УДК 622.822

С.С. Тимофеева, Н.Ю. Луговцова

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ КУЗБАССА

Проведен анализ экологического состояния горнодобывающей промышленности Кузбасса. Выявлены основные загрязнители атмосферы, гидросферы и литосферы региона. Показана динамика выбросов основных загрязняющих веществ, приведена структура выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ. Определено, что максимальными выбросами являются выбросы метана в атмосферу. Рассмотрены основные причины возникновения пожаров в шахтах и разрезах. Оценена опасность, которую наносят эндогенные пожары. Предложена методика определения неучтенной экологической нагрузки от залповых выбросов при пожарах на угледобывающих предприятиях Кузбасса.

Ключевые слова: угледобывающий комплекс, эндогенные пожары, породные отвалы, загрязняющие вещества, метановоздушная смесь, экологическая нагрузка, пожарный риск.

Введение

Горнодобывающие предприятия оказывают комплексное воздействие на окружающую среду. Они влияют на все компоненты окружающей среды и характеризуется разнообразием состава загрязняющих веществ.

Характер воздействия определенного горнодобывающего предприятия на биосферу обусловлен геохимическими особенностями месторождения и используемой технологией добычи. Распространение загрязняющих веществ в атмосфере связано с технологическими процессами добычи и обогащения полезных ископаемых. Кроме этого, негативным воздействием горных предприятий является нарушение земной поверхности.

В покрывающих и подстилающих породах большинства месторождений имеются экологически токсичные элементы, такие как свинец, ртуть, цинк, кадмий, мышьяк, а также радон, являющийся радиоактивным газом. Большая часть вскрышных пород и добываемых полезных ископаемых имеет повышенные концентрации других токсичных элементов, что в значитель-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 6. С. 350–361.
© 2017. С.С. Тимофеева, Н.Ю. Луговцова.

ной степени обусловливает отрицательное воздействие горнодобывающих предприятий на окружающую среду.

Главными факторами изменения природной среды являются техногенные процессы, которые формируются при использовании различных объектов горного производства. При извлечении из недр больших объемов полезных ископаемых и размещении вскрышных пород в отвалы захватываются огромные территории, как по площади, так и по глубине.

Кроме всего прочего, на поверхности карьеров, отвалов и складов полезных ископаемых происходят процессы и окисления пылеобразования. Это, в свою очередь, приводит к загрязнению атмосферы, гидросферы и литосферы.

Таким образом, при проявлении всего комплекса техногенных процессов в горнодобывающих регионах формируется техногенез горного профиля, в результате воздействия которого происходит изменение верхней части литосферы и окружающей среды в целом.

Кузбасс известен в России, как один из богатейших по запасам каменноугольных бассейнов и, прежде всего, по запасам углей коксующихся марок. Кемеровская область богата не только каменным и бурым углем, но и многими другими видами минерального сырья для черной и цветной металлургии, агрохимии, стекольной промышленности, стройиндустрии и т.д.

По данным 2014 г., всего в Кузнецком угольном бассейне по предварительным данным учитывается порядка 78 000 млн т. каменного угля [1].

Одними из крупных месторождений каменноугольного бассейна являются: Прокопьевско-Киселевское, Кедровско-Крохалевское, Уропское, Ленинское, Березово-Бирюллинское, Караканское, Соколовское, Березовское [2].

В Кузнецком угольном бассейне находится 137 действующих и 78 строящихся шахт и разрезов. На балансе предприятий находится 19 448,5 млн т каменного угля.

Цель данной работы – проанализировать современное экологическое состояние горнодобывающей промышленности Кузбасса и выявить основные экологические проблемы от деятельности данных предприятий. Для выполнения поставленной цели необходимо изучить статистические данные о состоянии атмосферы, гидросферы и литосферы региона, определить основные загрязнители окружающей среды от деятельности угледобывающих предприятий и выявить основные источники неучтенной экологической нагрузки.

Аналитический обзор

Как известно, угольная промышленность относится к отраслям с высокой экологической опасностью. Добыча полезных ископаемых сопровождается проявлением целого ряда негативных факторов, угрожающих целостности предприятий, здоровью и жизни людей. Кроме этого, горнодобывающее предприятие также представляет собой комплексный источник воздействия на окружающую среду. Угольная промышленность загрязняет атмосферный воздух, водные объекты, нарушает почвенный слой земли, является источником образования огромного количества отходов [3].

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области, общая масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух области в 2014 г. составила 1331,688 тыс. т.

Динамика выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников Кемеровской области за период с 2004 по 2014 гг. представлена на рис. 1.

Как видно из рис. 1, за последние 5 лет количество выбросов в атмосферу относительно стабильно.

За последние десять лет суммарные валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников увеличились на 119,068 тыс. т (9,8%) за счет выбросов углеводородов – метана. Однако масса выбросов диоксида серы, диоксида азота, твердых веществ и оксида углерода снизилась и составила 96%, 78%, 70% и 67% к уровню 2004 г. соответственно.

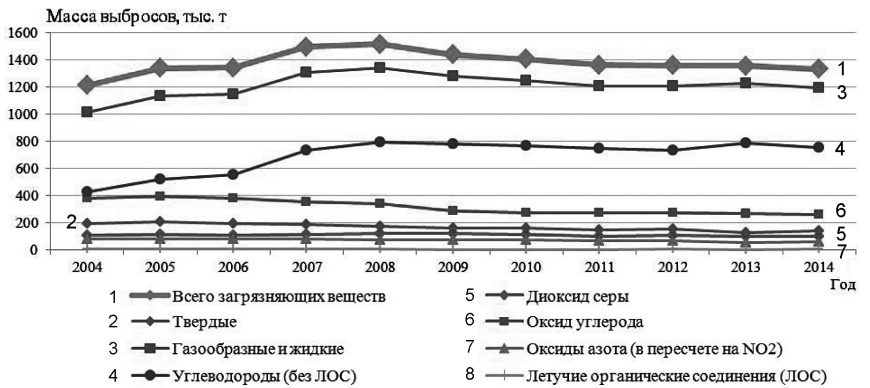


Рис. 1. Динамика выбросов основных загрязняющих веществ

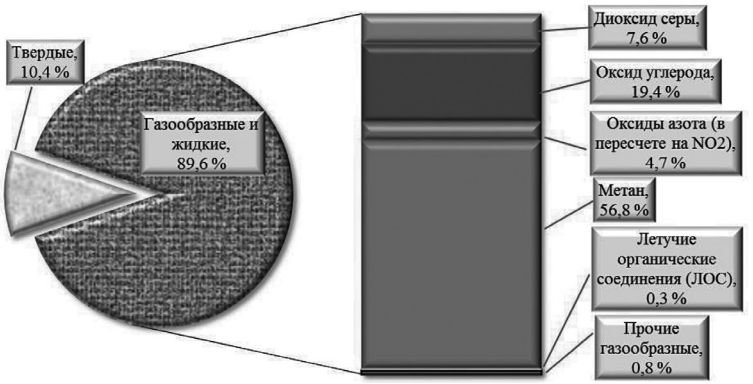


Рис. 2. Структура выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников за 2014 г.

Начиная с 2008 г., наблюдается стабильное снижение выбросов по области. За данный период выбросы уменьшились более чем на 180 тыс. т или на 12,1%. Структура выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников за 2014 г., представлена на рис. 2.

На долю газообразных и жидких загрязняющих веществ приходится 89,6% выбросов, твердых – 10,4%. Максимальные выбросы в суммарном объеме составляют выбросы метана (56,8%) и оксида углерода (19,4%). Как известно, это основные газы, которые выделяются в атмосферу от деятельности угольных предприятий. Кроме того, это одни из ключевых парниковых газов, негативно сказывающихся на климате планеты.

Метан поступает в атмосферный воздух области в основном в результате угледобычи, а также в результате утечек из трубопроводов при транспортировке природного газа, при горении биомассы, при разложении мусора на свалках (как составная часть биогаза), в результате эмиссии в сельском хозяйстве.

Выбросы метана занимают первое место в общем объеме зарегистрированных выбросов от стационарных источников.

В Кузбассе, начиная с 2007 г., в процессе угледобычи средствами вентиляции и дегазации на поверхность выбрасывается более 700 тыс. т метана, выбросы которого составляют более 50% от общего объема выбросов загрязняющих веществ по области. За 2014 г. выбросы метана составили 756,366 тыс. т.

Динамика выбросов метана в атмосферный воздух от стационарных источников Кемеровской области за период с 2004 по 2014 гг. представлена на рис. 3.

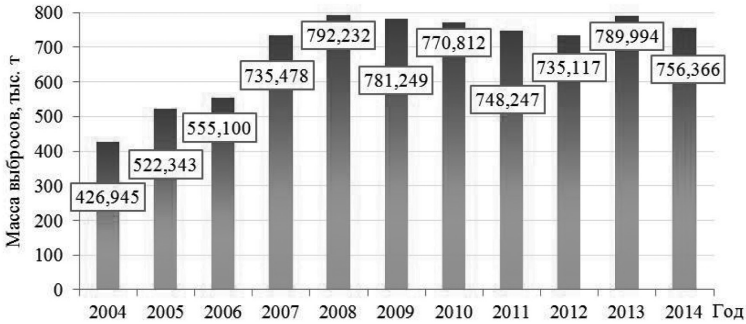
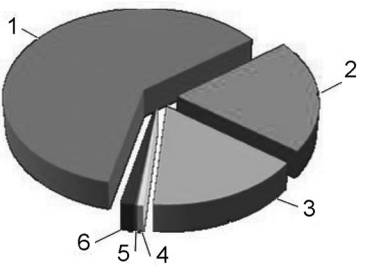


Рис. 3. Динамика выбросов метана от стационарных источников Кемеровской области

Основной вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников вносят предприятия по добыче полезных ископаемых – 61,1% (813,906 тыс. т), обрабатывающие производства – 20,4% (271,714 тыс. т), предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды – 16,3% (217,683 тыс. т) по данным 2014 г.

Максимальный объем выбросов приходится на предприятия по добыче полезных ископаемых – 813,906 тыс. т (рис. 4).

Ежегодно выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников предприятий по добыче полезных ископаемых составляют более 60% от общего количества выбросов от стационарных источников региона. По сравнению с 2013 г. предприятиями угольной отрасли добыто в 2014 г. на 4,4 млн т больше угля, это может быть связано с повышением эффективности разработки уже существующих месторождений. Динамика выбросов загрязняющих веществ горнодобывающими предприятиями представлена на рис. 5.



1 – Добыча полезных ископаемых 61,1 %
2 – Обрабатывающие производства 20,4 %
3 – Производство и распределение энергии 16,3 %
4 – Транспорт и связь 0,6 %
5 – Сельское, лесное хозяйство и охота 0,2 %
6 – Другие виды деятельности 1,4 %

Рис. 4. Распределение массы выбросов загрязняющих веществ стационарными источниками с учетом отнесения к видам экономической деятельности в 2014 г.

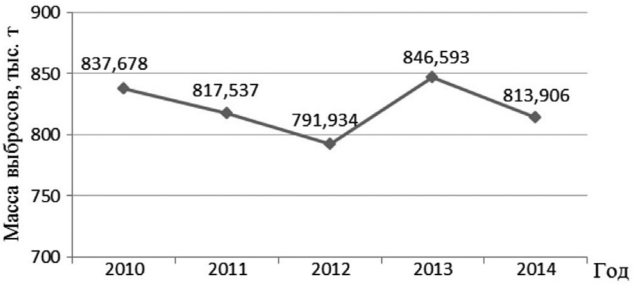


Рис. 5. Динамика выбросов загрязняющих веществ предприятиями по добыче полезных ископаемых

Наиболее распространенным способом добычи угля в Кемеровской области по-прежнему является открытый, особенностями которого являются высокая производительность и низкая себестоимость угля.

Большая концентрация угольных предприятий обуславливает чрезвычайно высокие техногенные нагрузки, что приво-

Количество выбросов основных загрязняющих веществ от предприятий по добыче топливно-энергетических полезных ископаемых

Наименование вещества	**Выброшено в атмосферный воздух ЗВ, тыс. т**	**Доля вклада в общую массу выброса аналогичного ЗВ по области, %**
Всего, в том числе:	807,057	60,6
Твердые	36,881	26,7
Жидкие и газообразные, из них:	770,176	64,5
диоксид серы (SO_2)	4,431	4,4
оксид углерода (CO)	21,140	8,2
оксиды азота (в пересчете на NO_2)	5,326	8,5
углеводороды (без ЛОС)	737,963	97,6
летучие органические соединения (ЛОС)	0,258	5,9
прочие жидкие и газообразные	1,058	10,6
метан (CH_4)	737,963	97,6
пыль неорганическая, с содержанием от 70 до 20% SiO_2	4,110	55,8
сажа (углерод)	2,656	16,3

дит к загрязнению атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод, нарушению ландшафта, скоплению большого количества промышленных отходов [4].

Специфика воздействия определенного горнодобывающего предприятия на окружающую среду обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения и применяемой техникой и технологией для его разработки [5].

В таблице представлены данные о количестве основных загрязнителей атмосферы от деятельности угледобывающих предприятий в 2014 г.

В структуре выбросов загрязняющих веществ больше всего выделяются газообразные и жидкие вещества. Они меньше всего улавливаются на очистных сооружениях по сравнению с твердыми веществами. Среди всех этих выбросов, основную массу составляет метан. Его доля составляет 97,6% от общего количества выбрасываемого метана по области.

В значительных объемах образуются твердые вещества: пыль неорганическая, с содержанием от 70 до 20% SiO_2, и сажа (углерод) (55,8% и 16,3% от количества выбрасываемых аналогичных загрязняющих веществ по области соответственно).

Угледобывающий комплекс также оказывает большое воздействие на гидросферу. Изменяется водный режим территории, загрязняются грунтовые и сточные воды. В результате воздействия изменяется положение и движение уровня подземных вод и гидрографической сети. Происходит снижение качества вод мелкозалегающих грунтовых вод, водного режима почвенного слоя. Уменьшаются ресурсы подземных вод, изменяется естественный гидрологический режим рек [6].

Техногенное загрязнение подземных вод возникает при работе горнодобывающих предприятий и при их ликвидации. Ликвидация шахт самозатоплением сопровождается увеличением в подземных водах содержания многих компонентов. К их числу относятся шахты им. Орджоникидзе, им. Димитрова, «Бутовская», «Судженская», «Ягуновская», «Пионерка», «Шушталепская», «Смычка». При ликвидации зачастую уровень подземных вод оказывается выше ожидаемого, происходит подтопление жилых территорий и промышленных зон городов Новокузнецка, Кемерово, Анжеро-Судженска, Белово, Прокопьевска, Киселевска, поселка Ягуновский.

Основное количество загрязненных сточных вод, поступает в поверхностные водные объекты от предприятий, занятых добычей каменного угля (43,7%), сбором, очисткой и распре-

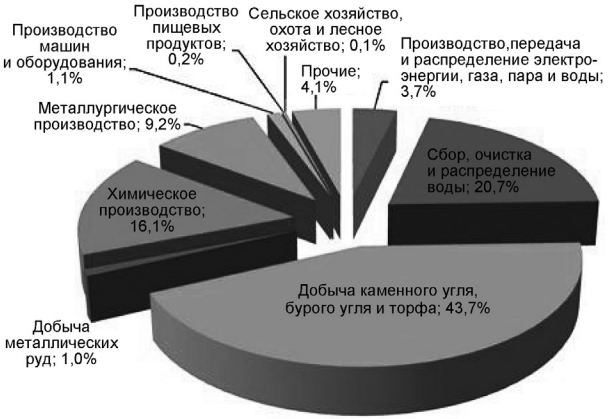


Рис. 6. Доля сброса загрязненных вод в общем объеме сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты Кемеровской области в 2014 г.

делением воды (20,7%), химическим производством (16,1%) и металлургическим производством (9,2%). Значительно меньше по объему загрязненной воды сбрасывается при производстве, передаче и распределении электроэнергии (3,7%), при добыче металлических руд (1,0%) и других видах деятельности (рис. 6) [7].

Большой негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия объектов техногенных ландшафтов.

Согласно статистическим данным Управления Росприроднадзора по Кемеровской области, площадь нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых по состоянию на 31.12.2014 составила 53,255 тыс. га.

Выдача на поверхность огромной массы горных пород приводит к оседанию земной поверхности, разрушению сложившихся биоценозов. Процессы движения, хранение и перераспределение земли в результате деятельности угледобывающих предприятий разрушают сложившуюся экосистему. Нарушение почв и связанные с работой шахт виды воздействий способствуют эрозии. Структура почвы также нарушается пульверизацией или различными видами взрывов. Проведение мероприятий, связанных со строительством дорог, перевозкой, хранением верхнего слоя почвы вблизи горнодобывающих предприятий,

приводят к увеличению большого количества пыли. Также могут происходить проседания земной поверхности в связи с обвалами в подземных туннелях. При подземной добыче масса породы, поднимаемая на поверхность, приводит к образованию терриконов.

Большой вред окружающей среде наносят также эндогенные пожары в шахтах. Каменный уголь, который содержит в своем составе летучие компоненты, очень легко возгорается, даже находясь в пласте. При его горении в атмосферу выделяются оксиды углерода, сероводород и легковоспламеняющиеся углеводороды. При горении породы обрушается кровля, возникают взрывы метановоздушной смеси, что может привести к гибели людей [8].

На угольных разрезах пожары могут возникать как на вскрытых пластах, так и на породных отвалах, нередко содержащих значительное количество углесодержащей массы [9]. Так, горящие и разогретые углесодержащие породы выделяют газы, способствующие развитию парникового эффекта, вызывающие кислотные дожди и т.п. Пожары, возникающие на породных отвалах, представляют серьезную угрозу здоровью и жизни людей. Опасность представляют выделяющиеся токсичные газы, выгорающие полости в теле отвала, возможность взрыва в случае попадания воды в высокотемпературные области. Основными опасными газами, выделяющимися с поверхности горящих породных отвалов, являются оксид углерода, сероводород, сернистый ангидрид и др. Расчеты и замеры показали, что только один горящий породный отвал в Беловском районе выбрасывает в атмосферу за один год более 200 т оксида углерода, более двух тонн диоксида серы, более четырех тонн сероводорода. Из такого количества диоксида серы в атмосфере образуется более двух с половиной тонн сернистой кислоты [10].

Заключение

Согласно проведенному анализу, можно сделать вывод о том, что наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносят угледобывающие предприятия. С каждым годом происходит увеличение объема производства угля, что приведет к существенному повышению пылегазовых выбросов в атмосферу, увеличению количества жидких стоков и нарушению почвенного слоя. При повышении выработки энергии и планируемом увеличении доли угля в топливном балансе страны проблемы загрязнения окружающей среды могут существенно обостриться.

Угольная добыча и деятельность предприятий по сжиганию угля является источником выбросов веществ, негативно влияющих на климат. В случае увеличения использования угля в российской энергетике негативное влияние будет увеличиваться.

Создание новых объектов добычи угля приведет к серьезным ущербам для окружающей среды регионов, где предполагается размещать эти объекты.

Таким образом, неучтенная экологическая нагрузка от залповых выбросов при пожарах на угледобывающих предприятиях Кузбасса является одним из серьезных факторов, которые на сегодняшний день недостаточно учитываются при оценке уровня загрязнения атмосферы. Хотя в последние годы обращается внимание на высокие уровни загрязнения атмосферы при аварийном поступлении в воздух вредных и токсичных веществ. Появляются методики, позволяющие прогнозировать экологические риски, обусловленные пожарами [11]. Результаты таких исследований позволяют получить достаточно полную картину загрязнения воздуха залповыми выбросами при пожарах и разрабатывать технические решения по их минимизации и предотвращению [12–14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Государственный* доклад «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году». – Кемерово, 2015. – 459 с.

2. *Рыбак Л. В.* Воздействие антропогенных факторов на состояние атмосферного воздуха урбанизированных территорий Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № S5. – С. 176–181.

3. *Белая Л. А.* Прогноз и оценка последствий воздействия подземной добычи углей на окружающую среду: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тула: ТулГУ, 2009. – 24 с.

4. *Луговцова Н. Ю.*, *Тимофеева С. С.* Экологические проблемы угледобывающих предприятий Кузбасса / Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 191–194.

5. *Левкин Н. Д.*, *Мухина Н. Е.* Распределение поллютантов в системе «река-пойма» в промышленном регионе // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2012 – Вып. 2. – С. 3–8.

6. *Сенкус В. В.*, *Майер В. Ф.* Экологические проблемы горнодобывающих предприятий в Кузбассе // ЭКО-бюллетень ИнЭкА. – 2003. – № 2 (73).

7. *Секистова Н. А.* Эколого-экономическая оценка эффективности регулирования недропользования на предприятиях угольной компании: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – М.: МГГУ, 2011. – 24 с.

8. *Федорова С. Е.* Проблемы пожарной и экологической безопасности разработки угольных месторождений криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – ОВ 12. – С. 329–333.

9. *Finkelman R. B.* Potential health impacts of burning coal beds and waste banks // International Journal of Coal Geology. – 2004. – V. 59. – Pp. 19–24.

10. *Портола В. А.*, *Торосян Е. С.* Возникновение и развитие пожаров на породных отвалах / Проблемы недропользования: материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Екатеринбург, 8–10 февраля 2012. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012 – С. 350–354.

11. *Rosema A., Guan H., Veld H.* Manual of Coal Fire Detection and Monitoring: Delft, Netherlands Institute of Applied Geosciences Report. – 1999. – 245 p.

12. *Fay J. A., Rosenzweig J. J.* An Analytical Diffusion Model for Long Distance Transport of Air Pollutions // Atmospheric Environment. – 1980. – № 14. – Pp. 355–365.

13. *Fisher B. E. A.* A Review of the Processes and Models of Long-Range Transport of Air Pollutants // Atmospheric Environment. – 1983. – № 17. – Pp. 1865–1880.

14. *Venkatram A.* Statistical Long-Range Tpansport Models // Atmospheric Environment. 1986. – № 20. – Pp. 1317–1324. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Тимофеева Светлана Семеновна – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: timofeeva@istu.edu,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Луговцова Наталья Юрьевна – ассистент, e-mail: lnyu-70583@bk.ru,
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета (ЮТИ ТПУ).

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 6, pp. 350–361.

UDC 622.822

S.S. Timofeeva, N.Yu. Lugovtsova

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL STATUS OF MINING INDUSTRY IN KUZBASS

It was held the analysis of the ecological state of the mining industry of Kuzbass. Were identified the basic pollutants of the atmosphere, hydrosphere and lithosphere of the region. It was shown the dynamics of emissions of major pollutants shows was given the structure of the most common pollutants. It was determined that the maximum emissions are emissions of methane into the atmosphere. Were considered the main causes of fires in mines and pits. It was evaluated the danger, which is applied to endogenous fires. It was proposed the method of determining the unaccounted ecological burden from emissions from fires salvo at mining enterprises of Kuzbass.

Key words: coal mining complex, endogenous fires, waste dumps, contaminants, methane mixture, environmental pressures, fire risk.

AUTHORS

Timofeeva S.S., Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: timofeeva@istu.edu,
Irkutsk National Research Technical University,
664074, Irkutsk, Russia,
Lugovtsova N.Yu., Assistant lecturer,
e-mail: lnyu-70583@bk.ru,
Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research
Tomsk Polytechnic University, 652055, Yurga, Russia.

REFERENCES

1. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Kemerovskoy oblasti v 2014 godu»* (Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году»), Kemerovo, 2015, 459 p.

2. Rybak L.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2008, no S5, pp. 176–181.

3. Belaya L.A. *Prognoz i otsenka posledstviy vozdeystviya podzemnoy dobychi ugley na okruzhayushchuyu sredu* (Прогноз и оценка последствий воздействия подземной добычи углей на окружающую среду), Candidate's thesis, Tula, TulGU, 2009, 24 p.

4. Lugovtsova N.Yu., Timofeeva S.S. *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti 2016»* (Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности 2016»), Moscow, Akademiya GPS MChS Rossii, 2016, pp. 191–194.

5. Levkin N.D., Mukhina N.E. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2012, issue 2, pp. 3–8.

6. Senkus V.V., Mayer V.F. *EKO-byulleten' InEkA*. 2003, no 2 (73).

7. Sekistova N.A. *Ekologo-ekonomicheskaya otsenka effektivnosti regulirovaniya nedropol'zovaniya na predpriyatiyakh ugol'noy kompanii* (Эколого-экономическая оценка эффективности регулирования недропользования на предприятиях угольной компании), Candidate's thesis, Moscow, MGGU, 2011, 24 p.

8. Fedorova S.E. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009, Special edition 12, pp. 329–333.

9. Finkelman R.B. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks. *International Journal of Coal Geology*. 2004. V. 59, pp. 19–24.

10. Portola V.A., Torosyan E.S. *Problemy nedropol'zovaniya: materialy VI Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Проблемы недропользования: материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Ekaterinburg, February 8–10, 2012), Ekaterinburg, IGD UrO RAN, 2012, pp. 350–354.

11. Rosema A., Guan H., Veld H. *Manual of Coal Fire Detection and Monitoring: Delft*, Netherlands Institute of Applied Geosciences Report. 1999. 245 p.

12. Fay J.A., Rosenzweig J.J. An Analytical Diffusion Model for Long Distance Transport of Air Pollutions. *Atmospheric Environment*. 1980, no 14, pp. 355–365.

13. Fisher B.E.A. A Review of the Processes and Models of Long-Range Transport of Air Pollutants. *Atmospheric Environment*. 1983, no 17, pp. 1865–1880.

14. Venkatram A. Statistical Long-Range Tpansport Models. *Atmospheric Environment*. 1986, no 20, pp. 1317–1324.