

УДК 662.813/662.814:577.4

В.И. Папичев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СЖИГАНИЯ БРИКЕТНОГО ТОПЛИВА

Проведена оценка нагрузки на атмосферу при сжигании брикетов из различных углей на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: потребленный ресурс, горное производство, уголь, нефтебитумное связующее, экология.

Семинар № 8

V.I. Papichev
**THE IMPLEMENTATION OF
RESOURCE APPROACH FOR
ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL
RISKS OF BRIQUETTE FUEL
COMBUSTION**

The estimation of atmosphere pollution during briquette and different coal combustion on the base of experimental data is carried out.

Key words: consumed resource, mining enterprise, coal, petroleum-bitumen binding, ecology.

Kоличественным показателем техногенного воздействия на каждый природный ресурс являются относительные отклонения фактических значений количества ресурса от его исходных (естественных) значений, которые могут явиться результатом как непосредственного, так и опосредованного потребления ресурса.

Непосредственно потребленный ресурс — это величина, на которую изменились запасы ресурса, в результате использования их непосредственно на осуществление технологического процесса, где он полностью изменяет и утрачивает свои первичные свойства вследствие механических и физико-химических превращений.

Опосредованно потребленный ресурс — это величина, на которую из-

менились запасы ресурса вследствие поступления в среду вещества и энергии, вызванного воздействием производства при непосредственном ресурсопотреблении, приводящим к ухудшению его состояния, в результате чего он утрачивает свои свойства.

Общая формула нагрузки на тот или иной компонент природной среды в результате воздействия комплекса источников, входящих в производство имеет следующий вид:

$$U^{\tau} = \frac{\sum_{t=1}^{\tau} |V_t|}{\sum_{t=1}^{\tau} R_t} + \frac{\sum_{t=1}^{\tau} |G_t| \kappa_h}{\sum_{t=1}^{\tau} R_t}$$

где $|V|$ — величина отклонения запасов ресурса в результате непосредственно потреблённого ресурса; R_t — запасы ресурса; t — временной интервал оценки; τ — верхний временной предел оценки; G — величина части ресурса, изменившей свои свойства, или внесенного в ресурс иностранные вещества; κ_h — коэффициент нагрузки.

Коэффициент нагрузки показывает степень опосредованного потребления ресурса в результате изменения его природных свойств при энергети-

Таблица 1

Среда, показатель воздействия	Единицы измерения	Величины		Соотношение величин max / min
		Максимальная (max)	Минимальная (min)	
Атмосфера	мг/м ³			
ПДК среднесуточная		25	3·10 ⁻⁴	8,3·10 ⁴
ПДК максимально разовая		200	9·10 ⁻⁶	2,2·10 ⁷
ОБУВ		100	1·10 ⁻⁵	1·10 ⁷
Вода	мг/л			
ПДК _{хп}		350	5·10 ⁻⁶	7·10 ⁷
ПДК _{рх}		1000	1·10 ⁻⁸	1·10 ¹¹
ОДУ _{хп}		50	35·1 ⁶	1,4·10 ⁶
ОДУ _{рх}		32	1·10 ⁻⁶	3,2·10 ⁷
Почва	мг/г			
ПДК		3000	0,01	3·10 ⁵
ОДК		1,6	0,03	53,3

ческом воздействии или внесении инородного вещества.

Степень опосредованного потребления ресурса в результате внесения загрязняющих веществ зависит от токсичности отдельных ингредиентов, которая может быть оценена по нормативам ПДК.

В настоящее время установлено большое число нормативов допустимого содержания веществ в окружающей среде [1]. Так одних только предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_{хп}) установлено около 1400 и ориентировочно допустимых уровней (ОДУ) более 300. Кроме того, для воды водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, установлены ПДК_{рх} для более чем 1000 вредных веществ, ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) ядохимикатов более 100 и ПДК пестицидов около 150.

Для атмосферы населённых мест установлено около 500 ПДК и около 1500 (ОБУВ) загрязняющих веществ. Для почвы установлены ПДК для более 100 и ориентировочно допустимые

концентрации (ОДК) для приблизительно 70 химических веществ.

По этим показателям степень воздействия веществ в различных средах отличается зачастую в миллионы раз (табл. 1).

Таким образом, в результате внесения в природные ресурсы вредных веществ одинаковой массы, но различной токсичности, результат воздействия может различаться от десятков до миллионов раз.

При оценке воздействия важно учитывать также период времени, в течение которого загрязняющие вещества сохраняются в природной среде. Длительность существования веществ в различных средах находится в широких пределах. В частности, в атмосфере она меняется от многих тысяч лет до нескольких часов. По данным [2] в табл. 2 представлено среднее время пребывания в атмосфере некоторых веществ.

Многие высокотоксичные вещества имеют незначительный срок существования, что снижает их опасность для окружающей среды. Т.е. необходимо учитывать различия между поступающими в среду веществами не только по токсичности, но и по сроку их существования. Учёт такого различия предлагается осуществлять с ис-

Таблица 2

Элемент или соединение	Среднее время пребывания в атмосфере
Гелий (He)	10^7 лет
Азот (N_2)	10^6 — 10^7 лет
Кислород (O_2)	$5 \cdot 10^3$ — 10^4 лет
Диоксид углерода (CO_2)	5 — 10 лет
Водород (H_2)	4 — 8 лет
Метан (CH_4)	4 — 7 лет
Озон (O_3)	0,3 — 2 года
Оксид углерода (CO)	0,2 — 0,5 лет
Диоксид азота (NO_2)	8 — 11 суток
Вода (H_2O)	10 суток
Сульфат-ион (SO_4^{2-})	10 суток
Оксид азота (NO)	9 суток
Аммиак (NH_3)	5 — 6 суток
Диоксид серы (SO_2)	2 — 4 суток

пользованием коэффициента нагрузки, формула для расчёта которого имеет следующий вид:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n M_i A_i T}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

где M — масса веществ, поступивших с отходами в окружающую среду, т; i — количество видов веществ, поступивших в окружающую среду; A — показатель относительной агрессивности веществ; T — поправка на время существования примесей в окружающей среде.

Показатель A i -того вещества характеризует степень его агрессивности относительно агрессивности вещества, принятого в качестве нормирующего для рассматриваемой среды. При оценки агрессивности веществ принимаются показатели, используемые для санитарной оценки воздушной среды, воды водоёмов, химических соединений в почве. В общем виде показатель относительной агрессивности определяется отношением предельной величины используемого для санитарной оценки среды показателя самого безопасного вещества к

величине этого показателя i -того вещества.

Поправка T показывает, какую часть выбранного временного интервала оценки составляет время жизни примеси в природной среде с момента эмиссии до деструкции в рамках этого интервала. Её величина может быть определена из соотношения:

$$T = t_i / t_0$$

где t_0 — длительность выбранного временного интервала оценки; t_i — длительность существования примеси.

В том случае, если длительность существования примеси превышает длительность временного интервала t_i , принимается равным t_0 .

Данный подход использовался нами для получения количественных оценок воздействия горного производства на основные компоненты природной среды [3]. Причём, были получены показатели как интегральной нагрузки горнодобывающих предприятий КМА на атмосферу, поверхность водоёмов, почвенный покров, так и сделана дифференциация нагрузок по прилегающей территории. Производились оценки нагрузки на окружающую среду отдельных объектов горно-обогатительного ком-

Таблица 3

Изменение газового состава атмосферы при сжигании брикетов из бородинского угля и бородинского угля с добавкой битума НБС-1

Газ	Содержание в воздухе		
	Приземный слой атмосферы	Отходящие при сжигании «бородинского» угля газы	Отходящие при сжигании угля с битумом газы
Азот, % объёма	78,08	79,16	44,86
Кислород, % объёма	20,95	5,67	9,73
Водород, % объёма	0,00005	4,27	9,51
Метан, % объёма	0,00015	0	10,92
Диоксид углерода, % объёма	0,046	0,49	20,33
Оксид азота, % объёма	0,0025	0,03	0,03
Диоксид серы, мг/м	–	2,1	1,2
Оксид углерода, % объёма	–	10,39	2,1
Углеводороды, % объёма	–	0,02	2,48
Фенол, мг/м	–	0,896	0,016
Формальдегид, мг/м	–	0,05	0

плекса [4]. Выполнялись также оценки воздействия предприятий других отраслей добывающей промышленности на водный бассейн [5], на недра [6].

Представляется, что подобный подход может быть применим и к сравнительной экологической оценке различных технологий и материалов. В качестве примера выполним оценку нагрузки на атмосферу при сжигании брикетов из различных углей с использованием данных, приведенных в статье [7]. Автор выполнил оценку на основе экспериментальных данных по результатам отбора выделяющихся при сжигании брикетов газов проб, полученных на лабораторном стенде.

В экспериментах использовались следующие образцы топливных брикетов, изготовленных из следующих компонентов: уголь разреза «Бородинский», уголь разреза «Бородинский» с битумом БН-70/30, уголь разреза «Бородинский» с битумом НБС-1, тюльганский уголь, кангаласский уголь с битумом БН-70/30, антрацит с битумом НБС-1, древесные опилки, кузнецкий уголь марки Г-6.

По результатам качественного и количественного определения компонентного состава газов, выделившихся при сжигании этих образцов, сделаны оценки по отдельным компонентам выделяющихся вредных веществ. Сделан вывод об улучшении экологической ситуации при добавке к бородинским углем нефтебитумного связующего. В то же время при сжигании этих брикетов отмечается некоторое ухудшение ситуации в результате увеличения концентрации оксидов серы. Кроме того, не учитывается изменение содержания нетоксичных веществ в сравнении с их содержанием в незагрязнённой атмосфере (азота, кислорода, диоксида углерода и др.), т.е. изменение состава атмосферного воздуха.

Таким образом, сделанные выводы получены в результате не полной и в некоторой степени субъективной оценки.

Для получения объективной оценки необходим комплексный учёт воздействия газообразных выбросов на атмосферу как в результате загрязнения её вредными веществами, так и в

Таблица 4

Загрязнители	A_i	t_i , суток
Оксид азота	1250	9
Диоксид серы	1000	3
Оксид углерода	16,7	130
Углеводороды	50	4
Сероводород	6250	1,5
Фенол	16667,7	4
Формальдегид	16667,7	4

Таблица 5

Нагрузка на атмосферу от сжигания некоторых брикетов

Компоненты атмосферы	Разница между массами компонентов в чистом воздухе и в продуктах горения, кг	
	бородинский уголь	бородинский уголь с битумом БН-70/30
Непосредственная нагрузка		
Азот	0,0130264	0,5774736
Кислород	0,2183052	0,2348816
Метан	0,000001	0,0087
Водород	0,00384	0,00658
Сумма	0,2351726	0,8276
Нагрузка, %	18,18813612	64,007
Опосредованная нагрузка		
Диоксид углерода	0,009	0,515
Оксид азота	0,00003	0,00003
Диоксид серы	0,00001	0,0001
Оксид углерода	0,13	0,0537
Углеводороды	0,00005	0,0078
Сероводород	0	0,907
Фенол	0,00035	0,00027
Формальдегид	0,00032	0,000015
Сумма	0,140	1,484
Нагрузка, %	10,82	114,743
Интегральная нагрузка, %	29,007	178,75

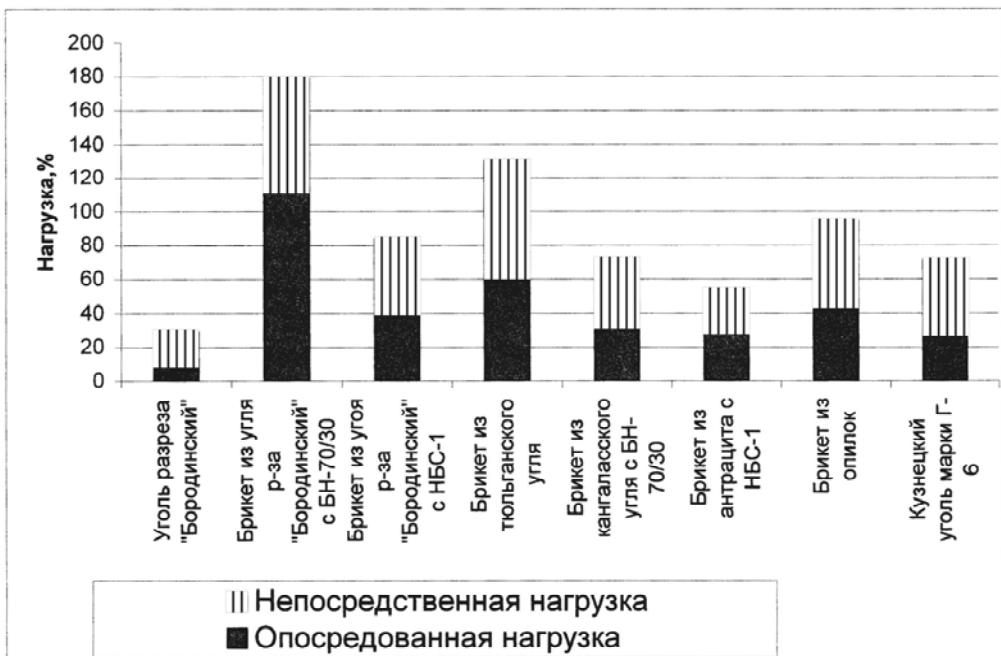
результате изменения постоянного состава атмосферного воздуха. Например, при сжигании брикетов из угля разреза «Бородинский» состав газообразных продуктов горения в сравнении с составом воздуха в приземном слое атмосферы существенно различается (табл. 3).

Наряду с внесением в атмосферу посторонних веществ (диоксид серы, углеводороды, фенол, формальдегид) отходящие при сжигании угля газы содержат значительно меньше кислорода (в 3—4 раза), больше — водорода (в миллионы раз). Более резкую разницу относительно содержания

азота в атмосфере имеют отходящие при сжигании смеси угля с нефтебитумом (в 1,7 раза).

Таким образом, в атмосферу поступает газ иного, чем сама атмосфера состава. Степень изменения этого состава по существу характеризует нагрузку, оказываемую на атмосферу в пределах внесенного при сжигании в атмосферу объема газов. Получение количественной величины изменения состава позволит получить количественную оценку нагрузки на атмосферу.

Расчеты непосредственной нагрузки производим по постоянным газам, в число которых из перечисленных в



Интегральная нагрузка на атмосферу при сжигании топливных брикетов

табл. 3, согласно [8] относятся: азот, кислород, водород, метан. Расчёт опосредованной нагрузки производим по оставшимся газам, число и концентрация которых являются переменными в окружающем атмосферном воздухе. Принятые при расчётах показатели относительной агрессивности загрязнителей, вносимых в атмосферу при сжигании брикетов, и длительность их существования представлены в табл. 4.

В качестве нормирующего вещества при определении показателя относительной агрессивности (A_i), принят диметилнитрозамин, имеющий ПДК_{cc} = 50 мг/м³. Запасы ресурсов атмосферного воздуха, относительно которых производилась оценка нагрузки, принимались равными массе 1 м³ воздуха, т.е. $R = 1,293$ кг.

Относительные отклонения фактических значений количества ресурса в

атмосфере от его естественных значений по каждому внесенному компоненту при сжигании брикетов бородинского угля и бородинского угля с битумом БН-70/30 и величины непосредственной и опосредованной нагрузки представлены в табл. 5.

Сравнение интегральных нагрузок на атмосферу при сжигании всех использованных в экспериментах брикетов приведено на рис.

Приведенные результаты расчётов свидетельствуют о том, что наиболее безопасными для атмосферы являются брикеты из бородинского угля, наиболее опасными брикеты из того же угля с битумом БН-70/30. Брикеты других составов по опасности занимают промежуточное положение.

Результаты сравнительной оценки брикетов по непосредственной нагрузке на атмосферу, т.е. по нагрузке за счёт изменения содержания отно-

сительно нормы в атмосфере традиционных газов, свидетельствует о том, что наибольшие отклонения от нормы получены при сжигании брикетов из угля разреза «Бородинский» с БН-70/30 и тюльганского угля. Наименьшие отклонения получены при сжигании брикетов угля из разреза «Бородинский» без каких-либо добавок.

Сравнение брикетов по опосредованной нагрузке, являющейся результатом внесения в атмосферу инородных веществ, показывает, что наиболее опасным является уголь разреза «Бородинский» с добавкой БН-70/30. Причём, оказываемая этим брикетом нагрузка значительно превышает нагрузку от сжигания других брикетов. Наименее опасны по опосредованной

нагрузке брикеты из бородинского угля без добавок, из кузнецкого угля марки Г-6, из антрацита с добавкой НБС-1.

Таким образом, однозначных оценок об улучшении экологической ситуации в атмосфере в результате добавки к углем нефтебитумного связующего сделать нельзя. Более того, в тех случаях, когда сравнение брикетов производится по определённому сорту угля и тому же углю с добавкой связующего, результаты оценки свидетельствуют об обратном.

Уголь разреза «Бородинский» значительно менее опасен для атмосферы, чем тот же уголь с добавлением к нему нефтебитумов БН-70/30 и НБС-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Под ред. Исаева Л.К. — Санкт-Петербург, Эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998.— 896 с.
2. Бертшнайдер Б., Курфюрст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль: Пер. с англ. / Под ред. А.Ф.Туболкина. — Л.: Химия, 1989. — 288 с.
3. Папичев В.И. Оценка воздействия горного производства на окружающую природную среду с использованием ресурсного подхода. — М., ИПКОН РАН, 2004. — 60 с.
4. Папичев В.И. Оценка воздействия горного производства на природные ресурсы регионов. — Горный журнал. № 4, 2005 — С. 94—96.
5. Папичев В.И. Интегральная оценка техногенного воздействия на гидросферу. — Экологические системы и приборы, № 4, 2005 — С. 94—96.
6. Папичев В.И., Прошликов А.Н. Оценка техногенной нагрузки на недра в районе производства горных работ. — Горный информационно-аналитический бюллетень, № 9, 2002 — С.24—28.
7. Ананьев С.Ю. Экологическая оценка при сжигании брикетного топлива из канскско-ачинских бурых углей с нефтебитумными добавками. — Горный информационно-аналитический бюллетень, № 11, 2004 — С. 326—329.
8. Исаев А.А. Экологическая климатология. — М.: 2001. **ГЛАВ**

Коротко об авторе

Папичев В.И. — доктор технических наук ИПКОН РАН, info@ipkonran.ru

