

**ПЕРИОДЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДА ПРОГНОЗА ИНТЕГРАЛЬНОЙ
МЕТАНООБИЛЬНОСТИ ШАХТЫ**

Розроблені аналітичний та натурний методи урахування метанового потенціалу вугільних шахт, апробація яких в умовах діючих об'єктів вдовж 5 термінів (1967 – 2009 рр.) показала високу надійність методу прогнозу інтегральної метанообильності шахт ІМА (~9 тис. порівнянь). На базі цього методу пропонується розробити державний нормативний документ для урахування метанового потенціалу вугільних шахт та реалізувати науково-технічні проекти авторів, які включені в програму науково-технічного розвитку Донецької області до 2020 р.

**TESTING PERIODS OF A METHOD OF THE FORECAST INTEGRATED
METHANE OF ABUNDANCE OF COLLIERIES**

Analytic and nature methods of calculation of methane potential of the collieries which check in the conditions of operating objects during 5 periods (1967 – 2009 years) has shown high reliability concerning of the method integrated methane of abundance of object IMA (~9 000 results) are developed. On the basis of this method it is offered to develop the state standard document for calculation of methane potential of collieries and to realize author's projects to be conclusion to the science-technical program of development of Donetsk region to 2020 year.

Отсутствие критериев для определения (прогноза) метаноносных свойств угля вызывал значительные затруднения в управлении метановыми потоками, формирующихся при ведении горных работ в разгружаемом от геостатического давления угленосном массиве. Нередко импульсные выделения метана достигают таких размеров, что их невозможно предусмотреть никакими коэффициентами неравномерности.

Но вот критерий найден! *Это интегральная метанообильность (ИМ) рассматриваемого объекта: выемочного участка (крыла, пласта, блока, шахты или группы шахт), которая не зависит ни от уровня добычи, ни от времени. ИМ отражает природный метановый потенциал данного объекта [1-3]. Его нетрудно подсчитать по результатам работы этого объекта в прошлом. Но чтобы определить структуру ИМ требуется специальный метод. Такой метод нами разработан. Это - **аналитический физико-химический метод определения интегральной метанообильности шахт ИМА*** [3-6]. Метод позволяет выбрать надежные средства управления формированием и направлением метановых потоков в угленосном массиве. **Узда на угольный метан найдена! Осталось только ею воспользоваться.***

Экономическая целесообразность добычи угля предусматривает интенсивную отработку угольных пластов. Газовый фактор является одним из основных, которые сдерживают рост добычи угля. За предыдущие три года на высокопроизводительных шахтах России и Украины («Ульяновская», им. Засядько, «Красноармейская-Западная», «Краснолиманская», «Распадская») произошло несколько вспышек и взрывов метана, унесших жизнь более 300 шахтеров. На шахтах же Китая по этой причине гибнет несколько тысяч шахтеров ежегодно.

*¹ Иван Михайлович Андреев (1879 – 1950) – горный инженер, который впервые в 1925 г. высказал идею об образовании метана в процессе разгрузки угля от геостатического давления, в том числе при его выемке.

К *четвертому периоду апробации метода ИМА* относится деятельность авторов в компании «Экометан». По договоренности с руководителями ряда предприятий была выполнена работа по определению метанового потенциала и прогнозу метанообильности участков в перспективе их отработки на 5-10 лет на шахтах: «Комсомолец Донбасса», «Суходольская-Восточная», «Западнодонбасская», Макеевских шахтах: «Холодная Балка», им. Бажанова, им. Кирова, «Чайкино», «Щегловская-Глубокая». Несмотря на то, что полученные результаты были рассмотрены, одобрены и приняты на технических советах этих предприятий, ни с одним из них не были заключены договоры на разработку параметров высокоэффективного способа дегазации. Одной из причин невыполнения договоренности явилось то, что приведенные расчеты были выполнены на базе метода ИМА, который находится в противоречии с теоретической основой нормативных инструкций.

К *третьему периоду апробации метода* относится выполнение такой же работы в Луганской области в 1987-92 гг. По рекомендациям Донуги она была принята к исполнению на шахтах им. Ильича, им. Кирова, «Вергилевская», «Краснокутская», «Фашевская», им. «19 съезда КПСС», «Штеровская», «Перевальская», в проектах института «Южгипршахт» (г. Харьков) развития шахт «Суходольская-Восточная», им. Баракова и им. Кирова. Но от частной организации «Экометан» с ограниченной ответственностью такая работа могла быть принята только к сведению.

Теоретические основы метода ИМА и феноменальные результаты более 4500 сравнений расчетных и натурных определений метанообильности выемочных участков (шахт) были опубликованы в отечественной и зарубежной литературе, изложены на конференциях. В докладах на научно-технических советах институтов ИГТМ АН Украины, Донуги, МакНИИ, НГУ, Донецкого экспертного центра Комитета Госназдорохрантруда отмечалось, что на основе метода ИМА разработаны научно-технические проекты: способ добычи угля с использованием внутренней энергии угленосного массива (искусственный выброс угля из пласта, повышающий на порядок производительность труда рабочих выемочных участков и в 1,5-2 раза снижающий его себестоимость); способ нейтрализации опасностей в очистных выработках (обеспечивающий предупреждение взрывов метана, обрушений пород, внезапных выбросов, снижение запыленности и температуры воздуха); инвариантный способ дегазации (обеспечивающий эффективность дегазации по участку более 70%). Эти проекты включены в программу научно-технического развития Донецкой области до 2020 г., которая была разработана Донецкой областной администрацией совместно с НАН Украины [7]. На технических советах было отмечено большое значение проделанной работы, но для разработки нормативных документов по предлагаемому методу требуется целевое финансирование. Денег же на эту работу у названных организаций пока нет, и поэтому в настоящее время они не могут в неё включиться.

Аналитический метод определения метаноносности угольных пластов АМИ решает задачу определения количества метана, которое выделяется из одной

тонны отбитого угля. Решение сводится к определению количества водорода в угле ω до и после его выемки из пласта. В 1960 г. горный инженер Андреев Михаил Иванович (1906 – 1973 гг.) установил, как изменяется содержание летучих веществ в угле Y при его выемке из пласта (X-A закон). В 1962 г он установил закономерность изменения ω при различных значениях Y . Определив Y из добываемого угля, по разности ω до и после выемки вычисляется метаноносность угля из условия, что при уменьшении ω в угле на один процент из одной тонны отбитого угля выделяется 60 куб. метров метана [1,4,6].

Обращаясь к ведущим научным учреждениям по этому вопросу, М.И. Андреев получал отрицательные отзывы. Этот *первый период апробации метода* он назвал «Дорогой никуда...». Вот некоторые выдержки из ответов: - 04.04.1967г. «Утверждения автора об образовании метана при выемке угля не подтверждаются ни теоретически, ни экспериментально» - акад. АН УССР А. Щербань, д.т.н. А. Цырульников; - 28.02.1969 г. «Основные положения «теории автора» неправильны и работа не представляет интереса для МакНИИ» - зав. отделом К. Бусыгин, зав. лабораторией И. Печук; - 02.06.1969 г. «Работа не может быть использована при решении горных проблем и расчете газообильности шахт» - зав. отделами К. Бусыгин и Ф. Кригман, зав. лабораторией Д. Кузьмин; - 30.07. 1969 г. «Работа не научна, не учитывает современную изученность вопроса и к дальнейшей разработке рекомендовать нельзя» - с.н.с. ИГД АН СССР Ф. Шевяков; - 23.09.1969 г. «Работа не имеет научных основ, опровергается всей практикой ведения горных работ в Донбассе и даже противоречит здравому смыслу» - зав. лабораторией ИГД АН СССР И. Сергеев [8].

Второй период апробации метода был более успешным. Под руководством докторов технических наук А. Айруни (г. Москва) и И. Ярембаша (г. Донецк) была защищена кандидатская диссертация (1974 г), в которой на основе метода АМИ был разработан метод ИМА. В диссертации приведен расчет метанового потенциала всех шахт Донецкой области. Эти результаты сопоставлены с натурными его определениями за трехлетний период их работы (1970-72 гг.). Анализ более 1500 результатов показал высокий уровень сходимости аналитических и натуральных определений метанового потенциала шахт [9].

Вопросами прогноза и управления метановыделением на шахте «Распадская» занимались ведущие институты России. Их рекомендации не смогли предотвратить крупную катастрофу, унесшую жизнь нескольких десятков горняков и на 1,5 года выведшую шахту из строя. На расширенном международном совещании приглашенных шахтой специалистов по вопросу о причинах происшедшей аварии на шахте и намечаемых мерах по её ликвидации генеральный директор Г. Козовой предложил выполнить работу по определению метанового потенциала шахты украинской компании «Экометан» [2].

Шахта «Распадская» по уровню добычи угля относится к одной из самых производительных в мире. После сдачи в эксплуатацию с 1973 года объем добычи угля варьировался в пределах от 4418 до 8600 тыс. тонн в год. В 2009 году горные работы велись тремя блоками: **4, 5 и 5а** на глубинах от 260 м до 520 м на пластах **3-3а, 6-6а, 7-7а, 9 и 10**. Средние мощности пластов соответственно: 2,25 м, 4,41 м,

3,93 м, 1,74 м, 2,54 м. Угол падения пластов 7–9°. Способ проветривания шахты – нагнетательный. Воздух в шахту подается в объеме ~ 450 м³/с тремя вентиляторами главного проветривания: двумя ВВД-40 и ТАФ 38/21,5. Протяженность горных выработок по состоянию на 01.01.10 составляла 310734 м. Шахтное поле имеет размеры: по простиранию 12,5 км, по падению – 4,4 км. За период работы шахты в 2004–09 гг. было добыто 43,5 млн. тонн угля. При этом из угленосного массива выделилось более 550 млн. куб. метров метана. Интегральная метанообильность (ИМ) шахты составила 12,75 м³/т, а средняя абсолютная метанообильность – 175 м³/мин.

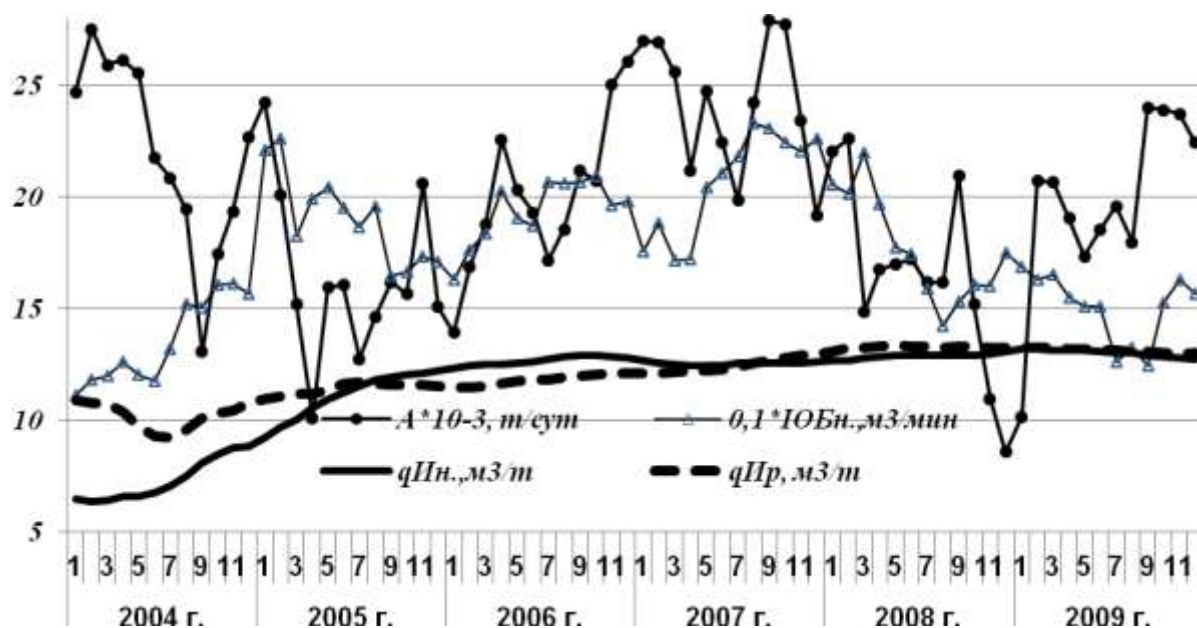
Для условий шахт Кузбасса требовалось исследовать характеристики угольных пластов *пермского периода* и установить возможность применения разработанного для углей Донбасса скорректированного метода ИМА.

В *пятом периоде апробации метода*^{*)} на шахте «Распадская» было установлено, что стратиграфическая глубина погружения разрабатываемого 6-го пласта составляет 3660 м. Аналитически был определен выход летучих веществ из всех пластов шахтного поля, результаты которых сопоставлены с лабораторными замерами при геологоразведочных работах. Из 527 сравниваемых результатов в 495 разность натуральных и расчетных определений по абсолютной величине не превысила 5%, в том числе в 312 – 2%. Результаты определения содержания водорода в углях рабочих пластов, рассчитанные аналитически, сопоставлены с натурными определениями при геологических работах. Из 224 результатов в 198 разность натуральных и расчетных определений не превысили 0,3%, в том числе в 149 – 0,2%. На основании этих результатов был разработан скорректированный метод ИМА для условий шахты.

ИМ, рассчитанная по аналитическому методу ИМА, на 0,3 м³/т превысила её натурную величину и составила 13,05 м³/т (разность натуральных и расчетных определений составила 2,38%). При анализе последних 4,5 лет работы шахты ни в одном из 55 помесечных сравнений разность их значений не превышала 0,6 м³/т, или 5% (рис.1, табл.1). Сопоставления величин ИМ, рассчитанные обоими методами по всем пяти пластовым выработкам, также показали высокий уровень сходимости. Наибольшая их разность отмечена в конце рассматриваемого периода по пластам 3 и 7, которая составила 2,91 и 1,07 м³/т (13,6 и 9%) соответственно, по остальным пластам – менее 0,5 м³/т. Аналогичная картина высокой сходимости отмечена по всем трем блоковым выработкам: разность расчетных и натуральных её величин не превысила 0,5 м³/т (табл.1) [10].

Следует отметить такой же высокий уровень соответствия результатов расчета методом ИМА фактическим объемам выделившегося метана в горные выработки за различные рассматриваемые периоды работы Украинских шахт. Так, например, исследования ИМ по шахтам «Щегловская-Глубокая» и «Комсомолец Донбасса» за двухлетний период (2004-05 гг.) показали, что расчетные величины по методу ИМА составили 29,5 и 34,4 м³/т и отличались от натуральных замеров на 0,2 и 0,7 м³/т соответственно [2].

^{*)} В обработке, расчетах и анализе исходных материалов, обобщениях и выводах по шахте «Распадская» принимали участие от ООО «Экометан» инженеры: Андреев А.М., Жидков А.П., Звягинцева Л.Д., Майбенко Н.И.



A – среднесуточная добыча в рассматриваемом месяце, т/сут; $I_{\text{ОБн}}$ – среднее значение абсолютной метанообильности шахты в рассматриваемом месяце, м³/мин; $q_{\text{Ир}}$ – интегральная метанообильность шахты по методу ИМА, м³/т; $q_{\text{Ин}}$ – то же, (натурное значение), м³/т

Рис.1 - Динамика помесячного формирования интегральной метанообильности шахты «Распадская», рассчитанная методами ИМ и ИМА, за 2004-2009 Г.Г.

Таблица 1 - Сводные результаты сопоставительного анализа сходимости абсолютной и интегральной метанообильности общешахтных, пластовых и блоковых выработок, рассчитанные методами ИМ и ИМА за шестилетний период работы шахты «Распадская»

Пласты	$q_{\text{и}}, \text{ м}^3/\text{т}$		$\Delta q_{\text{и}},$		$I_{\text{об}} * 10^{-6}, \text{ м}^3$		$\Delta I_{\text{об}} * 10^{-6}, \text{ м}^3$		$A * 10^{-6}, \text{ т}$	
	ИМ	ИМА	м ³ /т	%%	ИМ	ИМА	м ³	%%	Всего	Из лав
10	8,42	8,55	-0,13	-1,58	86,79	88,16	-1,37	-1,58	10,29	9,52
9	12,27	12,23	0,04	0,32	65,08	64,87	0,21	0,32	5,41	4,71
7	12,24	13,33	-1,09	-8,89	114,45	124,62	-10,17	-8,89	9,53	8,93
6	15,60	15,99	-0,39	-2,50	253,29	259,62	-6,34	-2,50	16,55	13,77
3	21,40	18,49	2,91	13,60	33,11	28,61	4,50	13,60	2,09	1,28
шахта	12,75	13,05	-0,30	-2,38	552,71	565,88	-13,17	-2,38	43,86	38,21
Блок 3-4	12,79	13,21	-0,42	-3,28	213,52	220,53	-7,00	-3,28	17,01	14,77
Блок 5	18,02	17,54	0,48	2,67	104,42	101,63	2,79	2,67	5,91	4,75
Блок 5а	11,73	12,18	-0,45	-3,81	234,77	243,72	-8,96	-3,81	20,94	18,69

Обобщенные результаты полувекового исследования метода ИМА во всех пяти периодах отмечают высокий уровень сходимости натуральных и аналитических результатов её расчета по всему ряду степеней метаморфизма газоносных углей и в широком диапазоне геологотехнических условий отработки угольных пластов (~9 тыс. сопоставлений) показывают обоснованность метода гипотезой о промышленной метаморфизации горючей массы (X-A закон) и его применимость для всех угольных шахт.

С другой стороны стало очевидным, что методы прогноза газоносности угольных пластов и расчетов метанообильности (интенсивности метановых

потоков) выемочных участков (шахт), базирующихся на пористо-сорбционной гипотезе горючей массы, не вписываются в природный критерий при проверке их достоверности – интегральную метанообильность. Все нормативные документы, основанные на этой гипотезе, дезинформируют инженерно-технических и научных работников об условиях формирования метановых потоков в угленосном массиве и способах управления ими, способствуют возникновению аварийных ситуаций при отработке угольных пластов и должны быть директивно исключены из обязательного их применения при ведении горных работ [4,11].

Для обеспечения безопасной производительной отработки угольных пластов на шахтах Украины требуется оперативное изменение существующих нормативных требований в части расчетов (прогноза) метановых потоков из разгружаемого от горного давления угленосного массива в горные выработки шахт и введение нормативных требований на основе метода ИМА.

Чрезвычайная обстановка требует соответствующих мер. Мы полагаем, что под эгидой НАН Украины необходимо создать межведомственную комиссию с привлечением специалистов всех заинтересованных организаций для подготовки графика разработки и перевода в 2013 году нормативных требований с временных на постоянные документы по обеспечению безопасных условий труда на шахтах на основе метода ИМА, по корректировке программы горных специальностей ВУЗов в части изложения теоретических основ метода ИМА (термодинамики угленосного массива), формированию специальных курсов по обучению (повышению квалификации) всех инженерно-технических работников шахт и геологических организаций использованию метода ИМА, обеспечению финансирования этих мероприятий и возможности реализации научно-технических проектов авторов, включенных в программу научно-технического развития Донецкой области до 2020г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев М.М. Введение в термодинамику угленосного массива. // Сб. докладов Международной науч.-техн. конференции «Форум горняков – 2003». – Днепропетровск: НГАУ, 2003. – С. 51-60.
2. Андреев М.М., Камышан В.В., Андреев М.М. Метановый потенциал – критерий надежности методов термодинамики угленосного массива. //Геолог Украины – 2009. –№3. – С. 13-17.
3. Андреев М.М. Термодинамика угленосного массива. // Сб. докладов Международной науч.-техн. конференции «Форум горняков – 2003». – Днепропетровск: НГАУ, 2003. – С. 31-40.
4. Андреев М.М., Камышан В.В., Андреев М.М. Технологические решения комплексной нейтрализации опасностей очистной выемки. //»Проблеми гірського тиску». – 2007. – Випуск 15. – С. 190- 225.
5. Андреев М.М., Камышан В.В., Ульянов В.П. Формирование метановых потоков угольных шахт и мониторинг их параметров./ Донецк: «Юго-Восток». – 2004. – 47с.
6. Андреев М.М., Камышан В.В., Андреев М.М. Технологические решения комплексной нейтрализации опасностей очистной выемки. //»Проблеми гірського тиску». – 2007. – Випуск 15. – С. 190- 225.
7. Андреев М.М. Технология управления термодинамикой угленосного массива // Уголь Украины. - 2004.- №6. – С. – 16 – 22.
8. Андреев М.М. Тайны кладовых подземного царства // «Энергия инноваций» - 2005. - №2-3. – С. 81-89.
9. Андреев М.М. Определение и прогноз газоносности угольных пластов и газообильности шахт Донбасса/ М., ЦНИЭИуголь. – 1975. – 57 с.
10. Андреев М.М. Определение метанового потенциала угленосного массива и его структуры в пределах горного отвода шахты «Распадская» / Отчет по работе, руководитель М.М. Андреев: Межречинск, Кузбасс, Россия. – 2011. – Т. 1. – 43с.
11. Андреев М.М. Критерии применения дегазации по способу и параметрам // Уголь Украины.- 2000.- №8. –

УДК 622.278:533.92:621.039.61

А.Ф. Булат, академик НАНУ, д.т.н.,
Л.Т. Холявченко, к.т.н.,
С.Л. Давыдов, вед. инж.,
(ИГТМ)
С.А. Опарин, к.т.н.
(ГВУЗ УГХТУ)

**ТЕРМОДИНАМИКА ПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ШАХТНЫХ
МЕТАНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ
ПЕРЕРАБОТКИ**

В роботі показано раціональний шлях переробки збіднених метано-повітряних сумішей, який полягає в отриманні синтез-газу. Результати термодинамічних розрахунків дозволили встановити склади вихідних сумішей, продукти газифікації яких мають різний вміст цільового продукту.

**THERMODYNAMICS OF PLASMA GASIFICATION OF MINE METHANE-
AIR MIXES, PROBLEMS AND PROSPECTS OF THEIR PROCESSING**

In work it is shown a rational way of processing of the impoverished methane - air mixes, based on reception of synthesis - gas. Results of thermodynamic calculations have allowed to establish structures of initial mixes which products of gasification have the various contents of a target product.

Непрерывно растущие цены на нефть и уменьшение ее запасов, повышение стоимости природного газа негативно сказываются на экономике многих государств, в том числе и Украины. Это побуждает специалистов и ученых многих стран мира искать альтернативные источники энергии, которые могли бы заменить традиционные энергоносители. В связи с этим, во всем мире интенсивно развиваются исследования в области газификации природного газа, шахтного метана, угля, восстанавливаемого природного сырья, а также отходов жизнедеятельности, с целью производства моторного топлива.

Особенно важным и перспективным для Украины может стать направление переработки метана и метано-воздушных смесей, добываемых из угольных пластов в процессе их дегазации и отработки залежей. Эти запасы в Украине довольно велики и составляют 3,0-3,5 трлн. м³, что значительно превышает запасы природного газа в существующих месторождениях Украины. То есть объемы такого сырья в Украине значительны и могут обеспечить решение энергетических проблем на многие годы.

В настоящее время в промышленной практике получения синтез-газа для производства метанола применяют газообразные, жидкие углеводороды, твердое топливо, в том числе и бытовые отходы. Наиболее распространенным сырьем является природный газ и газ нефтепереработки. Выбор сырья для производства метанола определяется его запасами в выбранной точке производства и стоимостью исходного сырья.