

**ГЕОМЕХАНИКА, РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД, РУДНИЧНАЯ  
АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА  
GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION,  
MINE AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS**

Научная статья

УДК 542.73, 543.272.71, 622.411.33  
DOI: 10.26730/1999-4125-2022-5-40-47

**СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННОГО И  
КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УГОЛЬНОГО МЕТАНА КУЗБАССА**

Тайлаков Олег Владимирович<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>АО «НЦ ВостНИИ»

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН

\*для корреспонденции: oleg2579@gmail.com



**Информация о статье**

Поступила:  
22 сентября 2022 г.

Одобрена после  
рецензирования:  
01 октября 2022 г.

Принята к публикации:  
11 октября 2022 г.

**Ключевые слова:**

метан, дегазация, уголь,  
утилизация, эмиссия.

**Аннотация.**

Выполнена ретроспективная оценка эмиссии угольного метана в Кузбассе при добыче угля подземным и открытым способом, а также последующем обращении с углем, извлеченным на угольных шахтах. Представлен прогноз ежегодной эмиссии угольного метана в регионе. Методом газовой хроматографии изучено содержание водорода, кислорода, оксида углерода, диоксида углерода, метана, этана, этилена, ацетилен, пропана, пропилена, бутана и изобутана в газовых смесях, отобранных в шахтных условиях в горных выработках, выработанном пространстве и угольном пласте. Показано, что наибольшие объемы метана выводятся из угольных шахт системами проветривания при его незначительных концентрациях в метановоздушной смеси. Обсуждаются перспективные направления переработки угольного метана, включая получение тепловой и электрической энергии и утилизацию низкоконцентрированного вентиляционного метана.

**Для цитирования:** Тайлаков О.В. Сопоставительный анализ качественного и количественного состава угольного метана Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 5 (153). С. 40-47. doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-40-47

Угольная промышленность в Кемеровской области – Кузбассе является одним из основных драйверов социально-экономического развития региона. На временном интервале 2010-2021 гг. общий объем добычи угля в Кузбассе увеличился на 16% со 185,5 до 243,1 млн т. При этом ввиду более безопасной добычи угля открытым способом по сравнению с подземным способом происходит постепенное снижение доли объемов добычи угля угольными шахтами относительно добычи угля разрезами. Так, в 2010 г. подземным способом добывалось 43%, а в 2021 г. – 35% от общей добычи угля в регионе.

Учитывая общемировую тенденцию возрастающего спроса на энергоресурсы и основные

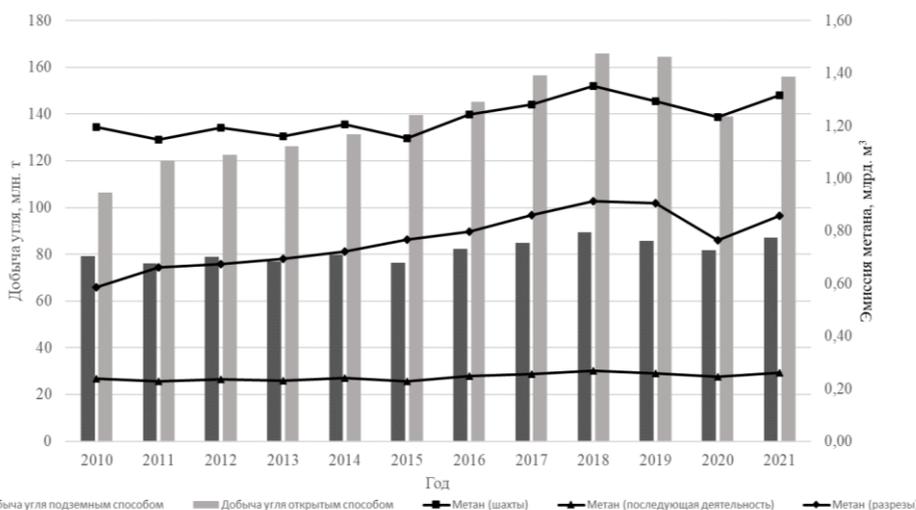


Рис. 1. Добыча угля и эмиссия угольного метана в Кузбассе

Fig. 1. Coal mining and coal methane emissions in Kuzbass

положения Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года [1], ожидается, что к 2035 году общая добыча угля в Кузбассе увеличится до 284 млн т в 2025 г., 295 млн т в 2030 г. и 297 млн т в 2035 г. При этом в предположении линейного снижения доли подземного способа в общем объеме добычи угля, открытым способом будет добываться 195,29 млн т в 2030 г., 211,67 млн т в 2035 г. и 221,98 млн т в 2035 г.

Добыча угля и последующее обращение с ним сопровождается эмиссией метана, который является парниковым газом с потенциалом глобального потепления, превышающего в 21 раз этот показатель для углекислого газа [2], и вместе с тем может быть эффективно использован для производства химических продуктов, тепловой и электрической энергии. Поставлена задача дать ретроспективный и прогнозный анализ объемов угольного метана, который выбрасывается в атмосферу при угледобыче, транспортировке и обогащении угля, и определить компонентный состав газов метановоздушной смеси, извлекаемой на угольных шахтах Кузбасса.

Для оценки объемов выбросов метана в Кузбассе приняты усредненные коэффициенты для добычи угля подземным способом и последующего обращения угля, извлеченного таким способом, –  $15,1 \text{ м}^3/\text{т}$  и  $3 \text{ м}^3/\text{т}$ . Коэффициенты выбросов  $\text{CH}_4$  при добыче угля открытым способом приняты –  $5,5 \text{ м}^3/\text{т}$  [3, 4]. Отработка в регионе высокогазоносных запасов угля, залегающего на больших глубинах, подземным способом характеризуется существенно большими объемами выбросов метана, чем при добыче угля открытым способом (рис. 1).

В совокупном объеме в угледобывающей промышленности Кузбасса ежегодно выделяется более 2 млрд  $\text{м}^3$  метана. При этом наибольший объем выбросов метана в 2,53 млрд  $\text{м}^3$  наблюдался в последнюю декаду 2018 г., когда были достигнуты рекордные показатели по добыче угля в 255,3 млн т в Кемеровской области. В предположении продолжающегося снижения доли подземного способа в общей добыче угля выбросы метана в угледобывающей промышленности Кузбасса в 2035 г. будут составлять 2,58 млрд  $\text{м}^3$  в год.

Исследования компонентного состава рудничного воздуха проводились на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» с четырьмя детекторами (ПВД, ДТД). В измерениях определялась объемная концентрация водорода, кислорода, оксида углерода, диоксида углерода, метана, этана, этилена, ацетилена, пропана, пропилена, бутана и изобутана. Пробы отбирались в резиновые шары и доставлялись в лабораторию для определения содержания этих газов в метановоздушной смеси. Всего было отобрано 30 проб (табл. 1). При этом 20 проб было отобрано в горных выработках угольных шахт, 8 – в выработанном пространстве и 1 проба в скважине, пробуренной в угольный пласт.

Для обеспечения безопасности на угольных шахтах в Кузбассе применяют вентиляцию горных выработок с помощью мощных вентиляторов главного проветривания для вывода разбавленного воздухом метана на поверхность, а также дегазацию угольных пластов и

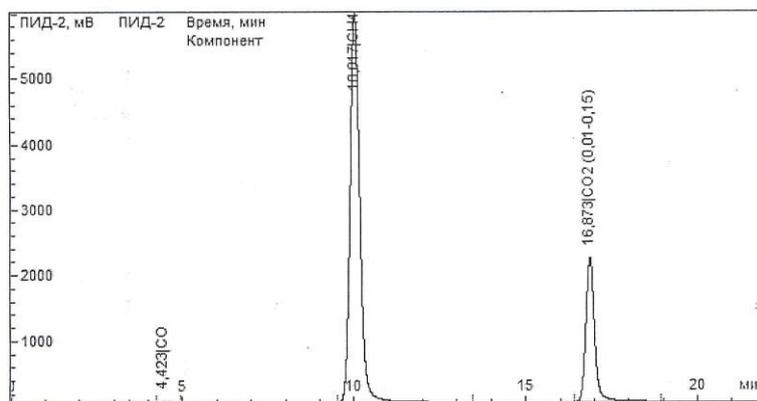


Рис. 2. Пример хроматограммы рудничных газов  
 Fig. 2. Example of mine gases chromatogram

выработанных пространств посредством скважин, пробуренных из горных выработок либо с поверхности. Для откачивания дегазационного метана используют водокольцевые или сухие ротационные вакуум-насосы. Применение аппаратуры аэрогазового контроля обеспечивает непрерывный мониторинг концентрации метана и скорости потока метановоздушной смеси. Концентрация дегазационного и вентиляционного метана в метановоздушной смеси на практике составляет 25–70% и менее 0,75%. При этом большая часть метана, от 70 до 90%, выводится на поверхность действующими вентиляционными системами угольных шахт [5–7].

На основе измерений компонентного состава рудничных газов (рис. 2) установлено, что содержание метана в горных выработках угольных шахт (пробы 1–20) соответствует требованиям безопасности и изменяется от 0,001 до 1,950%. Низкие концентрации метана в шахтной атмосфере обусловлены разбавлением метановоздушной смеси воздухом (содержание кислорода от 19,8% до 20,7%) с помощью вентиляционных систем угольных шахт. При этом содержание предельных углеводородов и водорода изменяется от менее 0,00001% до 0,000174% и от менее 0,0000% до 0,00049%. В 8 пробах рудничных газов, отобранных в выработанном пространстве, содержание метана изменяется от 5,1% до 63,8%. При этом содержание предельных углеводородов и водорода изменяется от менее 0,00001% до 0,00041% и от менее 0,00001% до 0,00173%. Установлено, что содержание кислорода в выработанном пространстве ниже, чем в горных выработках, и изменяется от 1,8% до 19,4%. В пробе газов, отобранных непосредственно из угольного пласта, зарегистрировано высокое содержание метана – 82,9%, низкое содержание предельных углеводородов (менее 0,00001%) и кислорода – 2,2%. Во всех пробах смеси газов обнаружены  $\text{CO}_2$  в концентрации от 0,01% до 11,06% и  $\text{CO}$  – от 0,00023% до 0,00098%.

Объемы и количественный состав угольного метана, извлекаемого средствами дегазации и вентиляции при добыче угля подземным способом, достаточны для переработки этого газа в Кузбассе. При этом утилизация метана позволяет существенным образом снизить его выбросы в атмосферу. Варианты применения технологий утилизации шахтного метана включают получение химических продуктов [8, 9], производство тепловой и электрической энергии [10], деструкцию метана [11] и зависят от его концентрации в метановоздушной смеси (табл. 2). Инновационные технологии переработки шахтного метана в факельных, котельных и газомоторных установках успешно внедряются на угледобывающих предприятиях для получения тепловой и электрической энергии. Вместе с тем метан, выбрасываемый системами вентиляции с концентрацией менее 1%, составляет до 80% общешахтных выбросов. В связи с этим снижение выбросов метана в атмосферу из систем вентиляции и управление газовыделением являются одними из перспективных направлений использования метана, эмиссия которого сопровождает процессы угледобычи, что в совокупности с наличием достаточно эффективных технологий утилизации шахтного метана со средними и высокими качественными характеристиками предопределяет особенности развития методов утилизации  $\text{CH}_4$ .

На основе анализа зарубежного и российского опыта переработки шахтного метана можно

Таблица 1. Состав газов угольных шахт Кузбасса, % об.  
Table 1. Composition of coal mine gases in Kuzbass, % vol.

№ пробы	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
<i>Шахтная атмосфера</i>												
1	0,13102	20,11231	0,00057	<0,00010	0,36122	0,00005	<0,00001	<0,00001	0,00004	<0,00001	0,00006	0,00003
2	0,08257	20,03694	0,00056	<0,00010	0,35019	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
3	0,18143	20,15431	0,00069	<0,00010	0,77546	0,00010	<0,00001	<0,00001	0,00005	<0,00001	0,00006	0,00001
4	0,05439	20,38764	0,00062	<0,00010	0,00137	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
5	0,18701	20,73508	0,00098	<0,00010	0,73809	0,00019	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
6	0,25020	20,55430	0,00086	<0,00010	0,36091	0,00005	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
7	0,13299	20,58619	0,00073	<0,00010	1,11288	0,00022	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
8	0,18165	20,69832	0,00068	<0,00010	0,03054	0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
9	0,14388	20,44503	0,00077	<0,00010	0,80417	0,00017	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
10	0,06061	20,65782	0,00054	<0,00010	0,01818	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
11	0,06074	20,54555	0,00055	<0,00010	0,02382	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
12	0,07321	20,46878	0,00054	0,00033	0,26299	0,00003	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00001
13	0,06809	20,43256	0,00055	0,00038	0,76032	0,00017	<0,00001	<0,00001	0,00003	<0,00001	<0,00001	0,00001
14	0,06145	20,51187	0,00051	0,00052	0,53104	0,00009	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
15	0,06273	20,69531	0,00055	<0,00010	0,41935	0,00007	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
16	0,01358	20,57146	0,00055	<0,00010	0,97015	0,00017	<0,00001	<0,00001	0,00003	<0,00001	<0,00001	0,00001
17	0,23949	19,84435	0,00068	0,00016	1,73241	0,00027	<0,00001	<0,00001	0,00002	<0,00001	<0,00001	0,00001
18	0,23357	19,87702	0,00064	<0,00010	1,69436	0,00027	<0,00001	<0,00001	0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
19	0,22427	19,80309	0,00062	<0,00010	1,72025	0,00027	<0,00001	<0,00001	0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
20	0,07852	20,0031	0,00085	<0,00010	1,95073	0,000100	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
<i>Выработанные пространство</i>												
21	11,06213	1,82921	0,00023	<0,00010	21,81173	0,00893	<0,00001	<0,00001	0,00140	<0,00001	0,00104	0,00085
22	2,40004	4,40457	0,00037	0,00071	63,82302	0,02802	<0,00001	<0,00001	0,00373	<0,00001	0,00175	0,00020
23	6,46443	5,27011	0,00039	<0,00010	32,40654	0,00343	<0,00001	<0,00001	0,00023	0,00002	0,00032	<0,00001
24	6,97409	4,23093	0,00035	<0,00010	34,21033	0,00362	<0,00001	<0,00001	0,00024	0,00002	0,00034	<0,00001
25	0,56371	3,86138	0,00039	0,00041	26,41374	0,04521	<0,00001	<0,00001	0,00290	<0,00001	0,00041	0,00009
27	0,64014	2,83252	0,00026	0,00177	28,10591	0,02282	<0,00001	<0,00001	0,00094	<0,00001	0,00030	0,00007
28	0,06217	19,46497	0,00074	<0,00010	5,10301	0,00034	<0,00001	<0,00001	0,00004	<0,00001	<0,00001	<0,00001
29	0,20201	6,23381	0,00126	0,00144	53,30046	0,04801	<0,00001	<0,00001	0,00822	<0,00001	0,00265	0,00043
<i>Угольный пласт</i>												
30	0,07312	2,22241	0,00026	<0,00010	82,92751	0,00360	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001

Таблица 2. Условия выбора технологии утилизации угольного метана в зависимости от его содержания в метановоздушной смеси

Table 2. Conditions for choosing a technology for the utilization of coal methane, depending on its content in the methane-air mixture

Технология утилизации	Концентрация метана
<i>Высокое содержание метана</i>	
Факельная установка	> 25 %
Котельная	> 30 %
Газогенератор	> 30 %
Производство химических продуктов	> 35 %
<i>Обедненное содержание метана</i>	
Установка термального окисления	≤ 1,5 %
Поддувка котельной или газогенератора	≤ 2 %

заклучить, что из представленных выше наилучшей доступной технологией утилизации метана является использование шахтного метана для получения тепловой и электрической энергии в мобильных комплектных теплоэлектростанциях, в которых генерация электроэнергии осуществляется путем использования газогенераторов для переработки высококонцентрированного дегазационного метана. Такие установки могут быть использованы для переработки вентиляционного метана при его смешивании с дегазационным метаном. Для сокращения выбросов метана в атмосферу с целью снижения углеродного следа угледобывающей промышленности целесообразно применение факельных установок, совмещенных с сухими ротационными насосами, которые используются для извлечения дегазационного метана. Перспективным направлением утилизации фугитивных выбросов метана является утилизация этого газа, извлекаемого вентиляционными системами угольных шахт, в установках регенеративного термического окисления [12] или каталитического дожигания обедненных метановоздушных смесей [13].

В выполненных обобщенных оценках эмиссии метана при угледобыче открытым и подземным способом, а также последующем обращении с углем, добытым на угольных шахтах Кузбасса, показано, что ежегодные выбросы угольного метана в крупнейшем угледобывающем регионе России превышают 2,5 млрд м<sup>3</sup>. Ожидается, что рост объемов угледобычи будет сопровождаться увеличением ежегодной эмиссии угольного метана до 2,58 млрд м<sup>3</sup> к 2035 г. В измерениях компонентного состава рудничных газов методом хроматографии установлено, что содержание метана в горных выработках и выработанных пространствах угольных шахт изменяется от 0,001 до 1,950% и от 5,1% до 63,8%. При этом концентрация метана в смеси газов, извлеченной из угольного пласта, составляет 82,9%. На основе сопоставительного анализа качественного и количественного состава угольного метана Кузбасса обосновано, что этот газ может быть эффективно использован для производства электрической и тепловой энергии, химических продуктов. Учитывая существенные объемы метана, извлекаемые вентиляционными системами угольных шахт, одним из перспективных направлений развития переработки угольного метана является совершенствование и внедрение технологий утилизации обедненных метановоздушных смесей.

Благодарности:

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20040, <https://rscf.ru/project/22-13-20040/> и от Региона - Кемеровская область – Кузбасс соглашение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/docs/39871> (дата обращения: 02.09.2022).
2. Global Warming Potentials (IPCC Second Assessment Report). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> (дата обращения: 02.09.2022).

3. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/ofitsialnye\\_dokumenty/140995/?sphrase\\_id=325172](https://www.mnr.gov.ru/docs/ofitsialnye_dokumenty/140995/?sphrase_id=325172) (дата обращения: 02.09.2022).
4. Tailakov O. V., Zastrelov D. N. Greenhouse gas emissions inventory in a coal mining region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Novokuznetsk, Virtual, 2021. P. 012020.
5. Захаров В. Н., Рубан А. Д., Забурдяев В. С. Метан угольных пластов: ресурсы, проблемы извлечения, способы утилизации // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 3(38) С. 49-57.
6. Захаров В. Н. [и др.] Шахтный метан: проблемы извлечения и утилизации / Сибирская угольная энергетическая компания. М. : «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2014. 256 с.
7. Захаров В. Н., Рубан А. Д., Забурдяев В. С. Интегрированная технология извлечения и утилизации шахтного метана при высокоинтенсивной разработке газоносных угольных пластов // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: Труды конференции с участием иностранных ученых, Новосибирск, 2010. Новосибирск : Институт горного дела СО РАН, 2010. С. 41-46.
8. Исмагилов З. Р. Биметаллический Ni-Co-содержащий катализатор для сухого риформинга метана в синтез-газ // Химия в интересах устойчивого развития. 2019. Т. 27. № 6. С. 584-589.
9. Исмагилов З. Р. [и др.] Конверсия метана в ценные химические продукты в присутствии наноструктурированных мо/ZSM-5 катализаторов // Нефтехимия. 2011. Т. 51. № 3. С. 186-198.
10. Тайлаков О. В. [и др.] Направления утилизации шахтного метана // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 6 (112). С. 62-67.
11. Артемьев В. Б. [и др.] Извлечение и переработка угольного метана. М. : Горное дело, 2016. 208 с.
12. Метан из угольных шахт: возможности сокращения выбросов, совершенствования сбора и утилизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://globalmethane.org/documents/coal\\_fs\\_rus.pdf](https://globalmethane.org/documents/coal_fs_rus.pdf) (дата обращения: 02.09.2022).
13. Носков А. С., Пармон В. Н. Каталитические технологии для расширения топливно-сырьевой базы России за счет нетрадиционных источников углеродсодержащего сырья // Газохимия. 2008. № 2. С. 20-24.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Тайлаков Олег Владимирович**, генеральный директор, АО «НЦ ВостНИИ», (650002, Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, 3), главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН, (650065, Россия, г. Кемерово, Ленинградский пр., 10), [oleg2579@gmail.com](mailto:oleg2579@gmail.com)

*Заявленный вклад авторов:*

Тайлаков Олег Владимирович – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF COAL METHANE IN KUZBASS

Oleg V. Tailakov<sup>1,2</sup><sup>1</sup>JSC VostNII<sup>2</sup>Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

\*for correspondence: oleg2579@gmail.com



## Article info

Submitted:

22 September 2022

Approved after reviewing:

01 October 2022

Accepted for publication:

11 October 2022

**Keywords:** methane, degassing, coal, utilization, emission.

**Abstract.**

A retrospective assessment of the emission of coal methane in the Kuzbass during coal mining by underground and surface methods, as well as the subsequent handling of coal extracted from coal mines, are carried out. The forecast of annual emission of coal methane in the region is presented. The content of hydrogen, oxygen, carbon monoxide, carbon dioxide, methane, ethane, ethylene, acetylene, propane, propylene, butane and isobutane in gas mixtures taken under mine conditions in mine workings, goaf and coal seam is studied by gas chromatography. It is shown that the largest volumes of methane are removed from coal mines by ventilation systems at its low concentrations in the air-methane mixture. Promising areas of coal methane processing including production of thermal and electrical energy as well as utilization of low-concentration ventilation methane are discussed.

**For citation:** Tailakov O.V. Comparative analysis of the qualitative and quantitative composition of coal methane in Kuzbass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 5(153):40-47. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-40-47

## REFERENCES

1. Programma razvitiya ugol'noy promyshlennosti Rossii na period do 2035 goda. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://government.ru/docs/39871> (data obrashcheniya: 02.09.2022).
2. Global Warming Potentials (IPCC Second Assessment Report). [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> (data obrashcheniya: 02.09.2022).
3. Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu dobrovol'noy inventarizatsii ob'yema vybrosov pamikovykh gazov v sub'yektakh Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [https://www.mnr.gov.ru/docs/ofitsialnye\\_dokumenty/140995/?sphrase\\_id=325172](https://www.mnr.gov.ru/docs/ofitsialnye_dokumenty/140995/?sphrase_id=325172) (data obrashcheniya: 02.09.2022).
4. Tailakov O.V., Zastrel'ov D.N. Greenhouse gas emissions inventory in a coal mining region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Novokuznetsk, Virtual, 2021. P. 012020.
5. Zakharov V.N. Metan ugol'nykh plastov: resursy, problemy izvlecheniya, sposoby utilizatsii. *Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti*. 2009; 3(38):49-57.
6. Zaharov V.N. [ et al.] Shahtnyy metan: problemy izvlecheniya i utilizatsii / Sibirskaya ugol'naya energeticheskaya kompaniya. M.: «Gornoe delo», OOO «Kimmerijskij centr»; 2014.
7. Zakharov V.N. Integrirovannaya tekhnologiya izvlecheniya i utilizatsii shakhtnogo metana pri vysokointensivnoy razrabotke gazonosnykh ugol'nykh plastov. *Fundamental'nyye problemy formirovaniya tekhnogennoy geosredy: Trudy konferentsii s uchastiyem inostrannykh uchennykh*. Novosibirsk: Institut gornogo dela SO RAN; 2010.
8. Ismagilov Z.R. [ et al.] Bimetallicheskiy Ni-Co-soderzhashchiy katalizator dlya sukhogo riforminga metana v sintez-gaz / K. Dosumov, G. Ye. Yergaziyeva, M. M. Tel'bayeva [i dr.] // *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2019; 27(6):584-589.
9. Ismagilov Z.R. Konversiya metana v tsennyye khimicheskiye produkty v prisutstvii nanostrukturirovannykh mo/ZSM-5 katalizatorov. *Neftekhimiya*. 2011; 51(3):186-198.
10. Taylakov O.V. [ et al.] Napravleniya utilizatsii shakhtnogo metana. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015; 6(112):62-67.
11. Artem'yev V.B. [ et al.] Izvlecheniye i pererabotka ugol'nogo metana. M.: Gornoye delo; 2016.
12. Metan iz ugol'nykh shakht: vozmozhnosti sokrashcheniya vybrosov, sovershenstvovaniya sbora i utilizatsii

[Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [https://globalmethane.org/documents/coal\\_fs\\_rus.pdf](https://globalmethane.org/documents/coal_fs_rus.pdf) (data obrashcheniya: 02.09.2022).

13. Noskov A.S., Parmon V. N. Kataliticheskiye tekhnologii dlya rasshireniya toplivno-syr'yevoy bazy Rossii za schet netraditsionnykh istochnikov uglerodsoderzhashchego syr'ya. *Gazokhimiya*. 2008; 2:20-24.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Tailakov Oleg V.**, General Director, JSC VostNII, (650002, Russia, Kemerovo, Institutskaya St., 3), Chief Researcher, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (650065, Russia, Kemerovo, Leningradsky Ave., 10), [oleg2579@gmail.com](mailto:oleg2579@gmail.com)

*Contribution of the authors:*

Igor O. Krylov - research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

