

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И ИНТЕНСИВНОЙ РАЗРАБОТКИ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ

С.В. Сластунов<sup>1</sup>, К.С. Коликов<sup>1</sup>, А.П. Садов<sup>2</sup>, А.М.-Б. Хаутиев<sup>2</sup>, И.А. Комиссаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГИ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: slastunovsv@mail.ru

<sup>2</sup> АО «СУЭК-Кузбасс», Ленинск-Кузнецкий, Россия

**Аннотация:** Изложено обоснование основных направлений совершенствования технологии пластовой дегазационной подготовки для обеспечения эффективной разработки угольных пластов подземным способом. Изложены подходы к выбору и составу комплексной технологии пластовой дегазационной подготовки, механизм обеспечения предварительной пластовой дегазации (ППД) с использованием гидроразрыва и гидрорасчленения угольных пластов (ГРП), подготавливаемых к безопасной и интенсивной отработке. Работы по гидрорасчленению разрабатываемых угольных пластов через скважины, пробуренные с поверхности, для целей обеспечения метанобезопасности подземной угольдобычи впервые в угольдобывающей практике Кузбасса были проведены в 2019 г. на шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс». Приведены результаты апробации новых комплексных технологий пластовой дегазации. Определены рациональные параметры, область применения и достигнутая эффективность разработанных технологических решений в области предварительной и заблаговременной дегазации. Показаны перспективы развития научного направления в части разработки и внедрения технологии дегазационной подготовки не разгруженных от горного давления угольных пластов к интенсивной и безопасной отработке.

**Ключевые слова:** комплексная дегазационная подготовка, разрабатываемые угольные пласты, основные дегазационные комплексы, предварительная пластовая дегазация, гидроразрыв, гидрорасчленение, параметры способов, механизм достижения эффекта, оценка эффективности, направления совершенствования, перспективы развития технологии.

**Для цитирования:** Сластунов С. В., Коликов К. С., Садов А. П., Хаутиев А. М.-Б., Комиссаров И. А. Обеспечение безопасной и интенсивной разработки газоносных угольных пластов на основе их комплексной дегазационной подготовки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 2. – С. 152–166. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_2\_0\_152.

### Safe and high-rate mining of gas-bearing coal with integrated preparative degassing

S.V. Slastunov<sup>1</sup>, K.S. Kolikov<sup>1</sup>, A.P. Sadov<sup>2</sup>, A.M.-B. Khautiev<sup>2</sup>, I.A. Komissarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia,  
e-mail: slastunovsv@mail.ru

<sup>2</sup> JSC SUEK-Kuzbass, Leninsk-Kuznetsky, Russia

---

**Abstract:** The article justifies basic ways of improving the in-seam gas drainage technology to ensure efficient underground coal mining. The approaches to the selection and contents of the integrated in-seam preparatory degassing technology and the mechanism of preliminary in-seam gas drainage using hydraulic fracturing and hydraulic splitting techniques to prepare coal seams for safe and high-rate mining are described. Hydraulic splitting of coal via surface-drilled boreholes to ensure methane-related safety of underground coal mining was carried out for the first time in the coal mining practice in Kuzbass in 2019 in Kirov Mine of SUEK-Kuzbass. The article also reports the testing data of new integrated in-seam degassing technologies. The rational parameters, application range and the achieved efficiency of engineering solutions developed in the sphere of preliminary and anticipatory gas drainage are determined. The scientific prospects connected with the development and introduction of the degassing technologies to prepare coal seams unloaded from rock pressure for the safe and high-rate mining are shown.

**Key words:** integrated preparatory degassing, coal seams, basic degassing facilities, preliminary in-seam gas drainage, hydraulic fracturing, hydraulic splitting, parameters, effect realization mechanism, efficiency evaluation, improvement trends, technology development prospects.

**For citation:** Slastunov S. V., Kolikov K. S., Sadov A. P., Khautiev A. M.-B., Komissarov I. A. Safe and high-rate mining of gas-bearing coal with integrated preparative degassing. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(2):152-166. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_2\_0\_152.

---

### Актуальность исследований

Метанобезопасность угольных шахт должна обеспечиваться, в числе прочего, глубокой дегазационной подготовкой разрабатываемых угольных пластов к интенсивной отработке. Особая актуальность вопросов пластовой дегазации объясняется неуклонным ростом глубины разработки угольных пластов с сопутствующим увеличением их газоносности, а также интенсификацией процесса угледобычи как основой ее рентабельности и эффективности [1]. Последние отмеченные факторы однозначно ведут к существенному повышению газовой выделения в очистной забой и формируют так называемый «газовый барьер» на пути к безопасной и эффективной разработке угольных пластов подземным способом.

Декларируемое в основном руководящем документе — «Инструкции по дегазации угольных шахт...» — значе-

ние эффективности известных и применяемых способов пластовой дегазации существенно преувеличено, что объективно объясняется значительным снижением в современных горно-геологических условиях газопроницаемости угольных пластов при увеличении глубины их разработки. На величину газопроницаемости также существенно влияет наличие на шахтном поле тектонически-напряженных и тектонически-разгруженных участков разрабатываемого пласта [1]. Практически эффективность пластовой дегазации редко превышает значение  $10\div 15\%$ .

Работы по совершенствованию технологии пластовой дегазации ведутся во многих направлениях, в частности, в области применения гидродинамического воздействия на угольный пласт с целью повышения его проницаемости на основе создания в пласте новых или раскрытия уже существующих природ-

ных трещин. Этой цели можно достичь применением соответственно технологичной гидроразрыва и гидрорасчленения угольных пластов, базовые технологии и параметры которых известны. Как правило, эти технологии применяются в комплексе с типовой ППД, сущность, технологические схемы и параметры которой достаточно полно изложены в «Инструкции по дегазации угольных шахт...».

### **Концептуальный подход к обеспечению эффективной дегазационной подготовки разрабатываемого угольного пласта**

Принципиальной новизной проведенных нами работ явилось поэтапное гидрорасчленение разрабатываемого угольного пласта. На первом этапе гидрорасчленение пласта осуществлялось через скважины с поверхности (скважины ГРП) [2], на втором — через скважины из подготовительных выработок (скважины ПодзГРП, Подз — подземный) [3, 4].

Работы по гидровоздействию на разрабатываемые угольные пласты изучались многочисленными зарубежными [5–7] и отечественными учеными и специалистами [8–10]. Исследуемая на первом этапе работ технология пластовой дегазационной подготовки значительно отличается от известных работ [11, 12] особенностью освоения скважин и базируется на экспериментальных исследованиях фильтрационных, прочностных и других свойств угольного пласта [13–15].

На выемочных участках шахты им. С.М. Кирова 24-58, 24-59, 24-60, 24-62, 24-63, 24-64 и 24-65 внедрялись и исследовались следующие предложенные нами варианты комплексной пластовой дегазационной подготовки разрабатываемого угольного пласта Болдыревский к безопасной и интенсивной отработке:

- ППД (типовая технология);
- ПодзГРП + ППД (комплекс 1);
- ГРП + ПодзГРП + ППД (комплекс 2).

В ходе исследований ставилась задача определить на первом этапе рациональные параметры различных вариантов комплексной пластовой дегазационной подготовки разрабатываемого угольного пласта, в частности, эффективную длину скважин ПодзГРП, расстояние между этими скважинами в зонах влияния скважин ГРП и вне их, а также в условиях бурения нисходящих и восстающих скважин ПодзГРП и ППД из конвейерной и вентиляционной печей соответственно.

Учитывая тот факт, что на первом этапе исследуемая технология ГРП применялась в усеченном варианте и реализовывалась практически без освоения скважин ГРП, ожидаемый эффект от применения комплексной технологии дегазационной подготовки мог быть достигнут не столько за счет извлечения метана из угольного пласта до начала ведения очистных работ, т.е. снижения газоносности пласта ( $x$ ), сколько за счет других факторов, а именно:

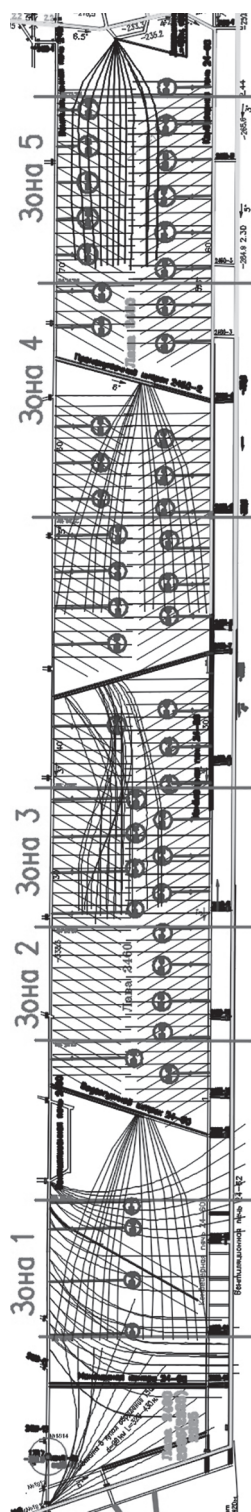
- снижение эффективной метаноносности угольного пласта ( $x - x_0$ ) за счет повышения остаточной метаноносности угля ( $x_0$ ) вследствие блокирования газа водой в мельчайших порах и трещинах угольного пласта (реализация режима гидратации), куда вода проникает за счет сил самодвижения, в частности капиллярных сил;
- снижение фазовой проницаемости угля водой, что уменьшает интенсивность метановыделения из угольного пласта в очистную выработку;
- более интенсивное на стадии подготовки выемочного участка выноса газа из более проницаемого в зонах ГРП угольного пласта в подготовительную выработку.

Таблица 1

**Особенности и разработанные параметры технологии ПодзГРП в составе комплекса 1**  
**Hydraulic fracturing (HF) technology features and parameters: Facility 1**

№	Существенные отличия	Гидроразрыв из подземных выработок (согласно «Инструкции по дегазации угольных шахт...», Ростехнадзор, 2012 )	Технология ПодзГРП в составе разработанного комплекса 1
1	Методический подход	Условия применения и параметры гидроразрыва определяются опытным путем или по рекомендации НИИ, разработавшей способ	Условия применения и параметры гидроразрыва установлены аналитически и проверены экспериментальным путем [4, 16, 17].
2	Длина участка герметизации скважины ( $L_{герм}$ ), м	Не менее половины расстояния между скважинами подземного гидроразрыва	Больше размера зоны газового дренирования подготовительной выработки, $L_{герм} = 30 \div 36$ м
3	Способ герметизации	Цементирование (цементный раствор)	Двухкомпонентная смола «Шахтиклей» (ООО «Сибхимукрепление»), ООО «ДСИ-Техно» и ЗАО «Карбо-ЦАКК»
4	Общая длина скважин гидроразрыва, ( $L_{скв}$ ), м	На 30 – 40 м меньше длины лавы $L_{скв} = L_{лав} - (30 \div 40)$ м	$L_{скв} = L_{герм} + L_{эф}; L_{скв} = L_{герм} + 5 \div 70 \text{ м.}$ <p>Диапазон <math>L_{эф} = 5 \div 70</math> м определен экспериментально.</p> <p>Эффективная длина скважин ПодзГРП (<math>L_{эф}</math>), пробуренных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- из конвейерной печи – 70 м;</li> <li>- из вентиляционной печи – 5 м.</li> </ul> <p>Эффективная длина скважин ПодзГРП, пробуренных из конвейерной печи, в 70 м обоснована в [16, 17]).</p> <p>Скважины ПодзГРП с необсаженной частью в 5 м, пробуренные из вентиляционной печи, более эффективны по сравнению со скважинами ПодзГРП, пробуренными из вентиляционной печи, с необсаженной частью в 35 м, где меньше сказывается вынос метана из нарушенного гидроразрывом пласта в подготовительную выработку (см. рисунок, табл. 2, зоны 4, 5).</p> <p>Примечание: Более эффективно проведение ПодзГРП из конвейерной печи, так как скважины ППД в этой зоне восходящие и их функционирование по извлечению метана более весомо. Проведение ПодзГРП из вентиляционной печи целесообразно, так как в целом повышает эффективность ППД (см. рисунок, табл. 2, зоны 1–3).</p>

5	Давление нагнетания рабочей жидкости, кгс/см <sup>2</sup>	$P_r = 0,3 \cdot H - 41,8$ где $H$ — глубина залегания угольного пласта от земной поверхности, м. На практике формула не работает — имеют место значительно большие давления.	$P_r = (1 - \nu) \cdot (2 \cdot q_{\infty} + \sigma_s)$ где $P_r$ — давление жидкости, необходимое для образования вертикальной трещины при гидроразрыве, кгс/см <sup>2</sup> ; $\nu$ — коэффициент Пуассона; $q_{\infty}$ — боковое горное давление, кгс/см <sup>2</sup> ; $\sigma_s$ — напряжение угля на разрыв, кгс/см <sup>2</sup> . $P = [\sigma_p] + q_{\infty}$ или $P = [\sigma_p] + \rho g$ , $P_{ггп} = (\gamma_{п} \cdot H + \sigma_p) \cdot \alpha$ , где $\alpha$ — коэффициент, учитывающий необходимое превышение забойного давления над давлением разрыва ( $\alpha = 1,2 \div 4$ )
6	Режим нагнетания	На длинных лавах при указанных параметрах возможна реализация режима фильтрации	Определяется при построение индикаторной кривой: $P = f(t)$ и $P = f(q)$ . При гидрорасчленении — монотонное возрастание давления нагнетания до его практической (+/- 10%) стабилизации. Возможны кратковременные экстремумы (микрогидроразрывы). В общем случае режим нагнетания: гидрорасчленение с циклическими микрогидроразрывами
7	Радиус гидроразрыва, м	Определяется опытным путем или по рекомендации НИИ-разработчика	Разработана аналитическая модель двухфазной фильтрации, позволяющая прогнозировать радиус зоны гидрообработки при реализации ПодзГРП [18]. Экспериментально определяется по данным водопроявлений в горные выработка в процессе ПодзГРП. Радиус влияния скважин ПодзГРП 25÷35 м Расстояние между скважинами ПодзГРП — 70 м
8	Темп нагнетания, л/с	Не определен	$q_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot h \cdot \bar{n}_{cp} \cdot \sqrt{m \cdot K \cdot \Delta P}}{\sqrt{\mu \cdot t}}$ где $L$ — протяженность трещин, м; $h$ — мощность пласта, м; $\bar{n}_{cp}$ — среднее число трещин расчленения, шт.; $m$ — пористость, долей ед.; $K$ — проницаемость, м <sup>2</sup> ; $\Delta P$ — перепад давления вдоль трещин, МПа; $\mu$ — вязкость закачиваемой жидкости, спз; $t$ — время гидрорасчленения, с $q$ (ПодзГРП) = 5÷10 л/с Для создания высокого давления закачки в скважину рабочей жидкости целесообразно использовать нагнетательное оборудование типа плунжерного насоса Nauhinco ENP, AZE-5 (шахтная маслостанция) или аналогов с темпом нагнетания не менее 5÷10 л/с
9	Объем нагнетания рабочей жидкости, м <sup>3</sup>	Определен некорректно	$Q_B = c \cdot \pi \cdot r^2 \cdot m \cdot n \cdot k_3$ $Q_B$ — объем закачки жидкости, м <sup>3</sup> ; $c$ — поправочный коэффициент (1,5); $r$ — радиус действия скважины гидроразрыва в плоскости пласта, м; $m$ — полная мощность пласта, м; $n$ — фильтрующая пористость; $k_3$ — коэффициент заполнения угольного массива рабочей жидкостью для гидроразрыва. Для пласта Болдыревский $n = 0,01$ ; $m = 2,2$ м. Экспериментально получили $k_3 = 0,6$ . $Q_{ж} = 10 \div 50$ м <sup>3</sup> При реализации режима гидратации $Q_{ж} = 20 \div 40$ л/т [19]



Расположение по зонам скважин ПодзГРП на выемочном участке 24-60  
 Zonal layout of HF boreholes in longwall 24-60

Таблица 2

Основные показатели газовой обстановки в зонах ППД с применением ПодзГРП на выемочном участке 24-60  
 Basic characteristics of gas conditions in zones of pre-mining gas drainage in longwall 24-60

Показатели	Ед. изм.	Значения	По всей лаве 24-60					Зона 5 (вент.штр – 5 скв ГРП 60/24-60/28 – 36+5 м, на конв – 6 скв ГРП 60/48-60/53 – макс. объем закачки) 10.11–06.12
			Зона 1 (вент.штр – 4 скв ГРП 60/1-60/4, конв.штр – нет) 20.02–30.03	Зона 2 (вент.штр – нет, на конв – 4 скв ГРП 60/30-60/33) 13.05–20.06	Зона 3 (вент.штр – 4 скв ГРП 9-12, на конв – 4 скв ГРП 60/33-60/36) 24.06–25.07	Зона 4 (вент.штр – 5 скв ГРП 60/19-60/23 – 36+35 м, на конв – 5 скв ГРП 60/43-60/47 – средний объем закачки) 27.09–09.11	Зона 4	
Относительная газообильность	м <sup>3</sup> /т	тах	8,24	4,37	5,48	35,01	1,67	
		ср.	2,46	1,84	1,70	2,13	1,07	
Остановки на провет- ривание за сутки	мин/сут	тах	402	387	165	296	337	
		ср.	152,25	148,5172	52,18	117,5	104,76	
Абсолютная газообильность	м <sup>3</sup> /мин	тах	12,47	9,88	8,17	12,38	11,27	
		ср.	9,37	7,62	6,27	8,65	9,05	
Добыча суточная	тыс.т/сут	тах	9 450	9 450	12 150	14 400	17 100	
		ср.	6 161	6 814,286	6 814	10 185,4	12 618	



## **Основные принципиальные технологические схемы комплексной дегазационной подготовки угольного пласта**

Выделим две основные принципиальные технологические схемы комплексной дегазационной подготовки, в общем виде обозначенные нами как комплекс 1 и комплекс 2.

### *Комплексная дегазация угольного пласта с использованием скважин ПодзГРП, пробуренных из горных выработок*

Комплекс 1 (дегазационная подготовка без применения ГРП через скважины, пробуренные с поверхности). Особенности и эффективные параметры этой технологии приведены в табл. 1.

Натурные исследования и выявление эффективных параметров технологии ПодзГРП было проведено на выемочном участке 24-60 (см. рисунок и табл. 2).

Апробация усовершенствованной технологии ПодзГРП в составе комплекса 1 на выемочном участке 24-58 (первый объект применения технологии ПодзГРП) показала достаточно высокую эффективность и перспективность дальнейшего применения, обеспечив методически корректно полученные ключевые для оценки эффективности технологии показатели газового фактора: среднее значение относительной газообильности очистного забоя было снижено на 30%, добыча в среднем повышена на 21%, а технологические остановки, связанные с «газовым фактором», уменьшились на 42%. Положительными были и последующие оценки эффективности на выемочных участках 24-59 и 24-60, где также исследовалась комплексная дегазационная подготовка в виде комплекса 1.

Начиная с выемочного участка 24-63 внедрялась и исследовалась комплексная дегазационная подготовка в модификации комплекса 2 с применением

на первом этапе технологии ГРП, осуществляемой через скважины, пробуренные с поверхности.

### *Комплексная дегазация с использованием скважин ГРП, пробуренных с поверхности*

Работы по ГРП через скважины с поверхности для целей обеспечения метанобезопасности производились впервые в угледобывающей практике Кузбасса на шахте им. С.М. Кирова [2] в развитие хорошо зарекомендовавшей себя технологии подземной пластовой дегазационной подготовки с использованием гидроразрыва угольного пласта из подготовительных выработок (ПодзГРП). Последняя технология, как было указано выше, подтвердила свою перспективность и высокую технико-экономическую эффективность [1, 4, 16, 17].

К недостаткам технологии ПодзГРП было отнесено следующее:

- ограниченное время, имеющееся у шахты на проведение пластовой дегазации;
- сложности доставки и использования мощной насосной техники в подземных условиях;
- вероятность прорывов воды в горные выработки и сопутствующие помехи при ведении основных технологических работ в шахте вблизи от скважин подземного гидроразрыва;
- ограниченность объемов нагнетания рабочей жидкости, что весьма существенно для снижения потенциальной выбросоопасности разрабатываемого угольного пласта (с глубины 550 м пласт «Болдыревский» на шахте им. С.М. Кирова переходит в разряд склонных к внезапным выбросам угля и газа).

Влияние отмеченных выше недостатков на эффективность дегазационных работ существенно уменьшается при осуществлении процесса гидрорасчле-

нения с использованием скважин, пробуренных с поверхности.

Скважины ГРП после осуществления пластовой дегазационной подготовки разрабатываемого угольного пласта при прохождении лавы на следующем этапе могут служить в качестве куполовых для дегазации выработанного пространства, что значительно повышает экономическую состоятельность испытываемой технологии комплексной пластовой дегазации.

При применении технологии комплексной дегазации (вариант комплекса 2) эффективность последней ожидается по следующим направлениям:

- снижение газоносности пласта ( $x$ ) в зонах гидрорасчленения, которое будет достигаться как весьма незначительным (ввиду малого времени эксплуатации скважин гидрорасчленения) съемом газа непосредственно через скважины ГРП, так и, главным образом, существенным съемом газа через скважины подземной пластовой дегазации (ППД), пробуренные в область повышенной газопроницаемости в зонах влияния скважин ГРП;
- повышение остаточной метаноносности пласта ( $x_0$ ) в зонах гидрообработки и, тем самым, уменьшение эффективной метаноносности ( $x-x_0$ ) вследствие реализации режима гидратации, обеспечивающего надежное и длительное (до 10 лет [19]) блокирование метана в мельчайших порах и трещинах угольного пласта;
- снижение потенциальной выбросоопасности угольного пласта вследствие его увлажнения и повышения, тем самым, его квазипластичности.

На первых объектах работ по ГРП через скважины с поверхности освоения скважин традиционными способами не предусматривалось ввиду ограниченности сроков эксплуатации скважин ГРП до начала ведения очистных работ. Спуск воды для повышения фазовой

проницаемости угольного пласта для метана предполагалось осуществлять в вентиляционную печь 24-63, для чего в зоне гидрообработки предусматривалось бурение куста направленных скважин в количестве 3–5 скважин с контролем водопритока в них.

### **Основные операции по подготовке и проведению гидрорасчленения угольного пласта «Болдыревский» через скважины, пробуренные с поверхности**

- Обоснование и выбор мест заложения скважин, сооружение поверхностного комплекса (водопровод, газопровод, подъездные пути и др.).
- Бурение скважин гидрорасчленения до кровли пласта с перекрытием отработанных ранее угольных пластов, обсадка, цементация до кровли пласта «Болдыревский» с заходом в последний, опрессовка скважины.
- Разбуривание скважины через угольный пласт с образованием зумпфа глубиной 15–20 м.
- Закачка воды с темпом не менее 80–100 л/с, объемом закачки 500–700 м<sup>3</sup> и более для раскрытия естественных трещин на расстояние 120–150 м от скважины ГРП.
- Выдержка воды (от 1 до 12 месяцев) в разрабатываемом угольном пласте после гидрорасчленения через скважину ГРП, которая способствует:
  - а) замещению метана водой в сорбционном объеме угольного пласта;
  - б) блокировке метана в мельчайших порах и трещинах пласта водой в процессе самодвижения последней, в частности, за счет капиллярных сил.
- Спуск воды в вентиляционную печь 24-63.
- Извлечение метана из скважин гидрорасчленения (возможно, с подключением к вакууму).



- Проведение ПодзГРП.
- Бурение подземных скважин предварительно пластовой дегазации (ППД) и подключение их к газопроводу. Осуществляется извлечение метана из скважин ППД, пробуренных в зонах ГРП.
  - Оценка эффективности исследуемой технологии пластовой дегазации в зонах гидрорасчленения по интенсивности метановыделения в скважины гидрорасчленения, а также по дебитам скважин ППД и суммарному съему метана.
  - Оценка эффективности реализованной технологии пластовой дегазационной подготовки в зонах ГРП при ведении очистных работ в лаве по факторам газообильности очистного забоя, простоям лавы по газовому фактору и интенсивности добычи угля.

#### **Первичная оценка эффективности комплексной дегазационной подготовки с использованием ГРП с поверхности**

В 2019 г. первые работы по гидрорасчленению угольного пласта «Болдыревский» на поле шахты им. С.М. Кирова были проведены на скважинах ГРП 1-3, 5 и 6.

Основным итогом проведенных работ явилось подтверждение работоспособности разработанной технологии предварительной дегазационной подготовки угольного пласта через скважины, пробуренные с поверхности.

Подтверждена возможность реализации режима гидрорасчленения угольного пласта при выбранных параметрах гидродинамической обработки.

На указанных скважинах имел место режим гидрорасчленения угольного пласта с циклическими микрогидроразрывами.

Для более представительной фактической оценки эффективности проведения ГРП через скважины с поверхности

ведется анализ различных зон участка 24-63, где проводилось (зона ГРП) или не проводилось (зона сравнения) ГРП с поверхности. Отметим для корректности, что такое деление на зоны ответственности технологии ГРП в некоторой степени условно ввиду анизотропии фильтрационных свойств пласта и неоднородности углегазоносного массива.

Анализируя показатели эффективности пластовой дегазации по выделенным зонам (зонам ГРП и зонам сравнения) на выемочном участке 24-63, можно выявить некоторые положительные моменты применения ГРП с поверхности, которые на настоящем этапе исследований пока не несут представительного характера.

На февраль 2022 г. средняя нагрузка в лаве 24-63 по всем зонам ГРП на 16% выше и составила 6806 т/сут, в то время как средняя нагрузка по всем зонам сравнения (вне зон влияния скважин ГРП) — 5718 т/сут.

Остановки на проветривание за один цикл добычи по всем зонам ГРП на 15% меньше и составили 19 мин/цикл, против величины 22,52 мин/цикл по всем зонам сравнения.

Относительная газообильность по всем зонам ГРП на 12% меньше и составила 2,1 м<sup>3</sup>/т (по всем зонам сравнения — 2,4 м<sup>3</sup>/т).

Окончательные выводы делать преждевременно, так как параметры комплексной пластовой дегазации по зонам менялись. Также разнилось по выделенным зонам время функционирования скважин ГРП, ПодзГРП и ППД.

#### **Предварительные выводы по комплексу 2 с апробированной базовой технологией ГРП с поверхности в его составе**

- Разработан технологический регламент на первые поисковые работы по

ГРП, приведены основные параметры гидродинамической обработки пласта «Болдыревский» через скважины, пробуренные с поверхности.

- Успешно осуществлены поисковые экспериментальные работы по реализации базовой технологии ГРП через скважины с поверхности на выемочном участке 24-63 шахты им. С.М. Кирова.

- Впервые в практике подземной угледобычи Кузбасса произведено гидровоздействие в режиме гидрорасчленения через скважину, пробуренную с поверхности, для целей пластовой дегазации.

- Решена основная задача проведенных работ на этом этапе — подтверждена работоспособность разработанной технологической схемы ГРП и основных ее параметров.

- Подтверждена реализация режима гидрорасчленения угольного пласта при обеспечении расчетных рабочих параметров гидродинамического воздействия. По полученным результатам изменения давления при проведении гидровоздействия и наблюдениям за водопроявлением в горной выработке констатирована реализация режима гидрорасчленения

с раскрытием трещин по ориентации и направлению основной системы трещиноватости дегазируемого пласта.

- Показана целесообразность совершенствования представленной технологии ГРП в направлении повышения фазовой проницаемости разрабатываемого угольного пласта для газа.

- Показана возможность реализации процесса гидрорасчленения угольного пласта при реализации технологии ПодзГРП в зонах ГРП.

**Особенности и основные параметры технологии пластовой дегазации в составе комплексной дегазационной подготовки с применением ГРП с поверхности**

Особенности и параметры технологии пластовой дегазационной подготовки в составе комплекса 2 (ГРП с поверхности + ПодзГРП + ППД) приведены в табл. 3 по позициям, которые отличны от аналогичных в комплексе 1 (см. табл. 1).

Совпадающие позиции в табл. 3 для краткости не приводятся.

Таблица 3

**Особенности и параметры технологии пластовой дегазации в составе комплекса 2  
In-seam gas drainage technology features and parameters: Facility 2**

№	Характеристики и параметры	Технология в составе комплекса 2 (ГРП с поверхности + ПодзГРП + ППД)
1	Эффективная длина скважин ПодзГРП ( $L_{эф}$ ), м	$L_{скв} = L_{герм} + L_{эф}$ $L_{эф}$ скважин ПодзГРП, пробуренных: - из вентиляционной печи: в зоне ГРП — $L_{эф} = 100$ м; вне зоны ГРП — $L_{эф} = 80 \div 100$ м; - из конвейерной печи: в зоне ГРП — $L_{эф} = 70$ м; вне зоны ГРП — $L_{эф} = 70$ м
2	Расстояние между скважинами ПодзГРП	Для скважин ПодзГРП, пробуренных как из вентиляционной, так и из конвейерной печей: в зоне ГРП — $70 \div 100$ м; вне зоны ГРП — $50 \div 70$ м
3	Заложение скважин ГРП с поверхности	Заложение скважин ГРП с поверхности — на расстоянии 60 м от конвейерной печи (вместо первого ряда вертикальных скважин). Расстояние между скважинами ГРП — 180 м

### **Перспективы развития технологии пластовой дегазационной подготовки на основе гидрорасчленения разрабатываемых угольных пластов**

На настоящем этапе развития работ по обеспечению эффективной дегазационной подготовки необходимо отметить следующее.

Общезвестно, что эффективность пластовой дегазации существенно зависит от времени функционирования дегазационных скважин. Необходимо максимально использовать потенциальные возможности пластовой дегазации скважинами ГРП, так как они могут начинать функционировать за несколько лет до начала ведения основных горных работ. Этого преимущества нет ни у одной другой технологии пластовой дегазационной подготовки, так как срок дегазации там зависит от сроков проведения горных выработок, из которых бурятся пластовые дегазационные скважины. Это очень ограниченное время, так как опережение подготовительными работами очистных является наиболее узким местом подземной угледобычи.

Проблематично выдерживать требования руководящих документов по дегазации, устанавливающих обязательный срок функционирования скважин подземной пластовой дегазации соответственно для нисходящих и восстающих

скважин 6÷12 месяцев. Чаще всего этот срок на отдельных участках отработки значительно меньше по объективным шахтным условиям.

На поле шахты им. С.М. Кирова технология ГРП с поверхности на участке 24-63 не реализовывала свои временные преимущества, так как применялась в оперативных целях в режиме не заблаговременной дегазации (срок заблаговременности более 3 лет), а предварительной дегазации (срок не более 1–1,5 лет), причем без освоения скважин ГРП.

Стратегическим направлением развития изложенных в статье работ является апробация технологии ГРП с поверхности в условиях заблаговременной дегазации и эффективного освоения скважин ГРП для полной реализации всех принципиальных преимуществ технологии.

Исследуются в шахтных условиях новые технологические решения, направленные на совершенствование базовых способов пластовой дегазации, в частности, виброволновое, импульсно-волновое, гидроударные, плазменно-импульсные и другие виды активных воздействий на дегазируемые угольные пласты [19 – 23].

Представленная работа не могла бы быть реализована и развиваться на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» без определяющего участия в ней генерального директора компании, д.т.н. Е.П. Ютяева.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ютяев Е. П. Обоснование технологии интенсивной подземной разработки высокогазоносных угольных пластов. Автореферат дисс. ... докт. техн. наук. — Кемерово: КузГТУ, 2019. — 45 с.
2. Сластунов С. В., Мазаник Е. В., Садов А. П., Хаутиев А. М.-Б. Апробация технологии комплексной дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидрорасчленения через скважины с поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 2. — С. 58–70. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-58-70.
3. Сластунов С. В., Каркашадзе Г. Г., Коликов К. С., Ютяев Е. П. Способ подготовки газоносного угольного пласта к отработке. Патент РФ № 2 659 298. Заявка: 2017133145 от 22.09.2017. Бюл. № 19 (73), 29.06.2018.

4. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А. П., Понизов А. П. Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке // Уголь. — 2019. — № 7. — С. 42–47. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-42-47.

5. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2019, vol. 67, pp. 56–70. DOI: 10.1016/j.jngse.2019.04.018.

6. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018, vol. 62, pp. 294–301. DOI: 10.1016/j.jngse.2018.12.017.

7. Sampath K. H. S. M., Perera M. S. A., Ranjith P. G. Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018, vol. 58, pp. 251–265. DOI: 10.1016/j.jngse.2018.08.012.

8. Плаксин М. С., Родин Р. И., Альков В. И. Газокинетическая реакция углеметанового пласта при создании в нем трещин посредством нагнетания флюидов / Научное издание технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сборник научных статей. — Новокузнецк: СибГИУ, 2017. — С. 63–67.

9. Ножкин Н. В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. — М.: Недра, 1979. — 383 с.

10. Чернов О. И., Черкасов В. С., Горбачев А. Г. Движение жидкости в угольных пластах. — Новосибирск: Наука, 1981. — 214 с.

11. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018, vol. 56, pp. 455–471. DOI: 10.1016/j.jngse.2018.06.009.

12. Liu Y., Tang D., Xu H., Li S., Tao S. The impact of coal macrolithotype on hydraulic fracture initiation and propagation in coal seams // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018, vol. 56, pp. 299–314. DOI: 10.1016/j.jngse.2018.06.013.

13. Ютяев Е. П., Садов А. П., Мешков А. А., Хаутиев А. М., Тайлаков О. В., Уткаев Е. А. Оценка фильтрационных свойств угля в гидродинамических испытаниях дегазационных пластовых скважин // Уголь. — 2017. — № 11. — С. 24–29. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-11-24-27.

14. Ютяев Е. П. Проблема совершенствования технологии пластовой дегазации в условиях интенсивной разработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № S7. — С. 253–264.

15. Каркашадзе Г. Г., Хаутиев А. М.-Б. Механизм повышения газопроницаемости угольного пласта в процессе циклической сорбционной усадки и разбухания угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 4. — С. 249–255.

16. Сластунов С. В., Понизов А. В., Садов А. П., Хаутиев А. Б.-М. Разработка комплексной технологии многостадийной дегазационной подготовки угольных пластов для их интенсивной разработки // Горный журнал. — 2021. — № 2. — С. 101–106. DOI: 10.17580/gzh.2021.02.14.

17. Понизов А. В. Разработка комплексной технологии дегазационной подготовки угольного пласта на основе его гидродинамической обработки. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. — М.: НИТУ «МИСиС», 2021. — 24 с.

18. Каркашадзе Г. Г., Мазаник Е. В., Понизов А. В. Моделирование процесса гидравлической обработки и дегазации выбросоопасных угольных пластов при столбовой системе разработки с высокими нагрузками на очистной забой // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № S1. — С. 90–101.

19. Стефлюк Ю. М. Обоснование выбора технологии пластовой дегазации выбросоопасных угольных пластов для обеспечения их безопасной и интенсивной отработки. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. — М.: МГГУ, 2012. — 24 с.

20. Павленко М. В. Формирование волновых возмущений через скважины в угольном массиве в виде вибрационных колебаний для создания в них газопроводящих трещин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 5. — С. 36–42.

21. Коршунов Г. И., Шипулин А. В., Серегин А. С. Увеличение газовой проницаемости угля путем импульсно-волнового воздействия через скважины // Газовая промышленность. — 2012. — № 672. — С. 46–47.

22. Магомет Р. Д., Серегин А. С. Повышение эффективности предварительной дегазации угольных пластов // Горный журнал. — 2017. — № 7. — С. 92–95. <http://www.rudmet.ru/journal/1642/article/28214/>.

23. Агеев П. Г., Агеев Н. П., Агеев Д. П., Десяткин А. С., Пашченко А. Ф. Плазменно-импульсное воздействие — инновационный подход к добыче традиционных и нетрадиционный подход к добыче традиционных и нетрадиционных углеводородов и заблаговременной дегазации угольных пластов // Бурение и нефть. — 2016. — № 7-8. — С. 34–40. **ПЧАС**

## REFERENCES

1. Yutyaev E. P. *Obosnovanie tekhnologii intensivnoy podzemnoy razrabotki vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov* [Substantiation of the technology of intensive underground mining of high-gas-bearing coal seams], Doctor's thesis, Kemerovo, KuzGTU, 2019, 45 p.

2. Slastunov S. V., Mazanik E. V., Sadov A. P., Khautiev A. M.-B. Testing of integrated degasifying treatment technology based on hydraulic splitting of coal seam using surface holes. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 2, pp. 58–70. [In Russ]. DOI: 10.25018.0236-1493-2020-2-0-58-70.

3. Slastunov S. V., Karkashadze G. G., Kolikov K. S., Yutyaev E. P. *Patent RU 2 659 298*. 29.06.2018. [In Russ].

4. Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P., Ponizov A. P. Ensuring methane safety of mines based on deep degassing of coal seams during their preparation for intensive development. *Ugol'*. 2019, no. 7, pp. 42–47. [In Russ]. DOI: 10.18796.0041-5790-2019-7-42-47.

5. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2019, vol. 67, pp. 56–70. DOI: 10.1016.j.jngse.2019.04.018.

6. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018, vol. 62, pp. 294–301. DOI: 10.1016.j.jngse.2018.12.017.

7. Sampath K. H. S. M., Perera M. S. A., Ranjith P. G. Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018, vol. 58, pp. 251–265. DOI: 10.1016.j.jngse.2018.08.012.

8. Plaksin M. S., Rodin R. I., Alcov V. I. Gas-kinetic reaction of a carbon-methane formation when cracks are created in it by injection of fluids. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*. Sbornik nauchnykh statey [High-tech technologies for the development and use of mineral resources: collection of scientific articles], Novokuznetsk, SibGIU, 2017, pp. 63–67. [In Russ].

9. Nozhkin N. V. *Zablagovremennaya degazatsiya ugol'nykh mestorozhdeniy* [Advance degassing of coal deposits], Moscow, Nedra, 1979, 383 p.

10. Chernov O. I., Cherkasov V. S., Gorbachev A. G. *Dvizhenie zhidkosti v ugol'nykh plastakh* [Fluid motion in coal seams], Novosibirsk, Nauka, 1981, 214 p.

11. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018, vol. 56, pp. 455–471. DOI: 10.1016.j.jngse.2018.06.009.

12. Liu Y., Tang D., Xu H., Li S., Tao S. The impact of coal macrolithotype on hydraulic fracture initiation and propagation in coal seams. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018, vol. 56, pp. 299–314. DOI: 10.1016.j.jngse.2018.06.013.

13. Yutyaev E. P., Sadov A. P., Meshkov A. A., Khautiev A. M., Tailakov O. V., Utkaeв E. A. Evaluation of coal filtration properties in hydrodynamic tests of degassing reservoir wells. *Ugol'*. 2017, no. 11, pp. 24–29. [In Russ]. DOI: 10.18796.0041-5790-2017-11-24-27.
14. Yutyaev E. P. The problem of improving the technology of reservoir degassing in conditions of intensive development. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no. S7, pp. 253–264. [In Russ].
15. Karkashadze G. G., Khautiev A. M.-B. The mechanism of increasing the gas permeability of a coal seam in the process of cyclic sorption shrinkage and swelling of coal. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no. 4, pp. 249–255. [In Russ].
16. Slastunov S. V., Ponizov A. V., Sadov A. P., Khautiev A. B.-M. Development of complex technology of multistage degassing preparation of coal seams for their intensive development. *Gornyi Zhurnal*. 2021, no. 2, pp. 101–106. [In Russ]. DOI: 10.17580.gzh.2021.02.14.
17. Ponizov A. V. *Razrabotka kompleksnoy tekhnologii degazatsionnoy podgotovki ugol'nogo plasta na osnove ego gidrodinamicheskoy obrabotki* [Development of a complex technology of degassing preparation of a coal seam based on its hydrodynamic treatment], Candidate's thesis, Moscow, NITU «MISiS», 2021, 24 p.
18. Karkashadze G. G., Mazanik E. V., Ponizov A. V. Modeling of the process of hydraulic treatment and degassing of explosive coal seams with a pillar mining system with high loads on the treatment face. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no. S1, pp. 90–101. [In Russ].
19. Steflyuk Yu. M. *Obosnovanie vybora tekhnologii plastovoy degazatsii vybrosoopasnykh ugol'nykh plastov dlya obespecheniya ikh bezopasnoy i intensivnoy obrabotki* [Justification of the choice of the technology of reservoir degassing of explosive coal seams to ensure their safe and intensive mining], Candidate's thesis, Moscow, MGGU, 2012, 24 p.
20. Pavlenko M. V. Formation of wave disturbances through wells in the coal massif in the form of vibration vibrations to create gas-conducting cracks in them. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. 5, pp. 36–42. [In Russ].
21. Korshunov G. I., Shipulin A. V., Seregin A. S. Increasing the phase permeability of coal by pulse-wave action through wells. *Gas Industry Journal*. 2012, no. 672, pp. 46–47. [In Russ].
22. Magomet R. D., Seregin A. S. Improving the efficiency of preliminary degassing of coal seams. *Gornyi Zhurnal*. 2017, no. 7, pp. 92–95. [In Russ], available at: <http://www.rudmet.ru/journal.1642.article.28214>.
23. Ageev P. G., Ageev N. P., Ageev D. P., Desyatkin A. S., Pashchenko A. F. Plasma-pulse impact – an innovative approach to the extraction of traditional and unconventional approach to the extraction of traditional and unconventional hydrocarbons and early degassing of coal seams. *Burenie i neft'*. 2016, no. 7-8, pp. 34–40. [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сластунов Сергей Викторович<sup>1</sup> – д-р техн. наук, профессор, e-mail: slastunovsv@mail.ru,

Коликов Константин Сергеевич<sup>1</sup> – д-р техн. наук, зав. кафедрой, e-mail: kolikovks@mail.ru,

Садов Анатолий Петрович<sup>2</sup> – канд. техн. наук, директор, e-mail: sadovar@suek.ru,

Хаутиев Адам Магомет-Баширович<sup>2</sup> – канд. техн. наук, инженер-технолог, e-mail: khautievam@suek.ru,

Комиссаров Игорь Анатольевич<sup>2</sup> – заместитель главного инженера, e-mail: komissarovia@suek.ru,

<sup>1</sup> ГИ НИТУ «МИСиС»,

<sup>2</sup> Управление дегазации и утилизации метана АО «СУЭК-Кузбасс».

**Для контактов:** Сластунов С.В., e-mail: slastunovsv@mail.ru.



## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

S.V. *Slastunov*<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor,  
e-mail: slastunovsv@mail.ru,  
K.S. *Kolikov*<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Head of Chair,  
e-mail: kolikovks@mail.ru,  
A.P. *Sadov*<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Director,  
e-mail: sadovap@suek.ru,  
A.M.-B. *Khautiev*<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Eng.),  
Engineer-Technologist, e-mail: khautievam@suek.ru,  
I.A. *Komissarov*<sup>2</sup>, Deputy Chief Engineer,  
e-mail: komissarovia@suek.ru,

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science  
and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia,

<sup>2</sup> Methane degassing and Utilization Department,  
JSC SUEK-Kuzbass, 652500, Leninsk-Kuznetsky, Russia.

**Corresponding author:** S.V. *Slastunov*, e-mail: slastunovsv@mail.ru.

Получена редакцией 03.06.2022; получена после рецензии 15.12.2022; принята к печати 10.01.2023.

Received by the editors 03.06.2022; received after the review 15.12.2022; accepted for printing 10.01.2023.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ Cu, ZnO И Cu/ZnO

(2022, № 11, СВ 7, 20 с. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_11\_7\_3)

*Воробьев Александр Егорович* – д-р техн. наук, профессор, ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова,  
e-mail: fogel\_al@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7324-428X,

*Чжан Ляньцзы* – РУДН, e-mail: 1042185067@pfur.ru, ORCID ID: 0000-0002-8266-3427.

Осуществлен инструментально-приборный анализ полученной коллекции металлических наночастиц меди и цинка по морфологическому признаку. Выделены 14 морфологических типа металлических наночастиц, как наиболее перспективных и представительных для последующих исследований. Установлены зависимость эффективности нанокатализатора (НК) от размера его наночастиц и влияние морфологии наночастиц на эффективность катализа. Представлено компьютерное моделирование НК на основе меди, оксида цинка и биметалла меди/оксид цинка. Рассчитаны энергии активизации химических реакций, включая различные коэффициенты Cu/ZnO. Показано, что биметалл считается более эффективным. При снижении активизации биметаллический НК Cu/ZnO обладает существенным эффектом – 84,38 кДж. 2-е и 3-е место занимают НК Cu и ZnO. По расчетам установлено, что Cu/ZnO служит эффективным катализатором в процессе получения метанола из синтез-газа.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, нанокатализатор, эффективность, метанол, синтез-газ, приборы, медь, оксид цинка.

### COMPUTER SIMULATION OF Cu, ZnO, AND Cu/ZnO NANOCATALYSTS

A.E. *Vorob'ev*, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Academician M.D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, 364051, Grozny, Russia, e-mail: fogel\_al@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7324-428X,  
*Zhang Lianzi*, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 117198, Moscow, Russia.

An instrumental-instrumental analysis of the obtained collection of metallic copper and zinc nanoparticles by morphological features was carried out. 14 morphological types of metal nanoparticles were identified as the most promising and representative for further research. The dependence of the nanocatalyst efficiency on the size of its nanoparticles and the influence of the morphology of nanoparticles on the efficiency of catalysis was established. Computer modeling of nanocatalysts based on copper, zinc oxide, and copper bimetal/zinc oxide is presented. The activation energies of the chemical reaction were calculated, including various Cu/ZnO ratios. According to computer calculations, it was found that Cu/ZnO serves as a very effective catalyst in the process of obtaining methanol from synthesis gas.

Key words: computer modeling, nanocatalyst, efficiency, methanol, synthesis gas, devices, copper, zinc oxide.