

**Табл. 4.** Вміст метилртуті  $\text{CH}_3\text{Hg}$  (у перерахуванні на ртуть) у біосередовищах людини [7]

| Біосередовище      | Вміст ртуті |                                 |                                     |
|--------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                    | У нормі     | При летальних випадках отруєння | У осіб, що вживають забруднену рибу |
| Цільна кров, нг/кг | 5           | 1300                            | 155-650                             |
| Еритроцити, нг/кг  | 10          | 2400                            | 822-1200                            |
| Волосс, мг/кг      | 10          | 500                             | 56-185                              |

Сучасна екологічна ситуація безперечно є об'єктом комплексних досліджень. Кожен з нас кровно зацікавлений в екологічному благополуччі середовища свого існування, тому представлений у статті матеріал буде сприяти рішенню насущних екологічних задач.

#### Бібліографічний список

1. **Большаков А.П., Кирикилица С.И., Птушка Л.И., Эдельман А.М.** Техногенные ореолы ртути//Гигиена и санитария, 1974, -№2. – с11-112.
2. **Вернадский В.И.** Избранные сочинения: в 6т. Изд-во АН СССР, -1954-1960, т.1-6.
3. **Дворников А.Г., Кирикилица С.Н.** Ртутоносность углей Донецкого бассейна. – М. Недра, 1987.-158с.
4. **Курмелев И.И., Шевченко В.П., Доброгорский Н.А., Сафралова И.Л.** Токсичность продукции шахт Чистяково-Снежнянского геолого-промышленного района Донбасса//Уголь Украины, 1999, июль-с.41-42.
5. **Лазаренко Е.И., Панов Б.С., Груба В.И.** Минералогия Донецкого бассейна, Т.1, Киев, «Наукова думка», с.253.
6. **Ревич Б.А.** Гигиеническая оценка содержания некоторых химических элементов в биосубстанциях человека//Гигиена и санитария. -1986, -№7. –с59-62.
7. **Трахтенберг И.М., Коршун М.Н.** Ртуть и ее соединения в окружающей среде//Киев «Вища школа», 1990, -с.232.
8. **Чегринец Г.Я.** Загрязнение внешней среды ртутьорганическими пестицидами//Остатки пестицидов. Тр. II Всес. совещ. по исслед. остатков пестицидов, профилактике загрязнения ими продуктов питания, кормов и внешней среды. Таллинн, 1971. –с373-376.
9. **Mercury Environmental Health Criteria/Geneva, WHO, 1976, -132p.**
10. **Jindberg S.E.** Mercury partitioning in a power, plant plume and its influence on atmospheric removal mechanisms//Atmosph. Environ., 1980, -Vol.14, №2, p.p.227-231.
11. **World Health Organization Meeting of investigators for the international study of normal values for toxic substances in the human body//WHO. Helth.-Geneva, 1985-2002.**

© Панов Б.С., Сахно С.В. 2004

УДК 622.132

**С.Б.РОМАНЧЕНКО, Г.А.ПОЗДНЯКОВ** (ННЦ ГП – ИГД им.А.А.Скочинского), **К.ЛЕБЕЦКИ** (опытная шахта «Барбара», Польша), **И.МРУЗ** (ЕМАГ, Польша)

#### **СТЕНДОВЫЕ И ШАХТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Приведены результаты шахтных и стендовых испытаний системы контроля пылевзрывобезопасности горных выработок как одной из основных составляющих комплекса мер по предупреждению взрывов. Автоматизированный контроль осуществляется на основе оптических датчиков контроля витающей пыли, аппаратных и программных составляющих общешахтной системы мониторинга, а также специального программного обеспечения для пересчета показаний датчиков в интегральные показатели пылевзрывобезопасности выработок.*

Анализ статистического материала за последние 10 лет свидетельствует о том, что в среднем ежегодно на шахтах России происходит около семи взрывов метана и угольной пыли, число жертв от них находится на недопустимо высоком уровне [1].

Взрывы с наиболее тяжелыми последствиями происходили:

12.11.1992 г. шахта им. Шевякова ОАО «Кузнецкуголь» - 25 погибших.

11.05.1997 г. шахта «Зырянская» ОАО «Кузнецкуголь» - 73 пострадавших из них 67 погибших.

18.01.1998 г. шахта «Центральная» ОАО «Воркутауголь» - пострадало 32 горнорабочих (27 смертельно): 9 пострадавших выдано из шахты отделениями ВГСЧ без признаков жизни, 5 - получили отравления различной степени, 18 - не обнаружены и остались в шахте.

21.03.2000 г. шахта «Комсомолец» ОАО УК «Кузбассуголь» – погибло 12 горноспасателей.

2004 г. шахта «Тайжина» - погибло 47 горнорабочих.

Для угольных предприятий Республики Польша проблема предотвращения взрывов также окончательно не решена, несмотря на относительно благополучный период с 1987 по 2001 гг. Взрыв угольной пыли на шахте «Яс-Мос» (Силезия) в феврале 2002 г. привел к необходимости проведения специальных исследований по выяснению причин аварии.

В статистических сводках ведущих угледобывающих стран, наряду с широко используемым в РФ относительным показателем смертельного травматизма (число смертельно травмированных, отнесенное к годовому объему угледобычи в млн. т), в качестве показателей используются абсолютные цифры: число взрывов в угольных шахтах страны за год, число смертельно травмированных и пострадавших, число погибших в наиболее крупных подземных авариях. Именно абсолютные показатели характеризуют реальное состояние техники, технологии, уровня подготовки инженерного корпуса, технологической дисциплины и других факторов, определяющих уровень развития угледобычи.

Профилактическая работа по предупреждению возникновения и распространения взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах основывается на двух уровнях пылевзрывозащиты:

- первый уровень предусматривает комплекс мер по предупреждению возникновения взрывов;

- второй уровень – системы по локализации взрыва, развившегося вследствие отказа первой линии защиты.

Комплекс мер первого уровня направлен на предотвращение формирования взрывчатой пыле-метано-воздушной смеси и состоит из определенного объема пылевзрывозащитных мероприятий, мероприятий по управлению газовой обстановкой средствами вентиляции или дегазации, а также по контролю параметров рудничной атмосферы.

Второй уровень пылевзрывозащиты носит крайне ограниченный характер и должен обязательно сочетаться с первым уровнем. Системы локализации взрывов как пассивные (порошковые или водные заслоны, водные заслоны типа «Ваг» и др.), так и активные (с выбросом огнетушащего порошка в момент прохождения фронта пламени взрыва) делают попытку предотвратить дальнейшее воспламенение взрывоопасного аэрозоля по сети выработок и не оказывают прямого воздействия на основные поражающие факторы:

- величину избыточного давления на фронте ударной взрывной волны, приводящей к механическому травмированию персонала, разрушению оборудования, крепи, вентиляционных сооружений;

- среднюю температуру потока, приводящую к массовым ожогам горнорабочих;

- объем и концентрацию ядовитых газов, образовавшихся при взрыве.

Отмечены многочисленные факты отравления горнорабочих в поствзрывной атмосфере.

В рамках международного проекта E!2822 проведена разработка аппаратных и программных средств системы контроля пылевзрывобезопасности горных выработок, являющейся одним из основных факторов предупреждения взрывов, т. е. первого уровня борьбы с одним из наиболее опасных видов подземных аварий.

В соответствии с «Инструкцией по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли» интенсивность пылеотложения в выработке должна определяться одним из следующих способов [2]:

- по количеству пыли, отложившейся на полки (подложки);

- по изменению средней концентрации витающей в воздухе пыли.

В обоих случаях продолжительность контроля должна быть кратной полному технологическому циклу в лаве, а в других выработках – не менее одной смены.

При высоких темпах проходки и нагрузках на очистные забои (более 1000 т/сут) контроль на подложки имеет невысокую достоверность, оперативность данного способа (скорость получения цифровой информации) весьма низка и требуется лабораторная обработка проб.

Второй способ связан с созданием специальных датчиков постоянного контроля массовой концентрации витающей пыли. Наиболее приемлемым в этом аспекте представляется способ дистанционного автоматизированного контроля с передачей на поверхность информации о наличии взрывоопасного отложения пыли, что позволило бы принимать оперативные меры по предупреждению аварий. При этом необходимо учитывать следующие особенности функционирования системы (датчиков контроля пылевого фактора):

- оно должно осуществляться в составе систем мониторинга газовой обстановки или систем контроля технологических параметров;
- использование помехоустойчивых каналов передачи информации;
- реализация непрерывной работы системы с аккумуляторными источниками питания для автономной кратковременной работы (до 8 ч), реализация принципа питания элементов системы искробезопасной энергией с поверхности, так как длительное (более 8 ч) снятие питающего напряжения в подземной части шахты при авариях ведет к потере информации и связано с трудоемким переналадиванием системы;
- автоматическое отключение электрооборудования при взрывоопасных массах отложившейся пыли.

Исходя из вышеизложенных требований, ЕМАГ (Польша) был разработан датчик контроля витающей пыли РЈ-1, адаптированный к системе комплексного мониторинга безопасности (СКМБ). Отделом промышленной безопасности ННЦ ГП-ИГД им. А.А. Скочинского разрабатывались методики и проводились лабораторные и шахтные испытания датчика в рамках совместных исследований и разработок.

Испытания РЈ-1 проводились в пылевой камере ВостНИИ (2002г.). Сравнительные испытания РЈ-1 были проведены в пылевой камере (рис. 1) опытной шахты «Барбара» (Польша), в которой создавался пылевой аэрозоль, контролируемый РЈ-1, оптическими пылемерами DuctTrak, ТМ-data и гравиметрическими приборами СІР10 с измерительными головками на респираторную и общую массу пыли. Условия испытаний: концентрация метана в стенде – 0%; температура окружающего воздуха + 25°С; относительная влажность воздуха – 59%; атмосферное давление – 755 мм.рт.ст; диапазон запыленности воздуха 1 – 950 мг/м<sup>3</sup>; дисперсная фаза аэрозоля – 100% угольная пыль производства исследовательской шахты «Барбара». Фракционный состав угольной пыли представлен в табл. 1.

Результаты измерений концентрации пылевого аэрозоля в камере стенда приведены в табл. 2 и на рис. 2,3 [5].

Как показали исследования, оптический пылемер весьма чувствителен к изменениям концентрации пыли, измерения РЈ-1 коррелируются с показаниями приборов типа ТМ-data и DuctTrak (см. рис. 2, 3). Вместе с тем коэффициент пересчета показаний РЈ-1 (по показаниям гравиметрического прибора СІР10, принимаемого в ходе экспериментов за эталонный) составил более 33%, что было учтено в процессе доработки датчика и алгоритмов обработки замерных данных.

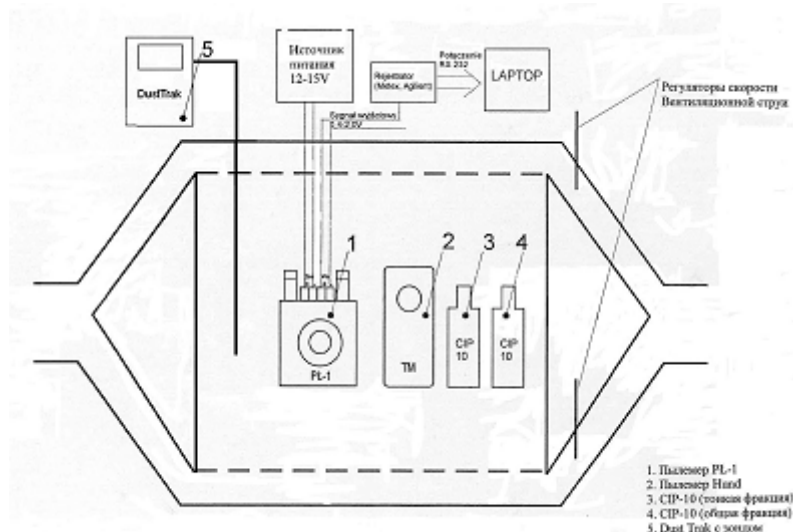
**Табл. 1.** Фракционный состав пыли при стендовых испытаниях РЈ-1 на опытной шахте «Барбара»

|              |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|--------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Фракция, мкм | 0,5÷ |      |      |      |      |       |       |       |       |
| Доля в %     | 1,3  | 1,6  | 1,9  | 2,3  | 2,8  | 3,5   | 4,2   | 5,1   | 6,2   |
| Фракция, мкм | 0,0  | 0,0  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,3   | 0,6   | 1,3   | 3,2   |
| Фракция, мкм | 7,5  | 9,1  | 11,0 | 13,0 | 16,0 | 20,0  | 24,0  | 29,0  | 35,0  |
| Доля в %     | 9,0  | 31,9 | 37,0 | 9,7  | 2,7  | 0,4   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| Фракция, мкм | 43,0 | 52,0 | 63,0 | 76,0 | 92,0 | 112,0 | 136,0 | 165,0 | 200,0 |
| Доля в %     | 0,1  | 0,2  | 0,4  | 0,7  | 0,8  | 0,5   | 0,3   | 0,1   | 0,0   |

**Табл. 2.** Результаты измерений концентрации пылевого аэрозоля в камере стенда

| Тип измерителя | Показатели измерения концентрации, мг/м <sup>3</sup> |                | Коэффициенты пересчета показаний <sup>*)</sup> |                   |
|----------------|--|----------------|--|-------------------|
|                | общая масса  | тонкая фракция | по общей массе                                 | по тонкой фракции |
| CIP-10         | 150,48   | 22,55          | -  | -                 |
| Dust Trak      | -  | 15,35          | 9,80   | 1,46              |
| TM data        | -  | 13,01          | 11,58  | 1,73              |
| PL-1           | -  | 9,25           | 16,26  | 2,43              |
| CIP-10         | 948,45   | 116,75         | -  | -                 |
| Dust Trak      | -  | 106,84         | 8,87   | 1,09              |
| TM data        | -  | 67,62          | 14,02  | 1,72              |
| PL-1           | -  | 86,375         | 10,98  | 1,35              |

\*) Отношение показаний соответствующего прибора к значениям замеров CIP-10.



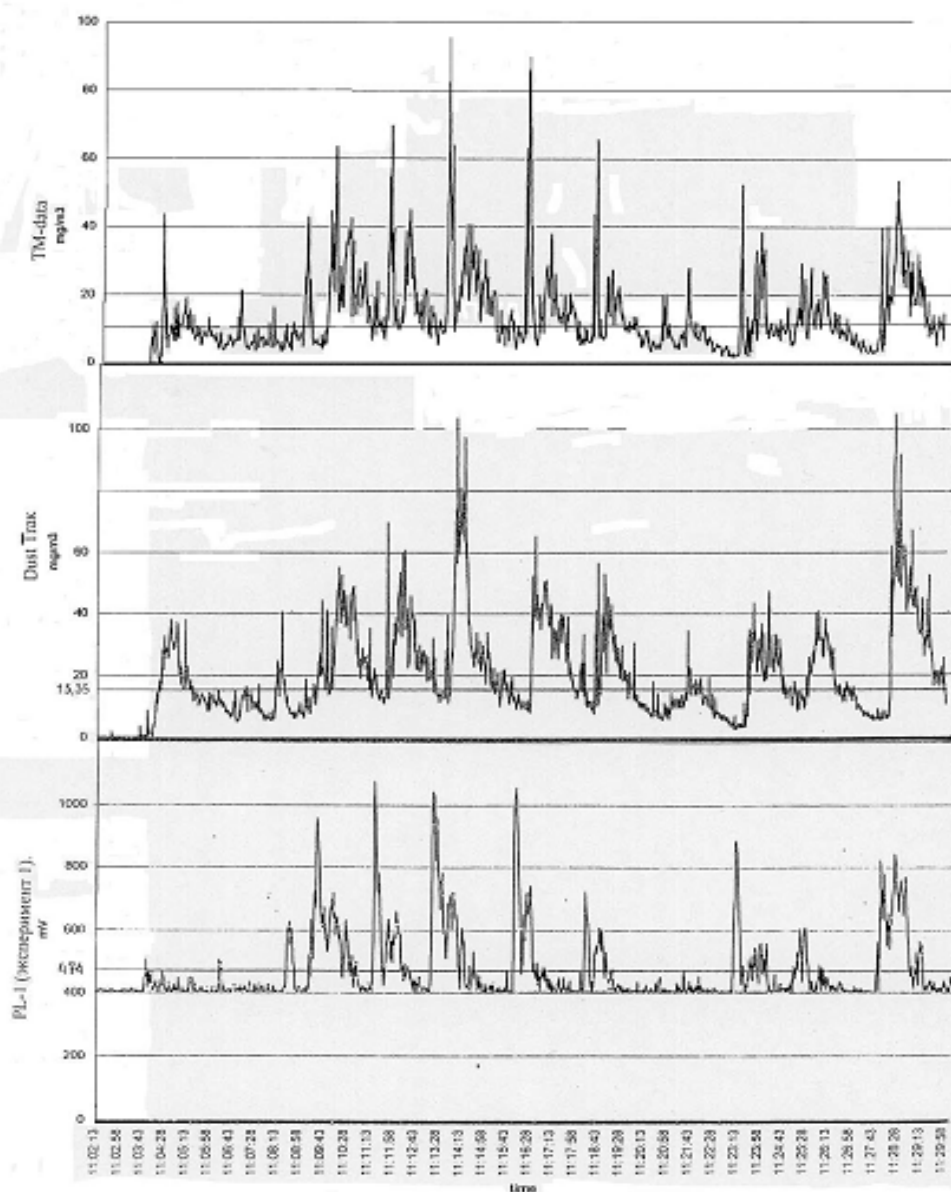
**Рис. 1.** Пылевая камера экспериментальной шахты «Барбара»

Опытно–промышленная проверка системы автоматизированного контроля концентрации и количества осевшей взрывоопасной пыли проведена на шахте «Бельшовице» (Польша, Катовицкий регион, г. Руда Шленска). Аппаратное обеспечение (система датчиков, подземных концентраторов, наземная часть) предоставлены центром Электрификации горного производства ЕМАГ (Катовице, Польша) и шахтой «Бельшовице».

Аппаратно была укомплектована система комплексного мониторинга безопасности (СКМБ), позволяющая одновременно исследовать газовые и пылевые составляющие атмосферы выемочного участка, а также проводить непрерывные замеры скорости воздуха и его температуры. СКМБ была смонтирована на выемочном участке лавы 794 пласта 502 (рис. 4). Горные работы вели на глубине 1020 м при абсолютной геодезической отметке -840 м. Геодезическая отметка поверхности шахты +280 м. Температура вмещающих пород составляет 41°С. На конвейерном штреке 7z со стороны свежей струи установлен кондиционер LKM, температура воздуха на выходе из которого составляет +17°С. Температура воздуха на выходе из лавы и на вентиляционном штреке +27°С.

Лавы 794 имела следующие технологические параметры: длина лавы - 374 м, мощность пласта – 2,03-2,08 м, отход лавы от монтажной камеры - 766 м, марка угля (по классификации принятой в Республике Польша) – 35,1.

По степени природных опасностей лавы 794 отнесена: II категории - по метану, II степени опасности по горным ударам, опасной - по взрывам угольной пыли категории В.



**Рис. 2.** Результаты замеров при низких концентрациях пыли

На выемочном участке лавы 794 было смонтировано 20 датчиков и два прибора контроля запыленности рудничной атмосферы (табл. 3).

Контроль параметров рудничной атмосферы проводился на вентиляционном штреке в добычную (при работе выемочного комплекса KSW-460) и ремонтную смены. Проветривание участка осуществлялось по возвратной схеме типа ЗМ, расход воздуха составлял 1800 м<sup>3</sup>/мин.

Методика испытаний заключалась в следующем:

- на вентиляционном штреке выбирали два сечения (см. рис. 4) с удалением от окна лавы на расстояние  $-!_1 = 15$  м и  $-!_2 = 50$  м;
- в замерных сечениях производилась подготовка и монтаж измерителей PJ-1 в общешахтную систему мониторинга рудничной атмосферы в соответствии со схемой испытаний ;
- в контрольных сечениях располагались приборы SIP-10 и PJ-1 и одновременно включались в работу;
- по результатам измерений приборами PJ-1 и SIP-10 определялись среднесменные концентрации пыли;

- интенсивность пылеотложения ( $\text{г}/\text{м}^3 \cdot \text{мин}$ ) на участке выработки I-I-II-II определялась по формуле

$$P_i = \frac{(\bar{C}_1 - \bar{C}_2) 10^{-3}}{(\ell_2 - \ell_1) S t} q_6,$$

где  $C_1, C_2$  – среднесменная концентрация воздуха соответственно в 1-м и II-м сечениях,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $\ell_1, \ell_2$  – расстояние от сопряжения лавы или от источника пылевыделения до замерных сечений соответственно,  $\text{м}$ ;  $S$  – площадь поперечного сечения выработки в свету,  $\text{м}^2$ ;  $q_6$  – количество воздуха, прошедшего через выработку за время замера концентрации витающей пыли,  $\text{м}^3$ ;  $t$  – продолжительность замера,  $\text{сут.}$ ,

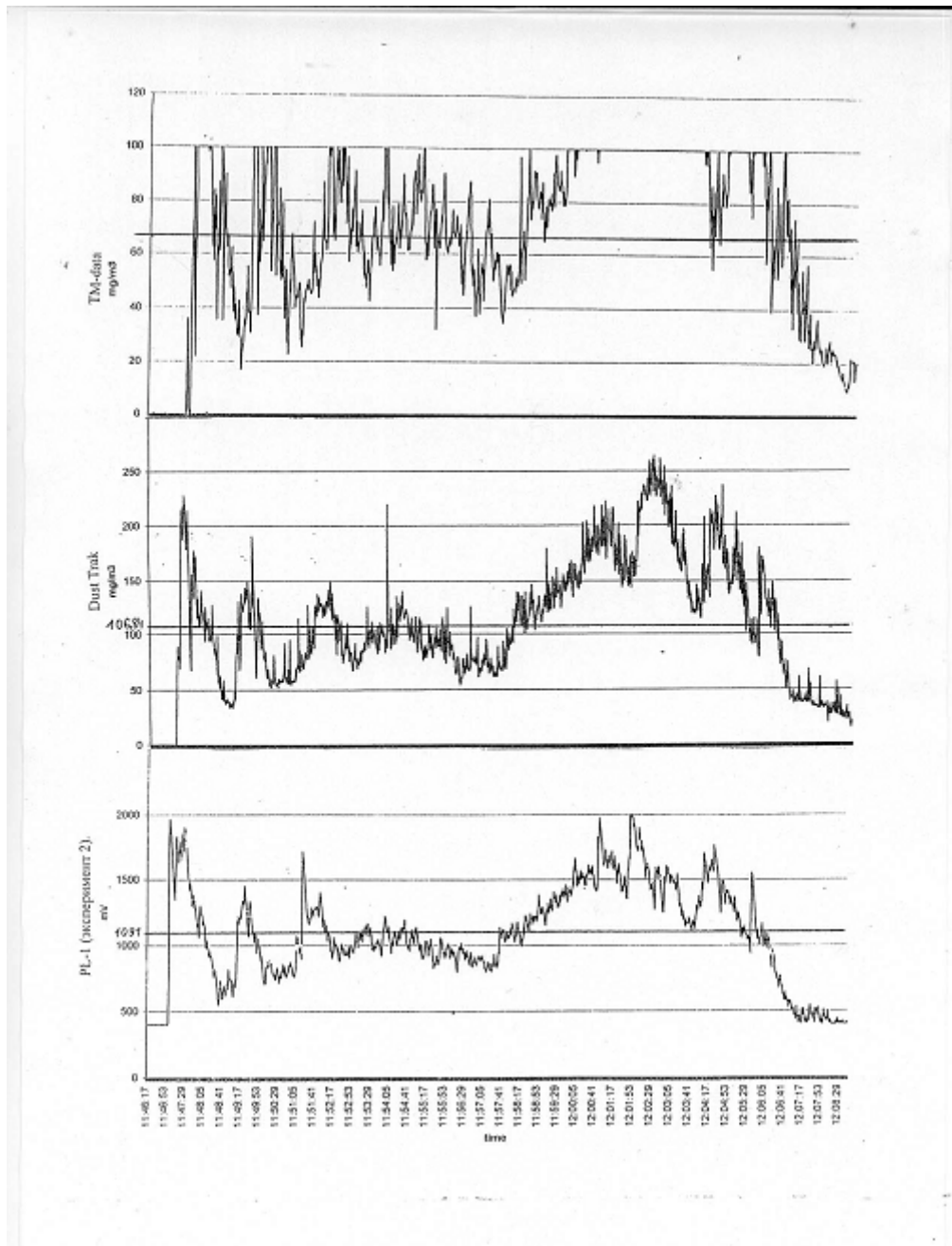
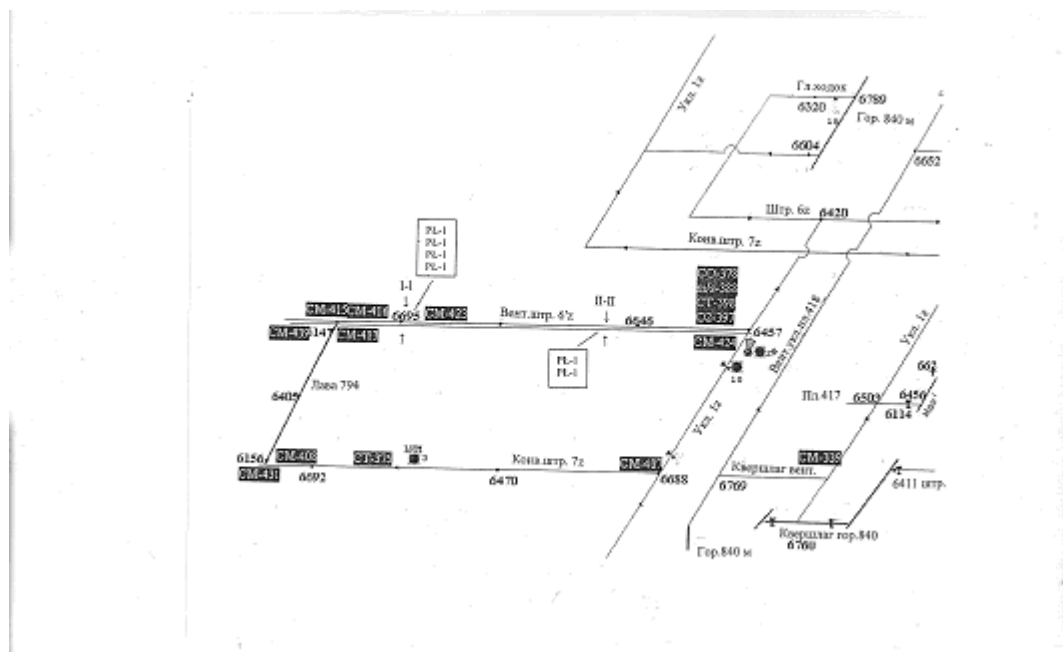


Рис. 3. Результаты замеров при высоких концентрациях пыли



**Рис. 4.** Схема размещения измерительных приборов при опытно-промышленных испытаниях системы

**Табл. 3.** Параметры датчиков и приборов контроля рудничной атмосферы в шахтных испытаниях

| Тип датчика, прибора | Количество, шт. | Измеряемый параметр             | Пределы измерений        |
|----------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------|
| MM- 2                | 9               | CH <sub>4</sub>                 | 0–5%                     |
| PL-1                 | 6               | Концентрация витающей пыли      | 0-200 мг/м <sup>3</sup>  |
| СТР - 2              | 2               | Температура воздуха             | 0–50 °С                  |
| CSTW                 | 1               | CO                              | 0–100 ppm                |
| SAS- 2               | 1               | Скорость воздуха                | 0–5 м/с                  |
| DO2                  | 1               | O <sub>2</sub>                  | 10–25%                   |
| CIP – 10             | 2               | Общая масса пыли, респ. фракция | 0–1000 мг/м <sup>3</sup> |

Анализ проведенных исследований показывает, что взрывоопасная масса пыли на вентиляционном штреке при современной технологии угледобычи пластов с выходом летучих веществ более 25% может накапливаться в течение 1-2 смен. Такой темп накопления взрывоопасных масс пыли требует непрерывного инструментального контроля пылевзрывоопасности горных выработок.

Основой такого контроля могут быть оптические датчики запыленности рудничной атмосферы. Их основные преимущества: оперативность в получении цифровой информации; хорошая чувствительность к тонкой фракции пыли, представляющей основную опасность для здоровья горнорабочих и наиболее подверженной к переходам из аэрогелевого в аэрозольное состояние; отсутствие экологически вредных либо опасных составляющих. Так, по сравнению с радиоизотопными приборами нет необходимости в применении специального режима хранения и утилизации изотопов.

Для повышения достоверности информации, полученной от таких датчиков (как собственно для всех типов датчиков и приборов с косвенным принципом измерений концентрации пыли), необходимы поправочные коэффициенты на основе гравиметрических измерений массовой концентрации витающей пыли. Для вентиляционных выработок поправочные коэффициенты должны учитывать удаленность от источника пылеобразования,

фракционный и вещественный состав пыли. Для конвейерных выработок и выработок с распределенными источниками пылеобразования необходимо экспериментальное определение коэффициентов корреляции массы оседающей пыли от концентрации пылевого аэрозоля.

### Библиографический список

1. **Аварийность** и противоаварийная защита предприятий угольной промышленности / Информ. бюлл.- М: ЦШ ВГСЧ Минэнерго РФ, 1998-2003.
2. **Правила безопасности** в угольных шахтах / Кн.3: Инструкции по борьбе с пылью и пылевзрывозащите. - Липецк: Липецкое изд-во, 1999.-109с.

© С.Б.Романченко, Г.А.Поздняков, К.Лебецки, И.Мруз 2004

УДК 504.453

ГОЛУБЕВА Л.Г. (ДонНТУ)

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕК ТЕХНОГЕННО РАЗВИТЫХ РЕГИОНОВ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Изложены результаты научных исследований динамики качества воды водотоков промышленно развитых регионов на примере реки Кальмиус. Описанные методы и процедуры моделирования предлагается использовать для прогнозирования и оценки динамики гидрохимических показателей состояния водных объектов в региональной системе мониторинга.*

Современная антропогенная нагрузка на речные водные объекты промышленно развитых регионов по многим показателям превышает допустимый уровень и нуждается в строгом контроле. Анализ современного экологического состояния бассейнов рек Украины показал, что, помимо наднормативного загрязнения водоисточников, одной из важнейших проблем является отсутствие эффективной системы мониторинга состояния водных объектов (особенно в области оценки, анализа и прогноза) и, как следствие, недееспособность системы управления их качеством.

Водные ресурсы Донецкой области формируются за счет транзитного притока поверхностных вод, в основном по реке Северский Донец из Харьковской области, местного речного стока, сточных, шахтных и карьерных вод, а также эксплуатационных запасов подземных вод. Экстенсивный характер использования водных ресурсов во всех областях народного хозяйства предопределяет значительное напряжение в водоснабжении области. Вода всех рек области отличается высокой концентрацией солей. Одной из основных причин этого является сброс в природные водные объекты высокоминерализованных шахтно-рудничных вод, с которыми в водоемы и водотоки Донецкой области попадает около 1 млн. т солей в год. Основными загрязнителями водных объектов являются предприятия металлургической и горнодобывающей отраслей промышленности.

Большинство существующих моделей качества речной воды предполагают использование для их идентификации дополнительной информации [1 - 2], получение которой сопряжено со значительными трудностями для государственных субъектов мониторинга. В этом плане использование системного анализа совместно со статистическими методами часто является оправданным при прогнозе состояния водных объектов со сходными гидрологическими характеристиками [3]. В настоящее время не существует эффективных методов экологической оценки качества воды водотоков с высокой антропогенной нагрузкой, в основу которых положен комплексный подход, при котором оценки проводятся по ряду динамически изменяющихся показателей загрязнения.

Исследования динамики качества воды рек бассейна р. Кальмиус проводились на основе данных государственных субъектов мониторинга. База данных включала информацию о загрязнении водных объектов в среднем по 17 показателям на 17 постах с 1992 по 2003 г. Общий объем информации составил около 50 тыс. замеров. Используя сортировку и выборку данных, были сформированы 17 файлов в виде двумерных массивов 148x17, состоящих из временных рядов показателей загрязнения воды.