

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.66.19.006

УДК 622.817.49

© О.В. Тайлаков, Е.А. Уткаев, М.П. Макеев, Д.Н. Застрелов, С.В. Соколов, 2022

**О.В. ТАЙЛАКОВ**

д-р техн. наук, проф.,  
генеральный директор  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
главный научный сотрудник,  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: tailakov@nc-vostnii.ru



**Е.А. УТКАЕВ**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: utkaev@mail.ru

**М.П. МАКЕЕВ**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: makeev75@ya.ru

**Д.Н. ЗАСТРЕЛОВ**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово

**С.В. СОКОЛОВ**

научный сотрудник  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: dennn@kuzbass.net

## УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ШАХТ В КУЗБАССЕ

*Представлены анализ современных технологий и опыт утилизации шахтного метана. Рассмотрены современные тенденции развития этого направления. Приведена оценка возможности использования шахтного метана с учетом горно-геологических и горнотехнических условий на примере угледобывающего предприятия Кузбасса.*

Ключевые слова: ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ, ЭМИССИЯ МЕТАНА, ДЕГАЗАЦИЯ, УТИЛИЗАЦИЯ УГОЛЬНОГО МЕТАНА, РЕСУРСЫ МЕТАНА.

Для повышения безопасности ведения горных работ, внедрения энергоэффективных технологий и снижения выбросов парниковых газов в атмосферу угледобывающими предприятиями Кузбасса целесообразно расширенное внедрение утилизации шахтного метана. Мониторинг парниковых газов, которые выбрасываются в атмосферу угольни-

ми предприятиями, регламентируется Указом Президента России от 04 ноября 2020 года № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» и «Планом мероприятий по обеспечению к 2020 году сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 % объема указанных выбросов в 1990 г.», утвержденным Распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.04.2014 г. № 504-р. (с изменениями от 17.06.2016 г.). Кроме того, внедрение энергоэффективных технологий, использование возобновляемых источников энергии и снижение негативного влияния на климат определены Распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп «О климатической доктрине Российской Федерации» и «Энергетической стратегией России на период до 2030 года», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г.

Наибольшие объемы метана при угледобыче выбрасываются в атмосферу системой дегазации и вентиляции угольных шахт. При этом дегазационный метан при его содержании в метановоздушной смеси более 25 % может быть эффективно использован, например, для получения тепловой и электрической энергии.

Извлеченная метановоздушная смесь должна пройти очистку, осушку и обогащение для последующей переработки метана. Основными параметрами при выборе технологии утилизации метана являются его дебит, концентрация и наличие примесей в составе метановоздушной смеси [1–3].

Основными технологиями утилизации метановоздушной смеси с концентрацией  $\text{CH}_4$  30–60 %, которая характерна для смеси, извлекаемой дегазационными системами шахт, являются: деструкция в факельных системах, производство тепловой энергии в котельных, получение электрической энергии в газогенераторах или газотурбинных установках. Метановоздушная смесь с концентрацией метана более 60 %, помимо представленных вариантов, может быть использована для производства моторного топлива, поставки извлекаемого газа потребителю и получения

химических продуктов. Заметим, что вентиляционный метан из-за низкой концентрации (0–1 %) может быть переработан только в сложных дорогостоящих установках [4, 5].

Наиболее простым способом утилизации дегазационного метана при его концентрации более 25 % является его сжигание или деструкция в камерах сгорания факельных установок при температуре 1000–1200 °С. Существенным недостатком этого способа является то, что в процессе сокращения метана выбросов не производится генерация тепловой и/или электрической энергии.

Тепло, вырабатываемое в котельных установках при сжигании шахтного метана, может быть использовано угледобывающими предприятиями для отопления помещений и снабжения горячей водой. При этом кондиционная метановоздушная смесь используется как самостоятельно, так и совместно с углем. Котельная установка позволяет обеспечить снижение вредных выбросов в атмосферу и получение тепла при нагревании сетевой воды. В котельную метановоздушная смесь с концентрацией метана более 30 % поступает по надземному трубопроводу от скважин за счет работы дегазационных установок на базе водокольцевых или ротационных насосов. Котел и горелка оборудуются комплектами автоматики, обеспечивающей поддержание заданной температуры теплоносителя, контроль давления газа, тяги в газоходах и прекращение подачи газа при возникновении нештатных ситуаций, например, при загазованности помещения ( $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}$ ).

Когенерация энергии выполняется в контейнерных теплоэлектростанциях (КТЭС), в которых используются газопоршневые или газотурбинные установки. Контейнерная теплоэлектростанция включает также системы подачи газа, управления, охлаждения, отвода отработанных газов, подачи масла и вентиляции. Полученная электрическая энергия используется для нужд предприятия, а ее избыток поступает в общую сеть электроснабжения.

Альтернативным вариантом получения тепловой и электрической энергии является

ся использование газовой турбины. Принцип работы газовой турбины и двигателя внутреннего сгорания во многом схожи. В специальной камере сгорания осуществляется совместное сжигание газового топлива и очищенного атмосферного воздуха. Для повышения давления газа используется штатный встроенный дожимной компрессор. Покидая камеру сгорания, выхлопные газы, нагретые до температуры 926 °С попадают в колесо турбины, где, расширяясь, совершают работу, вращая его, колесо компрессора и ротор высокоскоростного синхронного генератора. Съем тепла осуществляется в котле-утилизаторе (газо-водяном теплообменнике), в котором сетевая вода нагревается до заданной температуры [6, 7].

Выбор технологии и технических характеристик системы утилизации шахтного метана определяется его ресурсами, оценка которых выполняется на основе положений, утвержденных российских и зарубежных методик [8–10]. При этом для известных плотности угля  $\rho(x, y)$ , мощности  $m(x, y)$ , зольности  $A(x, y)$ , влажности  $W(x, y)$  и метаноносности пласта  $\chi(x, y)$  в точках газового опробования с координатами  $(x, y)$  ресурсы метана угольного пласта определяются как сумма ресурсов метана в целиках  $s_j$  рассматриваемого угольного пласта:

$$V_i^{пласт} = \sum_{j=1}^n \iint_{s_j} f(x, y) dx dy, \quad (1)$$

где  $f(x, y) = m(x, y)\rho(x, y)\chi(x, y) \cdot$

$$\left(1 - \frac{A(x, y) + W(x, y)}{100}\right), \quad j = \overline{1, n}, \quad n — \text{количество}$$

целиков в  $i$ -ом пласте.

Одной из первых систем утилизации шахтного метана, внедренных в Кузбассе, была мини-теплоэлектростанция в контейнерном исполнении мощностью 1 МВт, установленная на шахте «им. С.М. Кирова» (рис. 1). Реализация пилотного проекта характеризовалась принятием оригинальных проектных решений, которые включали разработку и обоснование технологической схемы переработки шахтного метана, выбор оборудования для переработки дегазационного метана.

При этом анализ режимов функционирования мобильной дегазационной станцией (МДУ) (рис. 2), предназначенной для извлечения метановоздушной смеси через скважины выработанного пространства, показал, что:

- по мере отработки выемочного участка среднесуточная концентрация  $CH_4$  в смеси при среднем расходе 110 м<sup>3</sup>/мин. изменялась в пределах 30,3–74,7 %;

- средний расход извлекаемого метана при его 100 % концентрации составлял 53,6 м<sup>3</sup>/мин.



до 0,9 млн МВт-час электроэнергии в газопоршневых электростанциях.

В дальнейшем планируется разработать проектную документацию, выполнить оцен-

ку сокращения выбросов шахтного метана при его утилизации для получения тепловой и электрической энергии и приступить к реализации проекта.

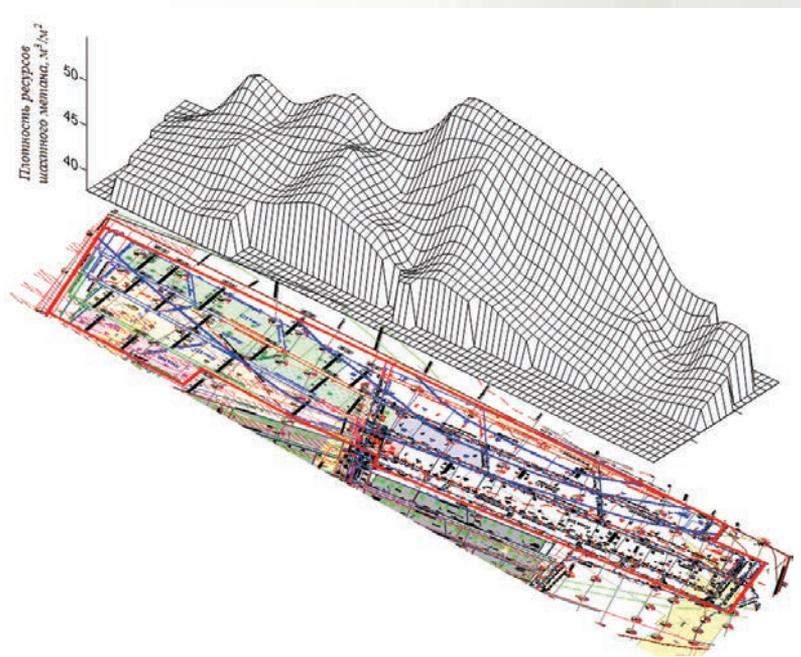


Рис. 3. Трехмерное представление плотности ресурсов метана угольного пласта

Таблица 1

Ресурсы угольного метана угледобывающего предприятия Кузбасса

Условное обозначение угольного пласта	Общие ресурсы метана, млн м <sup>3</sup>	Извлекаемые запасы (при $K_{дег.} = 0,4$ ), млн м <sup>3</sup>
«А»	226,74	90,69
«Б»	207,87	83,15
«В»	203,39	81,36
«Г»	105,28	42,11
Итого:	<b>743,28</b>	<b>297,31</b>

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Дурнин М.К. Разупрочнение угольного пласта в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. № 4 (1008). С. 40–42.
2. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И. Мониторинг параметров гидродинамического воздействия на угольный пласт в шахтных условиях // Наука и техника в газовой промышленности. 2018. №1 (73). С. 88–90.
3. Тайлаков О.В., Смыслов А.И., Уткаев Е.А. Оценка фильтрационных свойств угольных пластов // «Газовая промышленность». Спец. выпуск. 2012. № 672. С. 24–25.
4. Assessment of the Worldwide Market Potential for Oxidizing Coal Mine Ventilation Air Methane // EPA 430-R-03-002. July 2003. 132 p.

5. Садов А.П., Костеренко В.Н., Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Застрелов Д.Н., Смыслов А.И. Опыт использования вентиляционного метана в качестве дополнительного топлива для двигателей внутреннего сгорания // Уголь. 2015. № 12 (1077). С. 61–67.
6. Fu, X., Qin, Y., Wang, G.G.X., Rudolph, V., Evaluation of gas content of coalbedmethane reservoirs with the aid of geophysical logging technology // Fuel. 2009. Vol. 88. P. 2269–2277.
7. Hindistan A.M., Tercan E.A., Ünver B. Geostatistical coal quality control in Longwall mining // Int. J. Coal Geol. 2010. Vol. 81. P. 139–150.
8. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М.: Недра, 1977. 96 с.
9. Временные методические требования к геолого-экономической оценке и подсчету запасов метана в угольных пластах. Госком по запасам полезных ископаемых при Совмине СССР. М, 1987. 11 с.
10. Schultz K. An Overview of the Global Market for CBM & CMM // Australian Coal Seam and Mine Methane Conference, 25 June 2002. Sydney. Australia. P. 40.
11. Артемьев В.Б., Костеренко В.Н., Садов А.П., Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Уткаев Е.А. Извлечение и переработка угольного метана. М.: «Горное дело», 2016. Сер. Библиотека горного инженера. Том 9. Книга 4 «Рудничная аэрология». 208 с.
12. Тайлаков О.В., Застрелов Д.Н., Уткаев Е.А., Соколов С.В., Кормин А.Н., Смыслов А.И. Направления утилизации шахтного метана // Вестник КузГТУ. 2015. № 6. С. 62–67.

---

**DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.66.19.006**

**UDC 622.817.49**

**© O.V. Tailakov, E.A. UtkaeV, M.P. Makeev, D.N. Zastrelov, S.V. Sokolov, 2022**

**O.V. TAILAKOV**

Doctor of Engineering Sciences, Professor,

General Director

JSC «NC VostNII», Kemerovo

Chief Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: tailakov@nc-vostnii.ru

**E.A. UTKAEV**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: utkaev@mail.ru

**M.P. MAKEEV**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: makeev75@ya.ru

**D.N. ZASTRELOV**

Candidate of Engineering Sciences,  
Senior Researcher  
Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

**S.V. SOKOLOV**

Research Associate  
Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo  
e-mail: dennn@kuzbass.net

**PROCESSING OF MINE METHANE IN KUZBASS**

*Analysis of modern technologies and experience in utilization of mine methane are presented. Current trends in the development of this area are considered. An assessment of the possibility of using mine methane taking into account mining, geological and mining technical conditions is presented on the example of the coal mining enterprise of Kuzbass.*

Keywords: GREENHOUSE GASES, METHANE EMISSION, DEGASSING, COAL METHANE UTILIZATION, METHANE RESOURCES.

**REFERENCES**

1. Klishin V.I., Kokoulin D.I., Kubanychbek B., Durnin M.K. Softening of the coal seam as a method of intensification of methane release // Coal [Ugol]. 2010. No. 4 (1008). P. 40–42. [In Russ.].
2. Tailakov O.V., Utkaeв E.A., Smyslov A.I. Monitoring of parameters of hydrodynamic impact on the coal seam in mine conditions // Science and technology in the gas industry [Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti]. 2018. No. 1 (73). P. 88–90. [In Russ.].
3. Tailakov O.V., Smyslov A.I., Utkaeв E.A. Evaluation of filtration properties of coal seams // «Gas industry». Special Issue. 2012. No. 672. P. 24–25. [In Russ.].
4. Assessment of the Worldwide Market Potential for Oxidizing Coal Mine Ventilation Air Methane // EPA 430-R-03-002. July 2003. 132 p.
5. Sadov A.P., Kosterenko V.N., Tailakov O.V., Utkaeв E.A., Zastrelov D.N., Smyslov A.I. The experience of using ventilation methane as an additional fuel for internal combustion engines // Coal [Ugol]. 2015. No. 12 (1077). P. 61–67. [In Russ.].
6. Fu, X., Qin, Y., Wang, G.G.X., Rudolph, V., Evaluation of gas content of coalbedmethane reservoirs with the aid of geophysical logging technology // Fuel. 2009. Vol. 88. P. 2269–2277.
7. Hindistan A.M., Tercan E.A., Ünver B. Geostatistical coal quality control in Longwall mining // Int. J. Coal Geol. 2010. Vol. 81. P. 139–150.
8. Instructions for determining and predicting the gas content of coal seams and host rocks during geological exploration. M.: Nedra, 1977. 96 p. [In Russ.].
9. Temporary methodological requirements for geological and economic assessment and calculation of methane reserves in coal seams. State Committee on Mineral Reserves under the Council of Ministers of the USSR. M, 1987. 11 p. [In Russ.].
10. Schultz K. An Overview of the Global Market for CBM & CMM // Australian Coal Seam and Mine Methane Conference, 25 June 2002. Sydney. Australia. P. 40.
11. Artemyev V.B., Kosterenko V.N., Sadov A.P., Tailakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaeв E.A. Extraction and processing of coal methane. M.: «Mining», 2016. Ser. Library of a mining engineer. Volume 9. Book 4 «Mining aerology». 208 p. [In Russ.].
12. Tailakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaeв E.A., Sokolov S.V., Kormin A.N., Smyslov A.I. Directions of mine methane utilization // Bulletin of KuzSTU [Vestnik KuzGTU]. 2015. № 6. P. 62–67. [In Russ.].