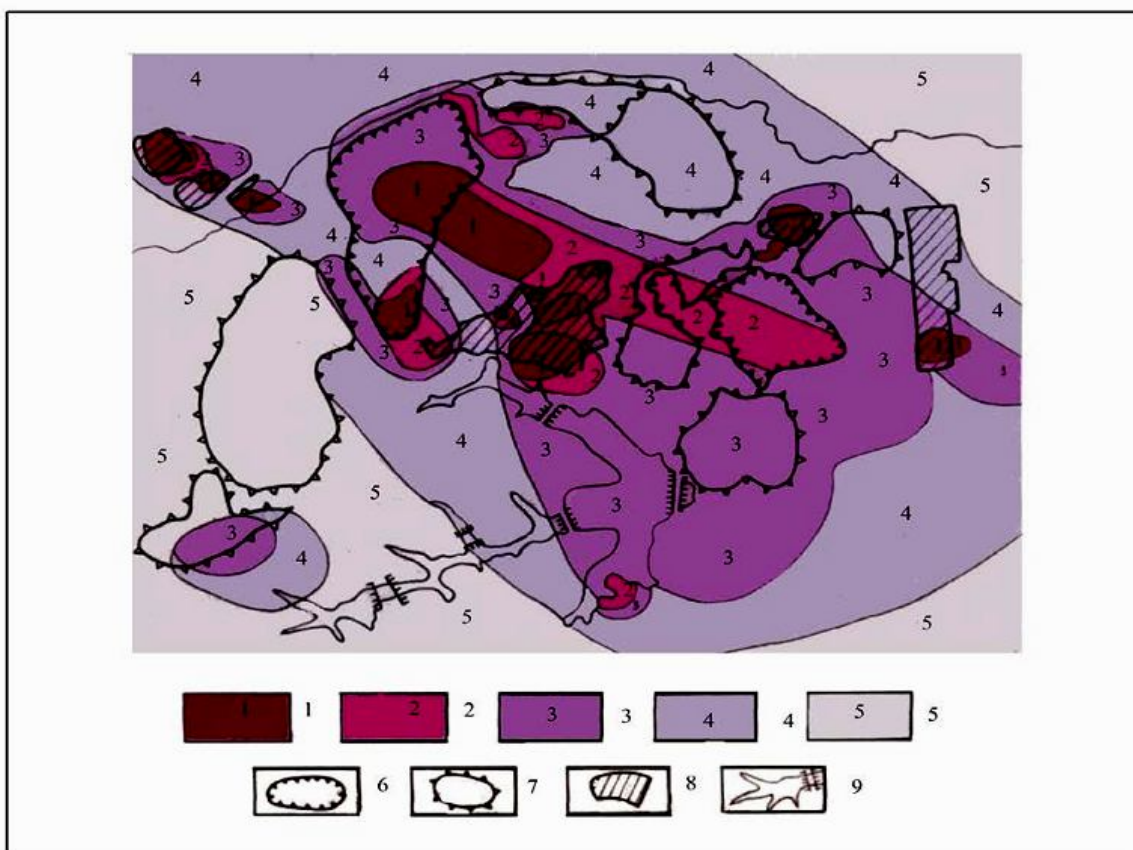


Рис. 3. Карта интенсивности пылевого загрязнения снегового покрова Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района (по данным ФГУНПП "Аэрогеология", 2001 г.)

Загрязнение снегового покрова: Пылевая нагрузка:

(степень загрязнения): (кг/кв.км в сутки):

- 1 – весьма сильное 800-1000; 2 – сильное 600-800; 3 – среднее 400-600;
4 – умеренное 200-400; 5 – слабое < 200;

Источники загрязнения:

- 6 – карьеры, 7 – отвалы, 8 – промышленные предприятия, 9 – шламохранилище

с различной суммарной нагрузкой и набором компонентов загрязнителей.

Исследования загрязнения снегового покрова, проведенные ОАО «Белгородгеология» в 2002 г. в исследуемом горнопромышленном районе, показали, что загрязнение имеет ярко выраженную зональность. На общем фоне с суммарной пылевой нагрузкой до 20 кг/км²·сут. прослеживается ряд аномальных зон. Одна из наиболее крупных таких зон приурочена к Старооскольско-Губкинскому горнопромышленному узлу. Суммарная нагрузка здесь превышает 60 кг/км²·сут. с довольно обширной ассоциацией компонентов загрязнителей (Ti, Co, Mn, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd, Be, Se и др.).

По химическому составу снеговые воды – сульфатно-гидрокарбонатные-кальциево-натриевые, реже они имеют смешанный со-

став. Величина минерализации этих вод изменяется от 23 мг/дм³ до 44 мг/дм³. Значение pH варьирует в пределах 4,9-7,4, с преобладанием слабокислой реакции (в среднем 5,91). При этом максимальное загрязнение отмечается на участках влияния промышленного и транспортного типов техногенной нагрузки.

Оценка гидрогенного воздействия ТМО на окружающую среду показала, что одним из основных источников загрязнения поверхностных и подземных вод является инфильтрация технических вод из хвостохранилищ в водоносные горизонты. Они проникают, как естественным путём в результате просачивания атмосферных вод, так и искусственным, например, при гидротранспортировке пульпы. Загрязняющие вещества в техногенных водах в техногенно-минеральных образованиях нахо-

дятся в виде взвесей или в растворенном состоянии [6].

Для этих вод характерно превышение ПДК по содержанию нефтепродуктов, железа общего и соединения азота. В водах хвостохранилищ обнаружены различные микрокомпоненты, концентрация большинства из которых существенно ниже ПДК.

В отвалах, содержащих пески девона, окисленные кварциты и сланцы, в довольно больших количествах присутствует сера, в основном в форме пирита (FeS_2). Например, среднее содержание пирита в сланцах Лебединского карьера – 2,66%. При его окислении образуется свободная серная кислота, поэтому воды, которые вытекают из-под отвалов, имеют кислую реакцию. В этих условиях увеличивается способность к миграции многих токсичных веществ. Не исключено попадание токсичных примесей в пищевые цепи,

поскольку поля сельскохозяйственных культур подходят вплотную к отвалам и карьерам.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали, что промышленные отходы горного производства (отвалы вскрыши и горных пород, а также продукты обогащения железных руд), с одной стороны, могут служить резервом минерально-сырьевой базы региона. С другой стороны, техногенно-минеральные образования характеризуются повышенной экологической опасностью (негативно влияют на различные компоненты окружающей природной среды и здоровье населения горнопромышленных районов).

Комплексное освоение техногенных месторождений должно решить две задачи: а) сохранение природных богатств в недрах земли; б) улучшение экологической ситуации в горнопромышленных районах.

Литература

1. Аргимбаев К. Р. Промышленные отходы горного производства и их использование на примере Лебединского ГОКа / К. Р. Аргимбаев // Молодой ученый. – 2011. – №6, Т.1. – С. 12-15.
2. Горлов В.Д. Расчет величины запыленности земель, прилегающих к отвальному хозяйству/ В.Д. Горлов // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1996, № 7. – С. 34-36.
3. Ермолович Е.А., Шок И.А., Петин А.Н. Экологическая безопасность освоения недр.//Экология, окружающая среда и здоровье населения Центрального Черноземья: материалы Междунар. конф. – Курск: РАЕН, 2005. – Ч.II. – С.120-124.
4. Кравчук, Т.Н. Исследование и прогноз качества вод в хранилищах отходов по обогащению железных руд / Т.Н. Кравчук, С.В. Сергеев, А.Н. Петин // Проблемы региональной экологии, 2011, № 2.С. – 96-100.
5. Мирзязев Г.Г. Экология горного производства. Учебник для вузов / Г.Г. Мирзязев, Б.А. Иванов, В.М. Щербаков. – М.: Недра. – 320 с.
6. Отчет по специализированным гидрогеологическим и инженерно-геологическим наблюдениям, проведенным на Лебединском горно-обогатительном комбинате в 2007 году, ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат». – Губкин, 2008. – 80 с.
7. Сергеев, С.В. Оценка параметров пыления продуктов обогащения железных руд / С.В. Сергеев, А.Н. Петин, И.В. Саница, А.В. Овчинников // Проблемы региональной экологии. – 2009, №1. – С. 48-51.
8. Техногенные месторождения Среднего Урала и их воздействие на окружающую среду / С.И. Мормиль, В.Л. Сальников, Л.А. Амосов и др.; под ред. Ю.А. Боровкова – Екатеринбург: НИИ-Природа, 2002. – 206 с.
9. Томаев В.К., Ермолович Е.А., Петин А.Н., Лисецкий Ф.Н., Шок И.А. Комплексное использование отходов обогащения мокрой магнитной сепарации в промышленности //современные проблемы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья: материалы Междунар. совещания «Плаксинские чтения-2005» - СПб.: Роза мира, 2005. – С.153-154.
10. Шок И.А., Ермолович Е.А., Петин А.Н. Использование отходов обогащения мокрой магнитной сепарации в составе асфальтобетона //Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской России и сопредельных странах: материалы II Междунар. конф. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – С. 287-289.
11. Щупановский В.Ф. Опыт решения экологических проблем / В.Ф. Щупановский, А.М. Бабец // Горный журнал, 1996, № 3. – С. 49-53.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 5.3407.2011 в рамках государственного задания Белгородскому государственному университету на 2012 г.