

*«Экология и рациональное природопользование»,
Израиль, 20-27 февраля 2014 г.*

Технические науки

**РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ
КВАЛИФИЦИРОВАННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ
ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО
ПРЕДПРИЯТИЯ ВОСТОЧНОГО
КАЗАХСТАНА**

¹Нечипуренко С.В., ²Ефремов С.А.,
²Наурызбаев М.К.

¹ТОО «Aim Lab», Алматы;

²Центр физико-химических методов исследования
и анализа КазНУ им. аль-Фараби, Алматы,
e-mail: nechipurenkos@mail.ru

Объектом исследования явились черносланцевые шунгитовые породы в Чарском районе Восточно-Казахстанской области. Источник шунгитового сырья – техногенные отвалы золотоносного рудника Бакырчик. Запасы миграционного шунгита составляют порядка 30 млн. тонн.

Многoletние фундаментальные и опытно-промышленные исследования в рамках республиканских и международных грантов, а также количественная оценка ресурсов шунгита создали предпосылки для использования их в качестве перспективного углерод-минерального сырья при получении новых углеродных материалов. В ходе проделанной работы была утверждена

нормативно-технологическая документация (Стандарт предприятия, технологический регламент производства, должностные инструкции), получены сертификаты на продукцию и положительные заключения Республиканской СЭС Казахстана, проведены опытно-промышленные испытания полученных материалов и имеются письма заинтересованности в продукции, все работы защищены патентами.

Результатом данной работы стало создание опытно-промышленного производства по выпуску углерод-минерального композита на основе шунгитовых пород для использования в качестве наполнителя при получении пластиковых изделий, усиливающего наполнителя темных резиновых смесей и углерод-минерального сорбента для процессов очистки хозяйственно бытовой воды и концентрирования благородных и редких металлов на промышленных предприятиях.

Настоящая публикация осуществлена в рамках Подпроекта «Создание опытно-промышленного производства наноструктурированных углеродосодержащих материалов для химико-технологических процессов», финансируемого в рамках Проекта Коммерциализации Технологий, поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан.

Экология и рациональное природопользование

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА**

Абдула Ж., Галагузова Т.А., Аймаханов Б.

*Таразский инновационно-гуманитарный
университет, Тараз, e-mail: tamara5024@mail.ru*

Развитие методов прогноза загрязнения воздуха основывается на результатах теоретического и экспериментального изучения закономерностей распространения примесей от их источников. Такое изучение осуществляется главным образом по двум направлениям. Одно из них состоит в разработке теории атмосферной диффузии на основе математического описания распространения примесей с помощью решения уравнения турбулентной диффузии. Другое связано в основном с эмпирико-статистическим анализом распространения загрязняющих веществ в атмосфере и с использованием для этой цели интерполяционных моделей большей частью гауссовского типа.

Первое направление является более универсальным, поскольку позволяет исследовать распространение примесей от источников различ-

ного типа при разных характеристиках среды. Оно дает возможность использовать параметры турбулентного обмена, применяемые в метеорологических задачах о тепло и влагообмене в атмосфере. Это обстоятельство весьма существенно для практического использования результатов теории к прогнозированию загрязнения воздуха с учетом ожидаемого изменения метеорологических условий.

Сравнительно просты для описания закономерностей распределения примеси гауссовы модели, чем объясняется довольно широкое использование в различных странах работ второго направления. Большое значение имеет предсказание особо опасного загрязнения воздуха, в том числе интенсивных смогов, которые могут сопровождаться тяжелыми заболеваниями и даже смертными случаями. Иногда выделяются несколько групп или степеней загрязнения воздуха, в том числе значительное, умеренное и слабое, в зависимости от значений средних концентраций или некоторых интегральных показателей загрязнения воздуха по всему городу или по части его. При прогнозе в таких случаях

указывается только об ожидаемой группе. Однако степень опасности групп определяется также по соответствующим значениям концентраций.

Иногда при этом меры принимаются только после того, как степень концентрации вредных примесей фактически достигает определенных критических уровней. Прогноз же метеорологических условий используется для выяснения возможности дальнейшего усиления степени загрязнения

воздуха. Например агентство по охране окружающей среды США ввело новые уровни таких тревог: 1-й – настораживающий, 2-й – предостерегающий, 3-й – критический, 4-й – очень опасный.

Для каждого из этих уровней установлены характерные значения концентраций фотооксидантов, в том числе озона и четырех наиболее распространенных примесей: SO₂, пыль (твердые частицы), CO, NO₂ (табл. 1).

Таблица 1

Значения концентраций при различных тревогах

Примесь	Уровень тревоги	Концентрация		Период осреднения, ч
		млн ⁻¹	мг/м ³	
Оксиданты (озон) O ₃	1	0,1	0,2	1
	2	0,4	0,8	1
	3	0,5	1,0	1
	4	0,6	1,2	1
Двуокись серы SO ₂	1	0,3	0,8	24
	2	0,6	1,6	24
	3	0,8	2,1	24
	4	1,0	2,6	24
Пыль (твердые вещества)	1		0,3	24
	2		0,6	24
	3		0,8	24
	4		1,0	24
Окись углерода CO	1	15	17	8
	2	30	34	8
	3	40	46	8
	4	50	58	8
Двуокись азота NO ₂	1	0,2	0,28	24
	2	0,3	0,56	24
	3	0,4	0,75	24
	4	0,5	0,94	24

Установлено, что наступление четвертого, очень опасного уровня вызывает затрудненное дыхание и боли в груди даже у здоровых людей, а улиц со слабым здоровьем и более серьезные последствия. Аналогичные тревоги объявляются также в Японии и некоторых других странах. Из сказанного следует, что прогнозы загрязнения атмосферы в городах и промышленных районах могут иметь большое практическое значение.

Работы по теории атмосферной диффузии, основанные на результатах интегрирования уравнения турбулентной диффузии атмосферных примесей, получили значительное развитие в странах СНГ.

При формулировке исходных уравнений, описывающих процесс распространения примесей в атмосфере и изменение их концентраций во времени, используется возможность от деления пульсаций от средних значений концентраций примеси. Это позволяет с помощью известных приемов осреднения перейти от уравнения диффузии для мгновенных концентраций к уравнению для средних значений концентраций [1, 2, 3, 4].

В общем виде задача прогноза загрязнения воздуха математически может быть определена как решение при определенных начальных и граничных условиях дифференциального уравнения

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} k_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q, \quad (1)$$

где t – время; x_i – координаты; u_i и k_i – составляющие средней скорости перемещения примеси и коэффициента обмена, относящиеся к направлению оси x_i ($i=1,2,3$); α – коэффициент, определяющий изменение концентрации за счет превращения примеси.

Уравнение (1) описывает пространственное распределение средних концентраций, а также их изменения со временем. В этой связи оно может рассматриваться как прогностическое уравнение.

Обычно в декартовой системе координат оси x_1 и x_2 , расположенные в горизонтальной плоскости, обозначают через x и y , а вертикальную ось x_3 – через z ; соответственно $u_1 \equiv u$, $u_2 \equiv v$, $u_3 \equiv \omega$ и $k_1 \equiv k_x$, $k_2 \equiv k_y$, $k_3 \equiv k_z$.

В общем случае коэффициент обмена в турбулентном потоке представляется тензором второго порядка. Уравнение (1) записано в предположении, что оси координат совпадают с главными осями тензора, при этом недиагональные составляющие его исчезают и отличны от нуля только диагональные компоненты

$$k_{xx} = k_x, \quad k_{yy} = k_y, \quad k_{zz} = k_z.$$

При решении практических задач вид уравнения (1) упрощается. Так, если ось x ориентирована по направлению средней скорости ветра, то $v = 0$. Вертикальные движения в атмосфере над горизонтальной однородной подстилающей поверхностью малы и практически можно принимать $\omega = 0$ в случае легкой примеси, не имеющей собственной скорости перемещения. Если же рассматривается тяжелая примесь, постепенно оседающая, то w представляет собой скорость осаждения (которая входит в уравнение со знаком минус). При наличии ветра можно пренебречь членом с k_x , учитывающим диффузию по оси x , поскольку в этом направлении диффузионный поток примеси значительно меньше конвективного.

В случае решения прогностических задач в принципе существенно сохранение в нестационарного члена $\frac{\partial q}{\partial t}$. Однако за периоды времени, сравнимые со временем переноса примеси x/u от источника к рассматриваемой точке, процесс диффузии стационарируется (подробнее данный вопрос рассмотрен в книге Марчука [5]). Изменения концентраций в атмосфере со временем носят обычно квазистационарный характер и практически часто можно исключить член $\frac{\partial q}{\partial t}$, положив его равным нулю, и принять только, что коэффициенты уравнения (1) являются известными функциями времени t . Учет этого члена, как будет показано ниже, существен только в отдельных случаях, в частности при определении экстремальных концентраций примеси от наземных источников в условиях очень слабого ветра и малой интенсивности турбулентного обмена.

Таким образом, исходное прогностическое уравнение (1) сводится к обычно используемому уравнению атмосферной диффузии

$$u \frac{\partial q}{\partial x} - \omega \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} - \alpha q \quad (2)$$

В случае легкой примеси ($\omega=0$) второй член в (2) исчезает, а при рассмотрении сохраняющейся примеси ($\alpha=0$) исключается и последний член в правой части уравнения.

При наличии в атмосфере вертикальных токов в члене $\omega \frac{\partial q}{\partial z}$ величина w включает и вертикальную составляющую скорости движения

воздуха. В условиях холмистого рельефа, когда направление ветра не горизонтально и зависит от расстояния x , необходимо учитывать также член $\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial q}{\partial x}$.

При наличии точечного источника с координатами $x=0, y=0, z=H$ в качестве граничного условия принимается [6]

$$uq = M\delta(y)\delta(z-H) \quad \text{при } x=0 \quad (3)$$

где M – выброс веществ от источника в единицу времени, а $\delta(\xi)$ – дельта-функция. При прогностических задачах (с учетом квазистационарности процесса) M в общем случае рассматривается как функция времени t .

Граничные условия на бесконечном удалении от источника принимаются в соответствии с естественным предположением о том, что концентрация убывает до нуля:

$$q \rightarrow 0 \quad \text{при } |y| \rightarrow \infty \quad (4)$$

$$q \rightarrow 0 \quad \text{при } |z| \rightarrow \infty \quad (5)$$

При формулировке граничного условия на подстилающей поверхности выделяют случаи, когда примеси распространяются над водной поверхностью. Большею частью вода поглощает примеси, и поэтому концентрация их непосредственно у ее поверхности равна нулю, т.е.

$$q = 0 \quad \text{при } z = 0 \quad (6)$$

С поверхностью почвы примеси обычно слабо взаимодействуют. Попав на нее, примеси здесь не накапливаются, а с турбулентными вихрями снова уносятся в атмосферу. Поэтому с достаточной точностью принимается, что средний турбулентный поток примеси у земной поверхности мал, т.е.

$$k \frac{\partial q}{\partial z} = 0 \quad \text{при } z = 0 \quad (7)$$

Другие граничные условия будут указаны при рассмотрении конкретных задач.

Список литературы

1. Андреев П.И. Рассеяние в воздухе газов, выбрасываемых промышленными предприятиями. – М.: Госстройиздат, 1952. – 88 с.
2. Артемова Н.Е. и др. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземный слой атмосферы / Под ред. Е.Н. Тевверовского, И.А. Терновского. – М.: Атомиздат, 1980. – 236 с.
3. Бачурина А.А. О тепловой трансформации воздуха в приземном слое атмосферы // Тр. ЦИП, вып 144, с. 62-68. 1965; Погноз температуры воздуха в приземном слое атмосферы с учетом эволюции облачности // Тр. ГМЦ, вып. 63, с. 3-14, 1967.
4. Берлянд М.Е. Предсказание и регулирование теплового режима приземного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1956. – 436 с.
5. Марчук Г.И., Пененко В.В., Алоян А.Е., Лазриев Г.Л. Численное моделирование микроклимата города // Метеорология и гидрология, 1979, № 8, с. 5-15.
6. К теории турбулентной диффузии // Труды ГТО Ленинград, вып. 138, 1965, с. 31-37.