

УДК 504.5.06

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art84

## **ПРОМЫСЛОВАЯ ДОБЫЧА МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В КУЗБАССЕ КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ УГРОЗ ЭКОСИСТЕМЕ**

Кудинов Е.В., ООО «Газпром добыча Кузнецк»

E-mail: kudinovev@list.ru

**Аннотация.** В статье освещены особенности добычи метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого, а также варианты его использования.

**Ключевые слова:** метан угольных пластов, утилизация метана, заблаговременная дегазация угольных пластов

## **COMMERCIAL PRODUCTION OF COAL BED METHANE AS A METHOD OF ECOSYSTEM THREATS REDUCING**

Kudinov E.V., JSC «Gazprom Dobycha Kuznetsk»

E-mail: kudinovev@list.ru

**Abstract.** The article highlights the features of the extraction of coal bed methane as an independent mineral, as well as options for its use.

**Keywords:** coal bed methane, methane utilization, preliminary coal bed degassing.

### **Введение**

Угленосные формации, как известно, являются крупнейшими источниками и местами накопления метана в земной коре. При этом метан в угольных пластах находится в сорбированном состоянии, в основном, в состоянии абсорбции, и, в меньшей мере, в форме адсорбции. Кроме этого, в незначительных объемах (единицы процентов) метан может находиться в свободном и водорастворенном состоянии. Помимо метана ниже зоны газового выветривания (содержание которого для условий центральной части Кузбасса составляет 92-94% и более) природные газы угольных пластов могут содержать углекислый газ – до 4-6%, азот, кислород, этан, пропан, бутан – до 1-2 %.

Угольные пласты с адсорбированным в них метаном представляют собой крупнейшие коллекторы, сложные природные образования, генетически и пространственно связанные системы органического вещества угля, сорбированного газа, газонасыщенных вод и природных трещин в угле (кливажа) [1].

По экспертным оценкам, мировые ресурсы метана угольных пластов оцениваются

в 260 трлн м<sup>3</sup>. Значительные его запасы сосредоточены в США, Китае, России, Австралии, ЮАР, Индии, Польше, Германии [2]. Многие из этих стран активно используют этот потенциал, законодательно поддерживают и развивают метаноугольную отрасль. Так в 2014-2017 годах в США добыча угольного метана была на уровне 35-37 млрд м<sup>3</sup>/год, в Австралии – 17-19 млрд м<sup>3</sup>/год, в Китае – 3-4 млрд м<sup>3</sup>/год.

С точки зрения добычи метана угольных пластов Россия представляется «спящим гигантом». Кузбасс – крупнейшая в России угольная провинция, где добывается 80% коксующихся углей страны. По этой причине здесь также сосредоточены огромные ресурсы угольного метана (13 трлн. м<sup>3</sup>, из них в пределах лицензионного отвода ООО «Газпром добыча Кузнецк» - 5,7 трлн. м<sup>3</sup>). На сегодняшний день на Государственном балансе числятся запасы метана угольных пластов (около 240 млрд. м<sup>3</sup> газа), определенные на основе проведенных исследований и пробной эксплуатации двух месторождений, подготовленных к опытно-промышленному освоению: Талдинского и Нарыкско-Осташкинского. Ресурсы еще одного высокоперспективного участка – Тутуяской площади (находится в настоящее время в стадии поисковых работ) – превышают потенциал этих месторождений, более того, на основе сейсмических работ на данном участке могут быть залежи и свободного метана в песчанистых пластах.

Каменноугольные и пермские отложения Кузбасса содержат до 250 пластов относительно выдержанных прослоев с суммарной мощностью до 390 м. В Кузнецком бассейне установлены угли всех марок – от бурых до антрацитов, но преобладают каменные, являющиеся основным объектом промышленной разработки. В Кузбассе есть пласты всех классов мощности: весьма тонкие (до 0,70 м), тонкие (0,71-1,20 м), средней мощности (1,21-3,50 м), мощные (3,51-15,00 м) и весьма мощные (более 15 м). Угольные пласты имеют разное строение: от простых (беспородных прослоев) и умеренно сложных (с наличием одного или двух-трех прослоев) до сложных и весьма сложных (с переслаиванием многочисленных прослоев угля и других пород). Внутрипластовые прослои и включения представлены аргиллитами, алевролитами, конкрециями, песчаниками. Большинство угольных пластов относятся к выдержанным и относительно выдержанным и сохраняют мощность, строение и петрографический состав на значительных площадях.

В ходе многолетних исследований установлено, что угленосные отложения Кузбасса характеризуются небольшой мощностью зоны газового выветривания угольных

пластов (от 40-50 до 100-150 м, достигая в отдельных случаях 250-270 м). Предельная метаноносность углей на глубинах 1200-1500 м составляет от 15-20 м<sup>3</sup>/т (длиннопламенные и газовые угли) до 35-45 м<sup>3</sup>/т (антрациты).

Геологические особенности бассейна (мощная толща осадков, большая угленосность, широкий диапазон метаморфизма углей и мощное газообразование в процессе углефикации, сохранение в недрах огромных ресурсов метана) явились объективными причинами организации в Кузбассе первого в России промысла по добыче метана из угольных пластов. Оценка запасов и добыча метана угольных пластов Кузбасса сопряжена с некоторыми специфическими трудностями экономического, геологического, организационно-хозяйственного и эксплуатационного характера.

Известно, что без определённых лабораторных исследований образцов пород и угля, невозможно рассчитать ряд основных технологических параметров для интенсификации притока и заканчивания скважин, правильно спланировать гидроразрывы пластов или оценить потенциальный дебит газа скважин.

В процессе изучения метаноугольных толщ проводятся стандартные методы оценки угольного вещества, как и для углеразведочных работ: геофизический каротаж скважин (с уклоном в сторону оценки анизотропии пласта по акустическим, электрическим свойствам), лабораторный технический анализ углей (определение содержания углерода, влажности, выхода летучих веществ и др.).

Кроме этого, при проведении разведочных работ на месторождениях в обязательном порядке проводятся исследования природной газоносности угольных пластов прямым методом (углегазовые пробы отбираются при помощи керногазонаборников и затем анализируются в лабораторных условиях). Газоносность пробы определяется как суммарный объем горючих газов всех этапов дегазации, отнесенный к весу сухой беззольной массы. Природная газоносность пласта принимается по максимальной газоносности достоверной пробы, отобранной в данном пластопересечении.

Раньше (в 2014 году) не было возможности проводить некоторые важнейшие для технологии добычи метана из угольных пластов лабораторные исследования в России. В частности, изотермические исследования проводились за границей (в Китайском университете геолого-геофизических исследований). На текущий момент уже имеется возможность быстро и качественно оценивать газопромысловые характеристики угольных

пластов в лаборатории АО «Метан Кузбасса» (г. Ленинск-Кузнецкий), на базе которой спроектирована, построена и сертифицирована установка для определения сорбционных характеристик угольных пластов.

По кривой изотермической адсорбции, где использовались показатели пластового давления и газоносности, вычислялась газонасыщенность пластов (поровый объем пласта заполненный непосредственно газом). Так, например, по результатам исследований проб, отобранных из скважин Нарыкско-Осташкинского месторождения, была определена газонасыщенность пласта 86-84 (от 63,84% до 71,25%), пласта 82 (62,17% до 68,07%), пласта 80 (71,03% до 75,62%); пласта 77-78 (62,97%).

Испытания пластов испытателями на трубах (КИИ) является также неотъемлемой и весьма важной частью проведения гидродинамических исследований в процессе бурения метанугольной скважины после вскрытия пласта, обеспечивает регистрацию изменения давления в интервале испытаний. Обработка кривых притока и восстановления давления позволяет установить гидродинамические параметры угольного пласта (проницаемость, гидропроводность).

До настоящего времени отработка утвержденных запасов осуществлялась скважинами, построенными с дневной поверхности на этапе разведочных и опытно-промышленных работ. ООО «Газпром добыча Кузнецк» в период 2009-2014 годов было построено 25 вертикальных скважин, 6 наклонно-направленных скважин (J-профиль), две скважины с горизонтальным окончанием с попаданием в ствол вертикальной скважины и пилотная S-образная скважина (рис. 1). Использовалась трехколонная конструкция скважин: направление (324 мм), кондуктор (245 мм), эксплуатационная колонна (168 мм), определенная горно-геологическими условиями.

Основным методом заканчивания метанугольных скважин до 2013 года в ООО «Газпром добыча Кузнецк» являлся гидроразрыв угольных пластов. В 2013 году впервые в Кузбассе был проведен многоступенчатый (многоинтервальный) гидроразрыв пластов с использованием гибких насосно-компрессорных труб. При производстве гидроразрыва угольного пласта были использованы щадящие жидкости разрыва: сшитый гель (с малой концентрацией гелланта и вредных химических компонентов) и водный раствор с использованием KCl; применялся более дешевый по сравнению с проллантом кварцевый песок. Для качественного и количественного изучения глинистых минералов в междуугольных пропластках и углях и подбора оптимального дизайна жидкостей ГРП были

проведены рентгенофазовые анализы. Данные технологии позволили не только снизить временные затраты на гидроразрыв (доведя время проведения процесса на скважине до одних суток), но и значительно снизить воздействие на экологию. Выбор наиболее перспективных пластов осуществляется на основе проводимых селективных гидродинамических исследований, оценки изменения температур в интервалах пластов при помощи оптоволоконных систем.

Добыча метана угольных пластов обычно требует обезвоживания пласта для снижения пластового давления (этот процесс в силу низкой проницаемости коллектора достаточно длителен и вывод скважин на установившийся режим может проходить от полутора до трех лет). Снижение давления способствует выделению свободного газа, что повышает газопроницаемость угля и облегчает миграцию газа в ствол скважины. Сброс давления высвобождает метан, адсорбированный углем, который затем через систему трещин поступает в ствол скважины. При этом важным фактором является темп осушения коллектора, поддержание оптимальной скорости создания депрессии на продуктивные пласты. В этом направлении ООО «Газпром добыча Кузнецк» были получены серьезные наработки, изучен и применен мировой опыт составления программ освоения и вывода на режим скважин.

Ключевые наработки были сделаны ООО «Газпром добыча Кузнецк» в вопросах управления скважинами и промыслом в целом на основе полной автоматизации технологического процесса: обеспечено автоматическое поддержание заданных значений забойного и затрубного давлений с возможностью дистанционной установки требуемых значений; разработаны технические решения типовой модульной обвязки скважины и автоматизированного вывода скважины на режим по заданной технологической программе освоения; опробована очистная установка для приведения качества сбрасываемых пластовых вод до возможности сброса в близлежащие водоемы.

В 2017 году в рамках опытно-промышленной разработки Нарыкско-Осташкинского месторождения ООО «Газпром добыча Кузнецк» было добыто 6,41 млн м<sup>3</sup> газа, из них использовано как на собственные нужды и на нужды сторонних организаций для выработки электрической энергии, заправки автомобилей – около 2,40 млн м<sup>3</sup> (оставшаяся часть добытого газа утилизирована через факелы низкого давления с целью недопущения эмиссии метана в атмосферу). Дебит газа в период эксплуатации разведочных единичных скважин достигал на месторождениях ООО «Газпром добыча

Кузнецк» уровня 9-11 тыс. м<sup>3</sup>/сутки (при среднем дебите газа на скважину 2,5-3 тыс. м<sup>3</sup>/сутки), сопоставимого с результатами эксплуатации скважин аналогичных конструкций за рубежом. С учетом эксплуатации скважин «по сетке» с формированием общего контура депрессионной воронки в пласте ежесуточный дебит газа может быть увеличен, по нашим оценкам, в 1,5 раза.

За весь период геологоразведочных работ с конца 2009 года ООО «Газпром добыча Кузнецк» было извлечено и использовано более 70 млн м<sup>3</sup> метана.

В рамках доразведки Нарыкско-Осташкинского месторождения планируется выполнить бурение скважин инновационных конструкций (многозабойные демонстрационные скважины), провести экономический анализ эффективности их применения и повышения продуктивности скважин при промышленной разработке метанугольных месторождений (рис. 2).

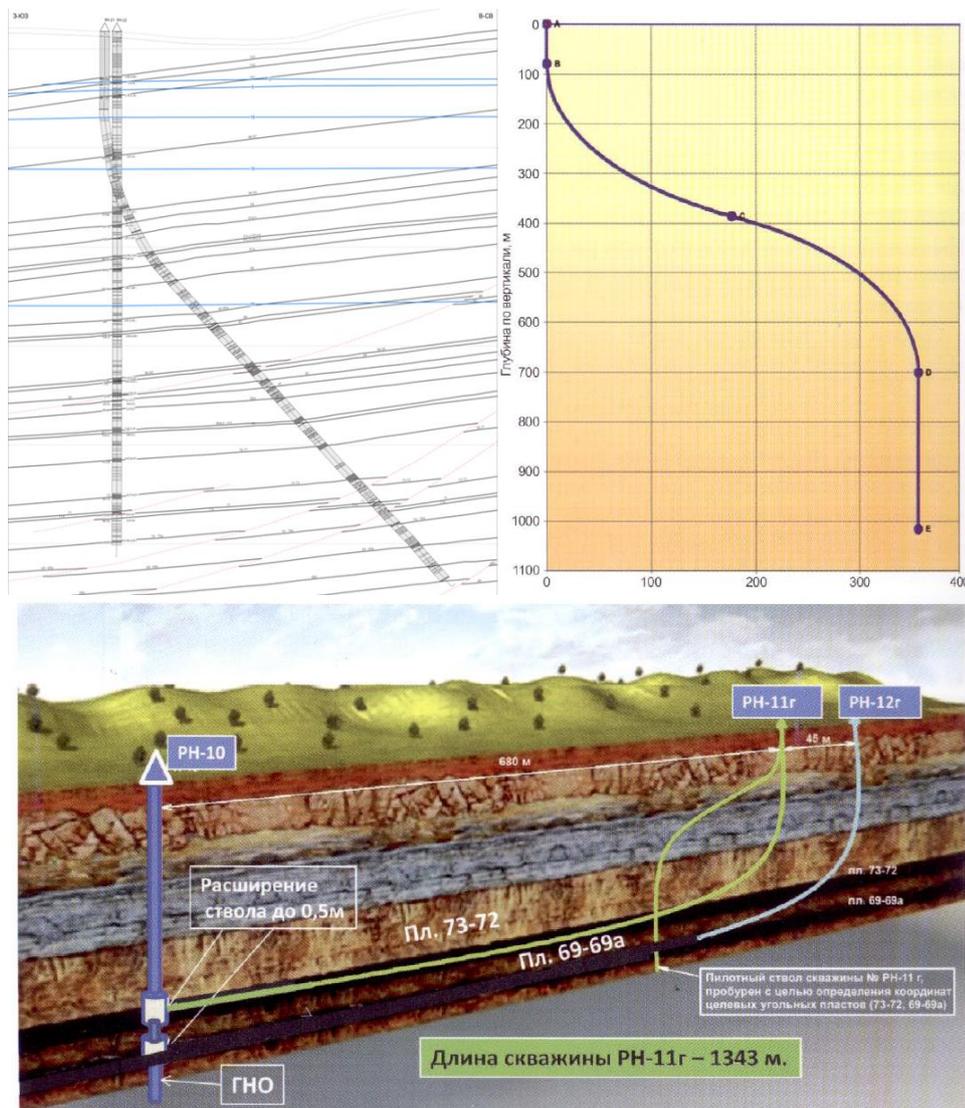


Рис. 1 – Схемы применяемых конструкций скважин

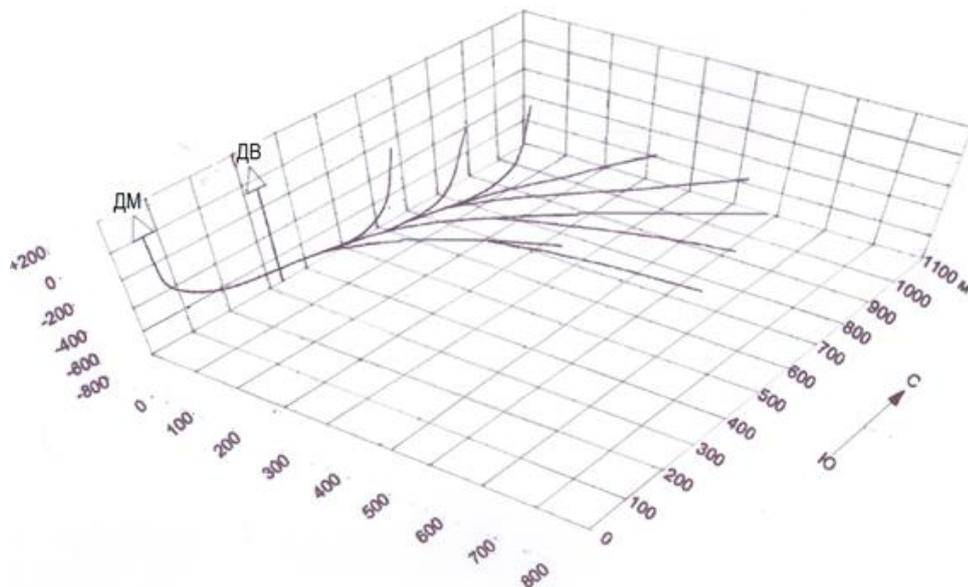


Рис. 2 – Схема расположения многозабойной и вертикальной скважин

Строительство демонстрационных скважин определено не только проектными решениями, но и Меморандумом о сотрудничестве, заключенным ООО «Газпром добыча Кузнецк» с китайской компанией Beijing Orion Energy Technology, которая является в настоящее время лидером Китая в части поиска и реализации технических решений по строительству и инжинирингу метаноугольных скважин сложных конструкций. При проектировании многозабойных скважин (по технологии и с привлечением компании Beijing Orion Energy Technology) их оптимальная конфигурация определяется исходя из общей длины субгоризонтального участка, расстояния между боковыми отводами и их количества. Более протяженный субгоризонтальный участок и боковые отводы увеличивают площадь контакта с угольным пластом, а значит и существенно влияют на приток газа в скважину. В 2018-2019 годах планируется бурение трех систем демонстрационных скважин (с суммарной проходкой по угольному пласту около 4000 м по каждой), результаты освоения которых позволят, как мы считаем, существенно улучшить экономику Проекта.

Высокая теплотворная способность угольного газа позволяет использовать его для отопления жилых помещений, производства электроэнергии и как топливо для автотранспорта. При этом наиболее приоритетными направлениями использования метана угольных пластов, добытого на первоочередных площадях в Кузбассе, на этапе промышленной разработки станут:

1. Производство и поставка СПГ потребителям, в том числе для крупнотоннажной карьерной техники угледобывающих предприятий.

2. Замещение северного природного газа, поставляемого в Кемеровскую область по системе магистральных газопроводов ПАО «Газпром».

3. Метан, добываемый из угольных пластов, является экономичным и экологически чистым источником получения тепловой и электрической энергии. Это актуально, поскольку Кемеровская область является энергодефицитным регионом (внутреннее потребление электроэнергии значительно превышает собственную выработку).

Одними из основных проблем, сопутствующих разработке угольных месторождений, является взрывоопасность метана, содержащегося в угольных пластах, а также его нерациональное использование вследствие выбросов метана в окружающую природную среду. Угольные шахты являются крупным источником выбросов метана – одного из парниковых газов, потенциал глобального потепления которого в 20 раз превышает соответствующий потенциал диоксида углерода. На сегодняшний день в атмосферу выбрасывается 95% метана, выделившегося при эксплуатации шахты. Добыча и использование метана угольных пластов может существенно сократить объемы его выделения в атмосферу угольными предприятиями [3].

В соответствии с расчетами, выполненными ОАО «Газпром промгаз» при актуализации в 2016 году «Генеральной схемы газоснабжения и газификации Кемеровской области», планируется снижение более чем в два раза выбросов в атмосферу вредных веществ (диоксидов азота, серы, углерода и др.) при газификации региона, в том числе существенная часть за счет добычи и использования метана угольных пластов.

Угольный газ приобретает все большую значимость в мире не только как дополнительный источник минерально-сырьевой базы углеводородов, но и как фактор снижения рисков газовых выбросов в шахтах и связанных с ними аварийных ситуаций.

До середины 1970-х годов общепринятым способом борьбы с метаном было проветривание горных выработок с помощью больших объемов воздуха. Однако с развитием подземного способа добычи и разработкой более метаноносных угольных пластов использование одной лишь системы вентиляции стало недостаточным (в период с 1992 по 2013 годы в результате аварий в России погибло 614 шахтеров). Горные работы шахт Кузбасса имеют градиент понижения глубины отработки 30-50 м/год, при этом с ростом глубины газоносность в угольных пластах существенно возрастает. Российский и

мировой опыт говорит о таком же синхронном росте (прогнозе роста) затрат на борьбу с газом на 7% на каждые 100 м понижения горных работ. Введение заблаговременной дегазации посредством бурения дегазационных скважин и вакуумного отсасывания газа позволило бы снизить нагрузку на системы вентиляции и дополнительно повлекло бы за собой увеличение производительности угольных шахт [4].

В мире (в США, Австралии, КНР и др.) существует опыт заблаговременного (за 5-10 лет) промышленного извлечения метана из угольных пластов до строительства и эксплуатации угольной шахты.

В настоящее время ООО «Газпром добыча Кузнецк» ведет совместную подготовительную работу по заблаговременной дегазации двух участков с угледобывающими компаниями: проектирование работ по шахте Отвальная Южная Глубокая (ООО «Разрез Южный») и участку Жерновскому Глубокому (ПАО «НЛМК»).

Существенный интерес угледобывающих компаний проявляется и к решениям по сбыту метана угольных пластов. Основной объем газа, добываемого ООО «Газпром добыча Кузнецк» на Талдинском и Нарыкско-Осташкинском метаноугольных месторождениях, планируется использовать для заправки карьерной техники угледобывающих предприятий (сжиженный природный газ), для чего планируется строительство завода по сжижению газа производительностью 45 тонн сжиженного топлива в час в районе поселка Тыхта Прокопьевского административного района (другой завод по производству СПГ для освоения ресурсов метана Тутуянской площади планируется в районе г. Междуреченск на юге Кемеровской области). По данному направлению уже сегодня ООО «Газпром газомоторное топливо» заключены предварительные соглашения (договоры) на поставку СПГ с основными угледобывающими компаниями региона (ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», ПАО «Южный Кузбасс», АО «ХК «СДС-уголь» и другие).

С учетом энергодефицита в регионе вновь вводимых и проектируемых угольных предприятий еще одним перспективным направлением взаимодействия является выработка из метана угольных пластов на газопоршневых электростанциях и поставка электроэнергии шахтам и разрезам, для этого уже подписаны предварительные договоры на поставки электрической энергии до 12,5 МВт с ООО «Ресурс», ООО «Разрез Южный». Излишки добываемого газа в период промышленной разработки планируется

реализовывать в магистральный газопровод Парабель-Кузбасс, а также на выработку электроэнергии для собственных нужд.

В результате полномасштабной реализации Проекта по добыче метана из угольных пластов в Кузбассе, на стадии промышленной разработки планируется достижение следующих целей:

- обеспечение конкурентоспособности угольного метана по сравнению с поставками природного газа с северных районов Тюменской области потребителям на юге Западной Сибири и перенаправление высвобождающихся поставок газа по магистральным газопроводам на приоритетные направления;

- расширение ресурсной базы добычи газа в регионе с развитой инфраструктурой и рынком сбыта газа, в том числе развитие сотрудничества в вопросах добычи и использования метана угольных пластов с угледобывающими предприятиями Кузбасса

- решение социальных аспектов, снижение опасности шахтёрского труда в регионе и, в будущем, в других бассейнах Российской Федерации за счёт заблаговременной (5-7 лет) дегазации угольных пластов с помощью технологий добычи метана угольных пластов;

- улучшение экологической обстановки в городах Кемеровской области за счёт использования метана в качестве газомоторного топлива на транспорте и снижения его эмиссии в атмосферу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Сторонский Н.М., Хрюкин В.Т., Митронов Д.В., Швачко Е.В.* Нетрадиционные ресурсы метана угленосных толщ // Российский химический журнал, 2008, том LI, № 6, стр. 63-72
2. *Аль-Джубори А., Джонстон Ш., Бойер Ч. и др.* Метан угольных пластов: чистая энергия для всего мира // Нефтегазовое обозрение, 2009, том 21, № 2, с. 4-17.
3. *Сай Е. С., Ганушевич К.А.* Утилизация шахтного метана и его транспортирование в газогидратном состоянии // Разробка родовищ: 3б. наук. пр., 2014, том 8, с. 299-307.
4. *Золотых С.С., Арнаутов В.С., Сурин Е.В.* Из недр кузбасских кладовых – горючий газ метан – Кемерово: АИ «Кузбассвуиздат», 2015. – 247 с., ил.