



УДК 622.245.422

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОБЛЕГЧЕННЫХ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР

### RESEARCH OF THE PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CEMENT SLURRY WITH THE ADDITION OF HOLLOW ALUMINOSILICATE MICROSPHERES

**Баёв Михаил Алексеевич**

старший преподаватель кафедры  
теоретической и геотехнической механики,  
Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
bma.gdk@gmail.com

**Baev Mikhail Alekseevich**

Senior lecturer of the Department of  
Theoretical and Geotechnical Mechanics,  
T.F. Gorbachev Kuzbass  
State Technical University  
bma.gdk@gmail.com

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросу добычи метана угольных пластов в Кемеровской области. Рассмотрены особенности метаноугольных скважин. Отмечена возможность применения облегченных тампонажных материалов при цементировании заколонного пространства. В качестве облегчающей добавки предложено использовать алюмосиликатные полые микросферы. Представлены результаты испытаний по определению показателей облегченного тампонажного раствора, полученного с применением материалов местного производства.

**Annotation.** This article is devoted to the issue of coalbed methane production in the Kemerovo region. The features of CBM wells are considered. The possibility of using lightweight cement slurry during cementing of the annulus is noted. It is proposed to use hollow aluminosilicate microspheres as a lightweight additives. The results of the determination of the parameters of the lightweight cement slurry obtained using locally produced materials are presented.

**Ключевые слова:** метан угольных пластов, скважина, цементирование, облегченный тампонажный раствор, алюмосиликатные полые микросферы.

**Keywords:** coalbed methane, well, cementing, lightweight cement slurry, hollow aluminosilicate microspheres.

Современное мировое хозяйство характеризуется высоким уровнем потребления энергетических ресурсов. Развитие топливно-энергетического и металлургического комплекса, нефтеперерабатывающей и химической промышленности опирается на широкое использование различных видов минеральных ресурсов, добываемых из земных недр. В качестве топливно-энергетического и технологического сырья широко применяются нефть, природный газ и уголь. При этом природный газ играет особо важную роль. Постепенное исчерпание или значительное сокращение его запасов в легкодоступных месторождениях привели к увеличению сложности и стоимости добычи. В связи с этим одной из приоритетных задач является разработка нетрадиционных ресурсов углеводородов, к которым относится метан угольных пластов (МУП).

Успешное промышленное освоение метаноугольных месторождений ведется в США, Канаде, Австралии и КНР. В России ресурсы метана угольных пластов оцениваются в 83,7 трлн м<sup>3</sup>, в том числе в Кузнецком бассейне – 13,1 трлн м<sup>3</sup> (до глубины 1800 м) [1, 2]. В настоящее время в Кемеровской области ООО «Газпром добыча Кузнецк» реализует проект по добыче метана угольных пластов и ведет разработку Талдинской и Нарыкско-Осташкинской площадей. Как и при разработке традиционных месторождений нефти и газа, промысловая добыча метана осуществляется пробуренными с поверхности скважинами, которые вскрывают газоносные угольные пласты. Глубина скважин при этом не превышает 1500 м [1].

При строительстве скважин важной задачей является обеспечение герметичности зацементированного заколонного пространства. Следует отметить, что в технически неисправных скважинах (имеющих негерметичность колонны, заколонные перетоки, плохое состояние цементного камня за обсадной колонной и др.) запрещается проведение гидроразрыва пластов, который является наиболее широко используемым методом интенсификации (стимуляции) газоотдачи угольных пластов [3, 4]. Важнейшим фактором обеспечения герметичности заколонного пространства скважин является повышение степени вытеснения бурового раствора тампонажным из интервала цементирования [5]. На полноту вытеснения бурового раствора влияет ряд геологических и технико-технологических особенностей, среди которых режимы движения растворов. В то же время, качество цементировочных работ зависит и от правильного подбора рецептуры тампонажного раствора, т.е. его свойств и свойств образующегося камня. Выбор рецептуры раствора диктуется условиями скважины и определяется перед цементированием на основании лабораторных исследований [3, 5, 6]. Для метаноугольных скважин Кузбасса можно отметить следующие особенности – пластовое давление в большинстве угольных пластов равно гидростатическому или чуть ниже его, а температура на забое скважин не превышает 40–45 °С. В таких условиях целесообразно применять модифицированные тампонажные материалы.



За рубежом для цементирования метаноугольных скважин совместно с цементными растворами нормальной плотности используют облегченные тампонажные смеси плотностью 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup> (за исключением случаев вскрытия разреза с аномально высоким пластовым давлением) [4, 7]. Использование облегченных растворов позволяет, помимо прочего, снизить риск возникновения осложнений, связанных с гидроразрывом пород или развитием интенсивного поглощения раствора в процессе цементирования, а также уменьшить нарушение фильтрационно-емкостных свойств околоскважинной зоны угольных пластов. Самым распространенным способом получения облегченных тампонажных растворов является использование облегчающих добавок. Снижение плотности раствора при этом достигается, в основном, за счет удержания добавками избыточного количества жидкости затворения (т.е. повышения водоцементного отношения) или введения воздуха вместе с добавками [8].

Выполненный анализ отечественного рынка показал, что производством облегченных тампонажных материалов (ОТМ) занимаются более двадцати компаний, основная часть которых находится в Уральском федеральном округе. Наиболее близким к метаноугольным промыслам Кузбасса производителем ОТМ является ООО «ГеоТехНовации» (г. Томск). При этом стоимость предлагаемой продукции в два раза превышает стоимость тампонажных портландцементов, реализацию которых на территории Кемеровской области осуществляет АО «ХК «Сибирский цемент». В тоже время для приготовления облегченных тампонажных растворов в качестве облегчающих добавок можно использовать местные промышленные отходы, среди которых наиболее эффективной и технологичной добавкой техногенного происхождения являются алюмосиликатные полые микросферы (ценосферы, зольные микросферы, АСПМ). Перспективность использования тампонажных растворов с добавкой алюмосиликатных микросфер подтверждается успешным опытом их применения при цементировании скважин, как в нашей стране, так и за рубежом [9–11].

Учитывая вышеизложенное, актуальной является задача по оценке возможности использования компонентов местного производства для получения облегченных тампонажных растворов, которые могут быть применены при цементировании метаноугольных скважин Кузбасса [13]. Для решения данной задачи в КузГТУ на базе лаборатории кафедры теоретической и геотехнической механики были выполнены лабораторные исследования по определению основных физико-механических показателей тампонажных растворов. В качестве базового материала для приготовления растворов использовали портландцемент тампонажный бездобавочный для низких и нормальных температур ПЦТ I-50 ГОСТ 1581-96 производства ООО «Топкинский цемент», а в качестве облегчающей добавки – алюмосиликатные полые микросферы SG 500 производства ООО «Сибирская генерирующая компания» (продукция производственного подразделения «Специальные материалы», Кемеровская обл., г. Белово). Также исследовали облегченный тампонажный материал ОТМ-4 ТУ 5734-001-30414934-2012 производства ООО «ГеоТехНовации» г. Томск. Величину водоцементного (водотвердого) отношения и количество облегчающей добавки подбирали по растекаемости раствора с учетом необходимой плотности. Лабораторные испытания проводили при атмосферном давлении и температуре 22 ± 2 °С в соответствии с методами, установленными ГОСТ 26798.1-96. Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты определения показателей тампонажных материалов

Состав раствора		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Растекаемость, мм	Водоотделение, мл	Прочность в возрасте 2 сут, МПа	
Тампонажный материал	В/Т				при изгибе	при сжатии
ПЦТ I-50 (100 %)	0,5	1,83	224	4,6	3,8	13,4
ПЦТ I-50 (80 %) + АСПМ (20 %)	0,55	1,42	213	7,0	2,1	6,3
ОТМ-4 (100 %)	0,66	1,41	217	1,8	1,3	3,7

Полученные данные подтверждают эффективность использования АСПМ для снижения плотности тампонажного раствора. Однако чтобы получить раствор с требуемой растекаемостью (подвижностью), приходится увеличивать количество воды затворения. Избыточная вода, вводимая в раствор, отрицательно влияет на его водоотделение и прочностные показатели камня. В целом, результаты исследований позволяют сделать вывод, что раствор, полученный с применением материалов местного производства, по основным физико-механическим показателям соответствует предъявляемым к облегченным портландцементом требованиям ГОСТ 1581-96, и не уступает имеющемуся на рынке облегченному тампонажному материалу ОТМ-4.

При этом требуется продолжить исследовательскую работу по совершенствованию рецептуры облегченного раствора и улучшению его тампонажно-технических свойств с целью повышения качества крепления метаноугольных скважин. В частности, необходимо снизить показатель водоотделения. Добиться этого можно уменьшением водоцементного отношения и введением в состав раствора пластифицирующих добавок для сохранения требуемой растекаемости и снижения реологических параметров [14, 15]. Это также должно положительно повлиять на прочностные и фильтрационные характеристики тампонажного камня. Изучение влияния пластифицирующих добавок на свойства облегченного тампонажного раствора является задачей дальнейших исследований.



### Литература:

1. Из недр кузбасских кладовых – горючий газ метан / сост. С.С. Золотых, В.С. Арнаутов, Е.В. Сурин; автор проекта С.С. Золотых. – Кемерово : АИ «Кузбассвуиздат», 2015. – 247 с.
2. Зимаков Б.М., Натура В.Г., Хрюкин В.Т. Геологические перспективы добычи метана в Кузнецком бассейне. – М. : Геоинформмарк, 1992. – 90 с.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». Серия 08. Выпуск 19. – М. : ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. – 288 с.
4. Coal Bed Methane: From Prospect to Pipeline / edited by Pramod Thakur, Steve Schatzel, Kashy Aminian. – 1st edition – San Diego, CA, USA : Elsevier, 2014. – 440 p.
5. Булатов А.И. Детективная биография герметичности крепи нефтяных и газовых скважин. 3-е изд. – Краснодар : Изд-во «Просвещение – Юг», 2009. – 934 с.
6. Вадецкий Ю.В. Справочник бурильщика : учеб. пособие для нач. проф. образования. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 416 с.
7. Золотых С.С., Карасевич А.М. Проблемы промысловой добычи метана в Кузнецком угольном бассейне. – М. : Изд-во «ИСПИН», 2002. – 570 с.
8. Булатов А.И., Долгов С.В. Спутник буровика : Справ. пособие: в 2 кн. Кн. 2. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 534 с.
9. Облегченные и сверхлегкие тампонажные растворы / В.И. Вяхирев [и др.]. – М. : «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 180 с.
10. Шаманов С.А. Бурение и заканчивание горизонтальных скважин. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 190 с.
11. Разработка и применение новых облегченных тампонажных материалов для цементирования обсадных колонн при нормальных и умеренных температурах / И.И. Белей [и др.] // Бурение и нефть. – 2006. – № 5. – С. 12–15.
12. Мерзляков М.Ю., Яковлев А.А. Исследование технологических свойств аэрированных тампонажных составов с включением в них полых алюмосиликатных микросфер // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 14. – С. 13–17.
13. Обоснование использования алюмосиликатных микросфер в тампонажных растворах при цементировании метаноугольных скважин Кузбасса / М.А. Баёв, А.Г. Шевцов, А.Е. Клесунов, К.Г. Дятлов // Техника и технология строительства и ремонта нефтяных и газовых скважин: материалы всероссийской научно-технической конференции. Бурение нефтяных и газовых скважин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2015. – С. 109–112.
14. Пестерев С.В., Фатхутдинов И.Х., Дацков А.В. Новые добавки для эффективного решения технологических задач при цементировании скважин // Бурение и нефть. – 2010. – № 11. – С. 34–36.
15. Кожевников Р.О., Логинов М.А., Сас В.Н. Теория и опыт применения поликарбоксилатного пластификатора «WellFix P-100» производства ООО «Химпром» // Бурение и нефть. – 2015. – № 6. – С. 41–42.

### References:

1. From a subsoil of the Kuzbass storerooms – combustible gas methane / compiled by S.S. Zolotykh, V.S. Arnaudov, E.V. Surin; project author S.S. Zolotykh. – Kemerovo : Kuzbassvuzizdat publishing house, 2015. – 247 p.
2. Zimakov B.M., Natura V.G., Khryukin V.T. Geological prospects for methane production in the Kuznetsk Basin. – M. : Geoinformmark, 1992. – 90 p.
3. Federal rules and regulations in the field of industrial safety «Safety rules in the oil and gas industry». Series 08. Issue 19. – M. : JSC Scientific and Technical Research Center of Industrial Safety Problems, 2013. – 288 p.
4. Coal Bed Methane: From Prospect to Pipeline / edited by Pramod Thakur, Steve Schatzel, Kashy Aminian. – 1st ed. – San Diego, CA, USA : Elsevier, 2014. – 440 p.
5. Bulatov A.I. Detective biography of tightness of oil and gas wells. 3rd ed. – Krasnodar : Education – the South publishing house, 2009. – 934 p.
6. Vadetskiy Yu.V. Driller's Guide : manual. – M. : Akademiya publishing center, 2008. – 416 p.
7. Zolotykh S.S., Karasevich A.M. Problems of commercial methane production in the Kuznetsk coal basin. – M. : ISPIN publishing house, 2002. – 570 p.
8. Bulatov A.I., Dolgov S.V. Driller's Companion: Handbook: in 2 books. Book. 2. – M. : LLC Nedra-Biznestsentr, 2006. – 534 p.
9. Lightweight and ultralight oil well cement slurries / V.I. Vyakhirev and others. – M. : LLC Nedra-Biznestsentr, 1999. – 180 p.
10. Shamanov S.A. Drilling and completion of horizontal wells. – M. : LLC Nedra-Biznestsentr, 2001. – 190 p.
11. Development and application of new lightweight grouting materials for casing cementing at normal and moderate temperatures / I.I. Beley and others // Drilling and oil magazine. – 2006. – № 5. – P. 12–15.
12. Merzlyakov M.Yu., Yakovlev A.A. Research of technological properties of aerated grouting mortars with hollow aluminosilicate microspheres // Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining. – 2015. – № 14. – P. 13–17.
13. Substantiation of the use of aluminosilicate microspheres in grouting slurries for cementing methane-coal wells of Kuzbass / M.A. Baev, A.G. Shevtsov, A.E. Klesunov, K.G. Dyatlov // Technique and technology of construction and repair of oil and gas wells: Proceedings of the scientific and technical conference. Drilling of oil and gas wells. – Tyumen : TyumGNGU, 2015. – P. 109–112.
14. Pesterev S.V., Fatkhutdinov I.Kh., Datskov A.V. New additives for effective solutions of technological tasks in well cementing // Drilling and oil magazine. – 2010. – № 11. – P. 34–36.
15. Kozhevnikov R.O., Loginov M.A., Sas V.N. Theory and experience in the application of polycarboxylate plasticizer «WellFix P-100» produced by LLC Himprom // Drilling and oil magazine. – 2015. – № 6. – P. 41–42.