

проведения процесса, расстояния между электродами и площади контакта жидкости с электродом.

*Розглянуто механізм розподілу енергії в електроактиваторі при електрохімічній обробці рідини. Обґрунтовано використання питомої енергоємності рідини для зміни водневого показника як одного з критеріїв при розрахунку витрат енергії на обробку рідини.*

**Ключові слова:** промивна рідина, водневий показник, електрохімічна обробка, питомі витрати енергії.

#### THE MAIN ENERGY DISTRIBUTION CRITERIA DURING ELECTROCHEMICAL LIQUID TREATMENT

*The mechanism of energy distribution in the electro activator during electrochemical liquid treatment is considered. The use of fluid specific energy capacity for changing the value of the hydrogen index as one of the main criteria in calculating the energy costs for treating liquids is substantiated.*

**Key words:** washing liquid, hydrogen index, electrochemical treatment, specific energy consumption.

#### Литература

1. Должников П. Н., Кипко А. Э. Электрохимический тампонаж тонкопористых песчаников. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 249 с.
2. Крупин С. В., Булидорова Г. В., Кирич Л. В. Влияние электрохимической активации на эксплуатационные характеристики глинистых дисперсий на основе глинопорошка "Бентокам" // Наука и технология углеводородов. – 2002. – № 3. – С. 59–63.
3. Давиденко А. Н., Полищук П. П. Результаты лабораторных исследований процесса электрохимической активации промывочной жидкости, применяемой при сооружении скважин // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2011». – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2011. – С. 89–93.

Поступила 11.07.17

УДК 621.921.34-2:622.24.051

**А. М. Исонкин, Г. Д. Ильницкая, И. Н. Зайцева** кандидаты технических наук

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

#### ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ АЛМАЗОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БУРОВЫХ КОРОНОК

*Приведены результаты исследований влияния дефектности алмазов на работоспособность алмазных буровых коронок. Показано, что увеличение дефектности алмазов с повышением в кристаллах внутреннекристаллических примесей в процессе синтеза способствует снижению их прочности и износостойкости инструмента.*

**Ключевые слова:** синтетические алмазы, дефектность, включения металлов-катализаторов, износостойкость, буровые коронки.

#### Введение

В последние несколько десятилетий сильно расширились области применения синтетических алмазов в самых различных областях техники. Применительно к процессам разрушения твердых горных пород при бурении скважин все возрастающие потребности

техники стимулируют синтез алмазов, изучение их физико-химических свойств и в конечном итоге создание материалов с заранее заданными свойствами.

Особенности синтетических алмазов определяются главным образом скоростью роста кристаллов алмаза во время их синтеза, которые захватывают все побочные фазы, присутствующие в реакционной камере. Это влияет не только на внешнюю, но и на внутреннюю морфологию кристаллов (рис. 1, 2), в которых количество металлических включений в виде объемных дефектов может достигать несколько весовых процентов и сильно влиять на эксплуатационные свойства алмазов [1, 2, 3]. Дефекты в основном связаны с присутствием в кристалле алмаза включений сплава-растворителя и поэтому количественно тесно связаны с удельной магнитной восприимчивостью [4].

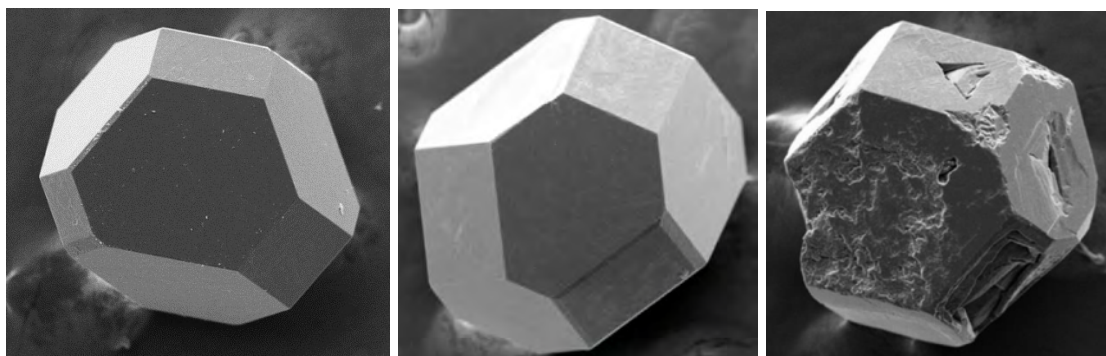


Рис. 1. Синтетические алмазы без поверхностных дефектов

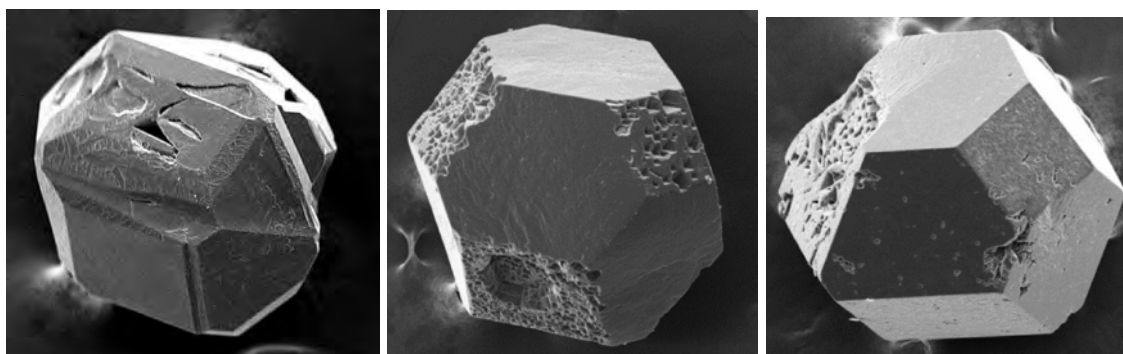


Рис. 2. Синтетические алмазы с различной степенью дефектности поверхности

В кристаллах алмаза дефекты кристаллической решетки оказывают влияние на их внешний облик и вызывают искажения структуры и появление внутренних напряжений, что существенно влияет на те или иные физико-механические свойства, вызывая, в частности, снижение их прочности [5].

Прочность алмазов зависит от их объемной и поверхностной дефектности, изометричности и формы зерен, содержания включений и является одним из важнейших параметров их качества [6].

В то же время возникает актуальная необходимость разделения шлифпорошков алмаза по степени дефектности на фракции с разной прочностью. Реальным путем получения шлифпорошков алмаза, отличающихся по прочности, является сортировка зерен алмазного порошка по различным видам дефектов и их уровню [7].

Разделение алмазов по форме с учетом данных о влиянии внешней морфологии зерен и их формы на прочностные свойства совершенно не учитывает зависимость их прочности от объемных дефектов (включений) и особенно дефектов поверхности. Поэтому получаемые

алмазные порошки при высокой однородности по коэффициенту формы имеют низкую однородность по прочности [8].

Цель работы – оценка влияния поверхностной и внутрикристаллической дефектности алмазов на их физико-механические характеристики и износостойкость породоразрушающего инструмента.

#### **Методика эксперимента**

Шлифпорошки алмаза разных марок ряда зарубежных фирм: *De Beers* (подразделение *Element Six*, ЮАР – Великобритания), *General Electric* (подразделение *Diamond Inovations*, США), компаний КНР и Южной Кореи, синтезированные в разных ростовых системах, были атестованы в соответствии с нормативными документами Украины [9, 10].

Марку шлифпорошков синтетического алмаза в пробах устанавливали после определения показателя прочности при статическом сжатии ( $P$ ), удельной магнитной восприимчивости ( $\chi$ ), содержания внутрикристаллических примесей и включений ( $\beta$ ) и дефектности поверхности по изменению коэффициента поверхностной активности  $K_a$ , % [11].

Для исследования влияния поверхностной и внутрикристаллической дефектности алмазов на их физико-механические характеристики и износостойкость породоразрушающего инструмента общую пробу алмазов зернистостью 400/315 разделили с использованием способов сортировки – флотации и адгезионно-магнитного разделения, основанных на различии кристаллов алмаза по уровню дефектности их поверхности, на несколько фракций порошков с разной дефектностью и прочностью. [12, 13].

Статическую прочность полученных шлифпорошков алмаза определяли согласно ДСТУ 3292-95 «Порошки алмазные синтетические» и ТУ У 28.4-05417344-2003 «Шлифпорошки синтетических алмазов марок АС200, АС250, АС300, АС350, АС400» [9, 10]. Дефектность поверхности порошков оценивали по коэффициенту поверхностной активности  $K_a$  [14].

Общее содержание примесей и включений в порошках алмаза измеряли методом рентгенофлуоресцентного интегрального анализа с использованием растрового электронного микроскопа «BS-340» и энергодисперсного анализатора рентгеновских спектров «Link-860» [15, 16].

Содержание объемных дефектов в виде внутрикристаллических примесей и включений в зернах алмазных шлифпорошков определяли по удельной магнитной восприимчивости порошков  $\chi$  [17].

Шлифпорошки алмаза с разными физико-механическими характеристиками использовали для изготовления буровых коронок. Эксплуатационные характеристики алмазного бурового инструмента в производственных условиях определяли по разработанным критериям оценки при бурении горных пород [18].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Характеристики синтезированных в системах Ni–Mn–C, Fe–Co–C и Fe–Ni–C алмазов марок АС200 – АС125, полученные после сортировки исходной партии зернистостью 400/315, представлены на рис. 3–7.

Из приведенных на рис. 3–5 данных следует, что для шлифпорошков алмаза, синтезированных в вышеуказанных системах, характерно устойчивое увеличение дефектности поверхности и удельной магнитной восприимчивости, связанных с ростом содержания примесей и включений в кристаллах алмаза.

Для алмазов рассматриваемых ростовых систем синтеза между коэффициентом дефектности поверхности и удельной магнитной восприимчивостью прослеживается закономерная связь – чем больше в кристаллах примесей и включений, тем больше величина удельной магнитной восприимчивости и степень дефектности, выраженная в виде коэффициента поверхностной активности  $K_a$ .

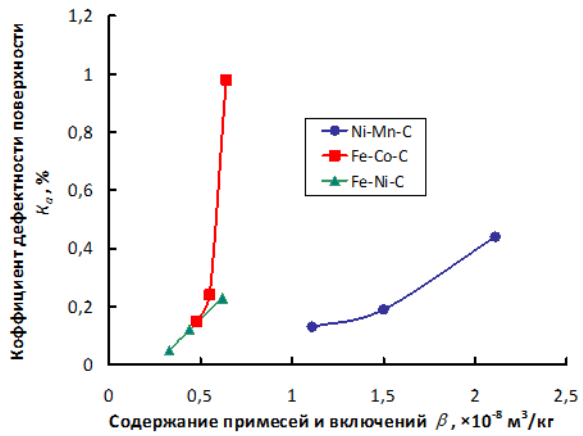


Рис. 3. Зависимость дефектности поверхности алмазов разных ростовых систем от содержания примесей и включений

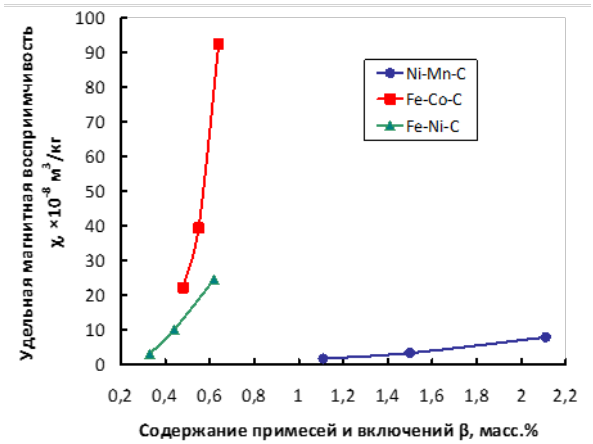


Рис. 4. Зависимость удельной магнитной восприимчивости алмазов разных ростовых систем от содержания примесей и включений

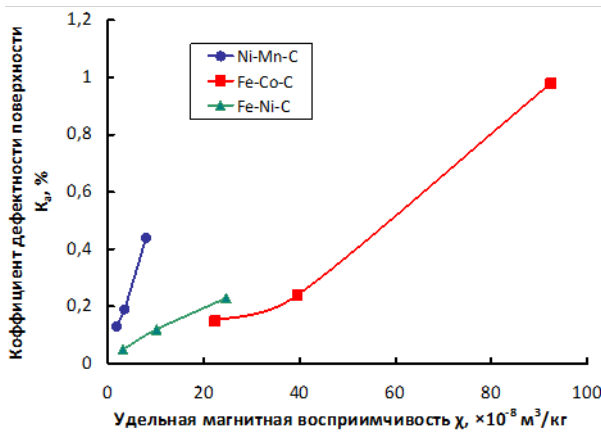


Рис. 5. Зависимость дефектности поверхности алмазов разных ростовых систем от удельной магнитной восприимчивости

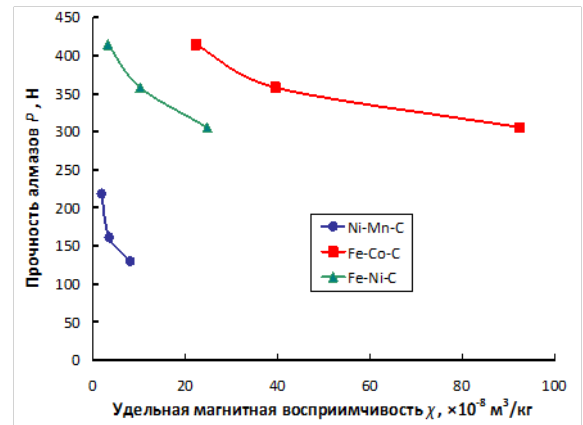


Рис. 6. Зависимость прочности алмазов разных ростовых систем от удельной магнитной восприимчивости

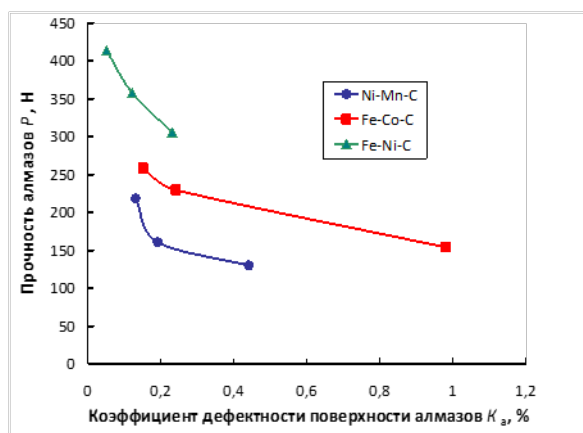


Рис. 7. Зависимость прочности алмазов разных ростовых систем от дефектности их поверхности

Изменение прочности синтетических алмазов зернистости 400/315, синтезированных в разных ростовых системах, от удельной магнитной восприимчивости и дефектности их поверхности приведено соответственно на рис. 6 и 7.

Анализируя данные, представленные на рис. 4 и 5, можно отметить, что по изменению физико-механических характеристик алмазов разных марок, синтезированных в системах Ni–Mn–C, Fe–Co–C и Fe–Ni–C, наиболее прочными являются шлифпорошки алмаза, которые содержат меньшее количество внутрикристаллических примесей и включений и обладают меньшей дефектностью поверхности.

Производственные испытания буровых коронок БС-06 диаметром 76 мм, оснащенных алмазами разной степени дефектности, проведены с целью изучения их работоспособности при бурении геологоразведочных скважин в геологотехнических условиях ГРЭ «Кривбассгеология».

Поскольку инфильтрацию металлической связи буровых коронок производят при температуре более 1100° С, для их оснащения были выбраны термостойкие синтетические алмазы зернистости 400/355, синтезированные в системе Fe–Co–C. Характеристики алмазов после окончательной классификации на ситах ряда R-20 после адгезионно-магнитной сортировки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сортировки по дефектности поверхности алмазов немагнитной фракции, синтезированные в системе Fe–Co–C

№ фракции разделения	Выход, %	$K_a$ , %	$P$ , Н	$K_{одн.пр.}$ , %	$d_{ср}$ , мкм	$K_f$ , усл.ед.	Содержание основной фракции 400/355, %	Марка
1	10,5	0,10	334,7	79,3	374	1,11	95	АС200
2	27,5	0,23	311,8	75,4	378	1,15	85	АС200
3	40,4	0,56	251,1	69,4	381	1,25	83	АС160
4	21,6	0,78	200,8	60,5	373	1,35	79	АС125
Исходная	100%	–	247,9	52,2	373	1,24	71	АС160

В подрезном слое представленные на испытания коронки БС-06 оснащались цилиндрическими вставками твесала диаметром 5 мм с алмазами марки АС80 зернистостью 250/200 в количестве 3,08 карат.

Испытания проводились при бурении плановых разведочных скважин на объектах ГРЭ «Кривбассгеология». Геологический разрез скважин был сложен породами X категории буримости: сланцами биотит-серицитовыми кварцевыми слабополосчатыми, амфиболитами тримолит-биотитовыми и биотит-кварцевыми-ми. Бурение осуществляли с использованием буровых станков СКБ-5 с поддержанием следующих режимов бурения: скорость вращения 257–407 мин<sup>-1</sup>, осевая нагрузка 1000–1200 даН, расход промывочной жидкости 70 дм<sup>3</sup>/мин. В качестве охлаждающей жидкости использовали техническую воду.

Результаты производственных испытаний коронок БС-06 в геолого-технических условиях ГРЭ «Кривбассгеология» представлены в табл. 2.

Данные, приведенные в табл. 2 свидетельствуют о том, что с ростом прочностных характеристик алмазов зернистости 400/355, использованных для оснащения коронок БС-06, их средняя проходка на в условиях ГРЭ «Кривбассгеология» повысилась в 1,25÷1,97 раза по сравнению с серийными коронками БС-06, оснащенными несортированными алмазами.

**Таблица 2. Результаты производственных испытаний коронок БС-06 диаметром 76 мм в геологотехнических условиях ГРЭ «Кривбассгеология»**

№ фракции разделения	Типоразмер коронки и характеристика объемного алмазоносного слоя коронки	Показатели работоспособности алмазных коронок	
		Механическая скорость бурения, м/ч	Средняя проходка на коронку, м
1	БС-06 Ø 76 мм АС200 400/315 – 18 ст $K_a = 0,1\%$ ; $K_{одн.пр.} = 79,3\%$	1,32	38,2
2	БС-06 Ø 76 мм <u>АС200 400/315 – 18 ст</u> $K_a = 0,23\%$ ; $K_{одн.пр.} = 75,4\%$	1,24	29,6
3	БС-06 Ø 76 мм <u>АС160 400/315 – 18 ст</u> $K_a = 0,56\%$ ; $K_{одн.пр.} = 69,4\%$	1,16	24,3
4	БС-06 Ø 76 мм <u>АС125 400/315 – 18 ст</u> $K_a = 0,78\%$ ; $K_{одн.пр.} = 60,5\%$	1,05	20,8
Исходная несортированная	БС-06 Ø 76 мм <u>АС160 400/315 – 18 ст</u> $K_a = -$ ; $K_{одн.пр.} = 52,2\%$	0,95	19,4

При этом с ростом однородности шлифпорошков алмаза по прочности и размерам их зерен, используемых для оснащения опытных коронок БС-06, возрасла производительность процесса бурения, выражаемая в виде роста механической скорости бурения от 0,95 м/час до 1,32 м/час, т.е. в 1,4 раза.

### **Выводы**

1. Установлено, что поверхностные и внутрикристаллические дефекты существенно влияют на физико-механические свойства синтетических алмазов, синтезированных в разных ростовых системах. С уменьшением удельной магнитной восприимчивости порошков, неразрывно связанной со снижением содержания внутрикристаллических включений, улучшается морфология зерен алмазов и повышается их прочность.

2. Оснащение буровых коронок высокопрочными шлифпорошками алмаза с низкой степенью поверхностных и внутрикристаллических дефектов позволяет повысить работоспособность буровых коронок. Подтверждением этого являются результаты производственных испытаний, которые свидетельствуют о повышении износостойкости буровых коронок за счет их оснащения более прочными алмазами (фракции 1, 2, 3) после их сортировки по степени дефектности в 1,25–1,97 раза по сравнению с серийными коронками, оснащенными несортированными алмазами.

3. На основании проведенных сравнительных испытаний буровых коронок установлено, что наиболее эффективными из числа испытанных при бурении плановых скважин в геологических условиях ГРЭ «Кривбассгеология» являются буровые коронки, оснащенные синтетическими алмазами, имеющими высокую прочность, обусловленную низкой степенью поверхностных и внутрикристаллических дефектов.

*Наведено результати досліджень впливу дефектності алмазів на працездатність алмазних бурових коронок. Показано, що збільшення дефектності алмазів з підвищенням в кристалах внутрішньо-крісталічних домішок в процесі синтезу сприяє зниженню їх міцності та зносостійкості інструменту.*

**Ключові слова:** синтетичні алмази, дефектність, включення металів-каталізаторів, зносостійкість, бурові коронки.

#### INFLUENCE OF DIAMOND DEFECTS ON WORKABILITY DRILL BITS

*The results of research on the impact of diamond defects on the performance of diamond drill bits are presented. It is shown that an increase in the defectiveness of diamonds with an increase in internal crystal impurities in crystals during the synthesis contributes to a decrease in their strength and wear resistance of the tool.*

**Key words:** synthetic diamonds, defectiveness, inclusions of meta-catalysts, wear resistance, drilling bits.

#### Литература

1. Аргунов К. П. Дефектные алмазы и их диагностика. – Якутск.: ЯФ ГУ Изд-во «СО РАН», 2004. – 216 с.
2. Свойства низкопрочных алмазов, синтезированных в системах Ni–Mn–C, Fe–Si–C / А. И. Боримский, Г. Д. Ильницкая, В. И. Лавриненко и др. // *Мінерал. журн.* – 2013. – 35. – № 2 – С.104–109.
3. Природные и синтетические алмазы / Г. Б. Бокий, Г. Н. Безруков, Ю. А. Клюев и др. М.: Наука, 1986. – 222 с.
4. О связи между содержанием включений в синтетических алмазах и их магнитными свойствами / Г. П. Богатырева, В. Б. Крук, Г. Ф. Невструев и др. // *Синтетические алмазы.* – 1977. – Вып. 6. – С. 14–19.
5. Орлов О. Ю. Минералогия алмаза. М.: Наука, 1973. – 223 с.
6. Воронин Г. А. Прочность синтетических алмазов в широком интервале температур: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.02 / ИСМ НАН Украины. – Киев, 1984. – 22 с.
7. Ильницкая Г. Д. Влияние структуры кристаллов алмаза на физико-механические свойства алмазных шлифпорошков. Зб.наук. праць Надтверді матеріали: створення та застосування (Серія „Матеріалознавство”/ НАН України, ІНМ ім. В. М. Бакуля. – Київ, 2007. – 234 с.
8. Повышение однородности алмазных шлифпорошков по линейным размерам / Н. В. Новиков, Г. П. Богатырева, Г. Ф. Невструев // *Міжнародний сб. наук. пр. «Прогресивні технології і системи машинобудування».* – Донецьк: ДонГТУ, 2007. – Вып. 33. – С. 171–175.
9. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины. – 1995. – 71 с.
10. ТУ У 28.4–05417344–075–2003. Шлифпорошки синтетических алмазов марок АС200, АС250, АС300, АС350, АС400. Технические условия. Введ. 01.09.03. – К.: Госстандарт Украины, 2003. – 10 с.
11. Пат. 65129 Україна, МКИ G01N27/12. Спосіб оцінки дефектності зерен порошкового матеріалу / Г. Ф. Невструєв, Г. Д. Ильницька. – Заявл. 05.06.03, Опубл. 15.03.04, Бюл. № 3.

12. Оценка качества порошков сверхтвердых материалов. – ч. 2: Практическое применение нового метода оценки характеристик качества / Н. В. Новиков, Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницкая и др. // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 6. – С. 58–67.
13. Пат. 85284 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен / М. В. Новіков, Г. Д. Ільницька, Г. П. Богатирьова, Г. Ф. Невструєв. – Заявл. 05.04.07; Опубл. 12.01.09; Бюл. № 1.
14. М88 Украины 90.258-2004. Методика определения коэффициента поверхностной активности порошков сверхтвердых материалов. К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 11 с.
15. Loubser J. H. A., Wik J. A. Electron spin resonance in the study of diamond // Rep. Progr. Phys. – 1978. – 41. – P. 1201–1248.
16. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Книга 1 / Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., и др. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
17. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 9 с.
18. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном инструменте / Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин и др. – Екатеринбург: УГГГА, 2003. – 138 с.

*Поступила 24.05.17*

УДК 622.245.42

**А. М. Исмаилов<sup>1</sup>; О. Э. Багиров<sup>1</sup>, П. М. Гулизаде<sup>2</sup>**, кандидаты технических наук;  
**Г. А. Беклярова<sup>2</sup>**

*ООО «SOCAR-AQS», г. Баку, Азербайджан  
Азербайджанский индустриальный институт (АЗИИ) – АГНА, г. Баку*

### **О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА НА КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ**

*Рассмотрено влияние параметров цементного раствора на качества крепления скважин, являющегося завершающим, наиболее сложным и ответственным технологическим процессом, от качества выполнения которого в значительной степени зависит успешность строительства скважины, ее продуктивность и долговечность.*

**Ключевые слова:** скважина, крепление, цементный раствор, герметизация

Необходимость наращивания и стабилизации добычи углеводородного сырья на уровне, обеспечивающем экономическую и политическую безопасность, требует расширения объемов строительства скважин на месторождениях нефти и газа со сложными горно-геологическими условиями. Одним из путей повышения эффективности и качества строительства скважин является предупреждение осложнений и сокращение затрат времени и материалов на их ликвидацию как при бурении, так и на стадии завершения строительства скважин.

Крепление скважин – завершающий, наиболее сложный и ответственный технологический процесс, от качества выполнения которого в значительной степени зависит успешность строительства скважины, ее продуктивность и долговечность. В настоящее время тенденции, связанные с увеличением объемов эксплуатационного бурения, освоением месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, а также новых месторождений