

УДК 553.98

Е.Д. Ковалёва, Ю.Б. Силантьев

## Направления повышения эффективности освоения нетрадиционных ресурсов газа

Освоение нетрадиционных ресурсов газа (НТРГ) требует разработки и внедрения новых (инновационных) геотехнологий поиска, разведки (в том числе методологии оценки ресурсов и запасов) и эксплуатации газосодержащих геологических объектов. В настоящее время в значительной мере используются накопленный опыт и инструментарий нефтегазовой и угольной отраслей промышленности. Однако геологическая текстура скоплений НТРГ требует формирования принципиально новых концепций и геотехнологий их освоения. С инновациями связаны перспективы развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) как индустриально развитых стран, так и стран, обедненных первичными энергоресурсами, но обладающих значительным потенциалом НТРГ.

Номенклатура нетрадиционных ресурсов углеводородов (НТРУВ) значительно шире, чем ее обычно представляют, так как она включает объекты, разработка которых нерентабельна при текущих геолого-экономических показателях. На рис. 1 представлена кластеризация НТРУВ. Первую группу составляют три базовых типа нетрадиционных ресурсов:

- угольный метан;
- сланцевый газ;
- газ низкопроницаемых (плотных) коллекторов.

Ресурсы этой группы в настоящее время широко осваиваются в Северо-Американском регионе и за его пределами.

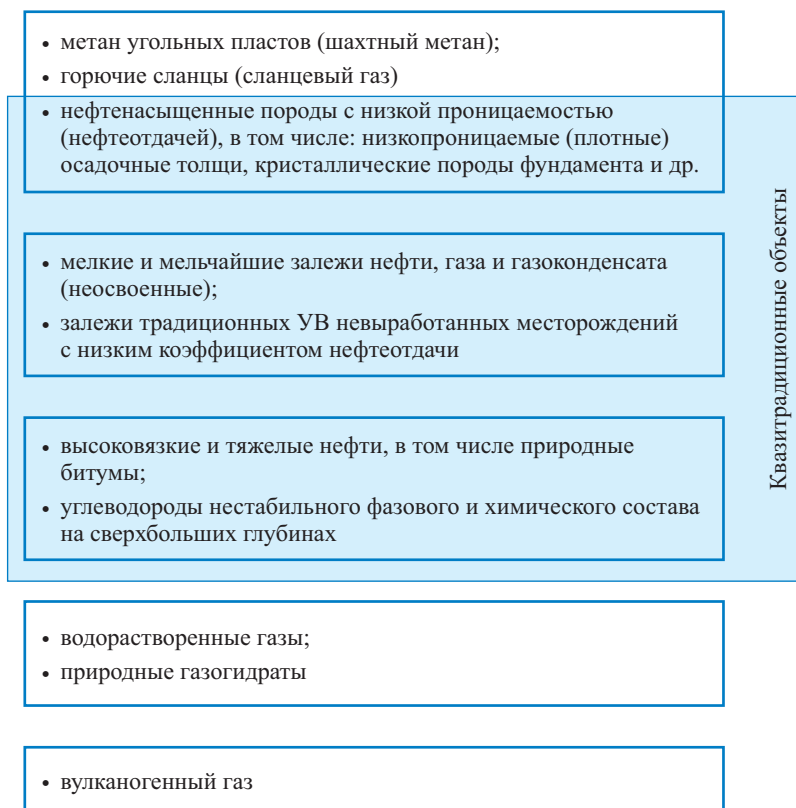


Рис. 1. Нетрадиционные ресурсы углеводородов

### Ключевые слова:

газ, нетрадиционные ресурсы, рентабельность, систематизация, геотехнология, стимулирование, анализ фискально-налогового права.

### Keywords:

gas, unconventional resources, profitability, systematization, geotechnology, promotion, analysis of fiscal and tax law.

Отметим, что нефтегазонасыщенные породы с низкой проницаемостью группируются в квазитрадиционные объекты, включающие малые месторождения, остаточные запасы выработанных и глубокопогруженных залежей и т.п. Освоение этих объектов возможно за счет методов вторичного и третичного воздействия на углеводородные системы природных резервуаров продуктивной части разреза. Освоение конкретного нетрадиционного источника углеводородного сырья требует адаптации под него геотехнологий поиска, разведки и разработки.

В настоящее время относительно неплохо идет освоение угольного метана, сланцевого газа и плотных пород (песчаников, мергелей и т.п.), для чего используются модернизированные технологии нефтегазодобывающей отрасли – Fast Drill, Multi zone Simulation Technology, Jast-in-time Perforation и др. [1].

Применение новых геотехнологий освоения НТРУВ требует принятия институциональ-

ных мероприятий, стимулирующих деятельность компаний-операторов. Эти мероприятия в геополитическом плане способствуют повышению надежности внутреннего газобеспечения (энергообеспечения) стран, в том числе за счет замещения импорта собственными ресурсами национального производства газа.

### Геотехнологии

Выделяются два основных направления геотехнологий освоения НТРУВ, связанных соответственно с увеличением результативности исследований и снижением затрат на их освоение (таблица).

В настоящее время нетрадиционные источники газа осваиваются, по мнению одного из авторов настоящей статьи, на основе концепции искусственных залежей (2004 г.) или их конверсии в искусственный газ в результате газификации углей, черносланцевых формаций и т.п. (рис. 2).

### Направления добычи нетрадиционных углеводородов [2]

Направление	Область внедрения технологий	1 год, %	25 лет, %
Технологическо-инвестиционное	Эффективность разведочных скважин	0,53	14
	Эффективность эксплуатационных скважин	0,41	11
	Начальный дебит	0,87	24
	Конечная добыча на одну скважину	0,74	20
Технологическо-экономическое	Затраты на бурение	1,81	37
	Затраты на освоение	1,37	39
	Затраты на строительство	1,18	26
	Фиксированные эксплуатационные затраты	1,00	22

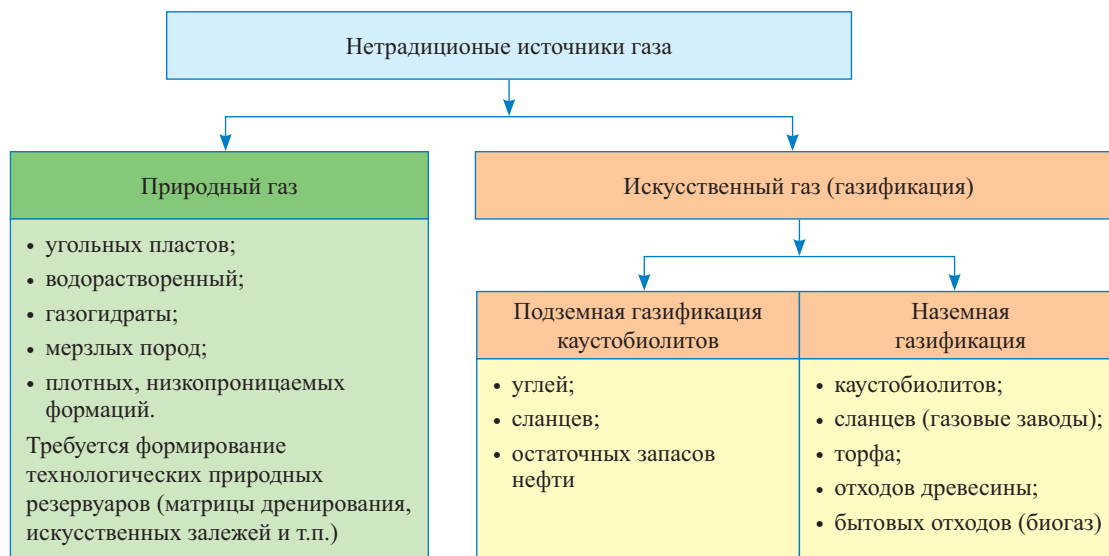


Рис. 2. Освоение нетрадиционных источников газа с получением его промышленных объемов

Методы получения искусственного газа начали развиваться в XIX столетии (производство светильного газа) и продолжились в первой половине XX (подземная газификация углей Подмосковного бассейна, сланцевые газовые заводы и т.п.). Очевидно, аналогичные методы (газификация каустобиолитов, труднодоступных залежей угля, нефти, сланцев, торфа, бытовых отходов, лесной и другой биомассы) приемлемы для получения генераторного газа или синтез-газа. Некоторые из этих методов (переработка отходов и т.п.) имеют экологическую значимость, особенно в пределах крупных городских конгломераций. Следует вспомнить и опыт получения сланцевого синтез-газа из куккерситов (сланцев ордовикского возраста) Эстонского (Ленинградского) сланцевого бассейна и синтетического топлива во время Второй мировой войны. В послевоенные годы получаемый на газовом заводе в Кохтла-Ярве сланцевый синтез-газ обеспечивал потребности в газе Таллина и Ленинграда. В настоящее время на Ленинградском месторождении в российской части Эстонского сланцевого бассейна функционирует завод получения синтез-газа. В данном случае стоит говорить о методах наземной газификации в ограниченных объемах для решения задач и проблем локального энергообеспечения.

Очевидно, к методам наземной газификации следует отнести и извлечение водорастворенного газа. В настоящее время его опытно-промышленная добыча в Японии считается оптимально рентабельной при газоводяном факторе более  $2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Основная часть НТРГ требует формирования начального пустотного объема, в ареале которого газ из связанного и свободного микрорассеянного состояния будет переходить в свободную (десорбированную) непрерывную фазу.

Геотехнологии гидроразрыва пласта (ГРП), применяемые при добыче угольного метана и сланцевого газа, также направлены на формирование начальных вмещающих емкостных объемов, представляющих собой искусственные залежи.

Особенности нетрадиционных источников газа определяют два основных направления развития геотехнологий:

- создание механизмов формирования начальной буферной емкости и т.п.;
- формирование новой методологии освоения нетрадиционных объектов, отличной от применяемой ранее [3].

Отметим, что в случае освоения газогазодратных скоплений необходимо решать задачу периодической очистки систем дренирования. Известен ряд случаев, когда в зоне вечной мерзлоты при бурении были получены притоки газа, которые в течение короткого времени самоликвидировались, так как призабойная зона забивалась терригенным шламом газогазодратных скоплений [4].

Все методы освоения НТРГ можно объединить в три основных направления (рис. 3):

- 1) поисковое (на основе методов и практики геологоразведочных работ на нефть и газ);
- 2) технологии нефтегазовой отрасли;
- 3) технологии угольной отрасли.

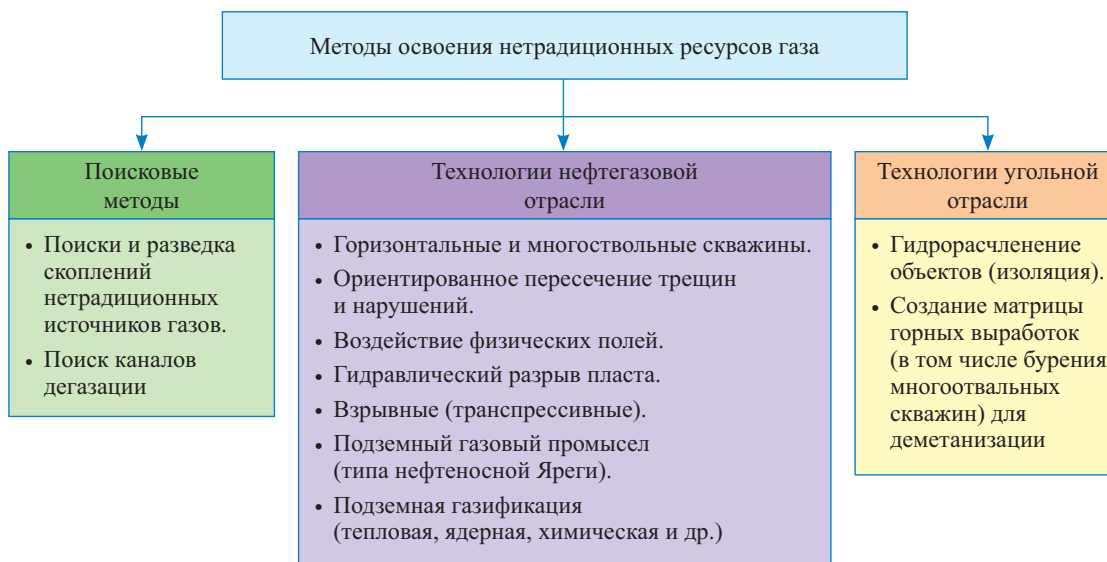


Рис. 3. Классификация методов освоения нетрадиционных ресурсов газа

Поисковое направление базируется на традиционных методах поиска и разведки месторождений УВ (бурение, 2D и 3D сейсморазведка, моделирование геологического разреза и т.п.). Остальные направления используют технологии, широко применяемые в нефтегазовой и угледобывающей отраслях промышленности. В настоящее время осуществляется освоение крупных площадных объектов сланцевого и угольного газа. Плотность ресурсов угольного метана (и сланцевого газа) сопоставима с плотностью запасов месторождений УВ. Однако снижение дебитов требует постоянного увеличения фонда скважин: плотность скважин на ряде участков сланцевых бассейнов США (Марцеллус, Хайнесвил, Вудфорт и др.) превышает сотни скв./км<sup>2</sup>. Такая плотность указывает на возможные экологические проблемы, связанные с техногенным перетоком газа в верхние, приповерхностные части осадочного разреза, в том числе в черте городов. Аналогичные процессы давно известны в ряде регионов Предкарпатского сложнопостроенного бассейна (города Борислав, Плоешти и др.). Это обусловило ограничение освоения сланцевого газа в ряде стран Западной Европы (Франция, Италия и др.).

Освоение газогидратных (ГГ) скоплений требует иного, нетрадиционного подхода, учитывающего особенности извлечения газа, которое при современных технологиях связано со значительными энергозатратами.

Выбор технологии разработки ГГ залежей (как и других НТРГ) зависит от конкретных геолого-физических условий их залегания. В настоящее время известны четыре основных метода вызова притока газа из гидратного пласта:

- 1) понижение давления ниже равновесного;
- 2) нагрев гидратосодержащих пород выше равновесной температуры;
- 3) комбинация двух вышеуказанных методов;
- 4) химический (с воздействием химреагентов).

Другие методы воздействия – электромагнитный, акустический, закачка CO<sub>2</sub> и закачка радиоактивных отходов – изучены недостаточно.

Эффективному освоению угольного метана и сланцевого газа препятствует проблема получения стабильно рентабельного притока. Динамика дебитов в горизонтальной скважине, характеризуется их резким уменьшением в первые два года. В течение первых меся-

цев происходит резкое падение дебитов (после проведения ГРП) добывающих скважин в несколько раз. Это связано с тем, что вновь образованная матрица трещин воздействует только на прискважинное пространство, подток УВ из отдаленных частей резервуара ограничен низкой проницаемостью остальной части вмещающих пород. В дальнейшем именно подток УВ из этой части обеспечивает хоть и невысокие, но стабильные дебиты газа, тем более, что он лимитирован геостатическим транспрессивным давлением, ухудшением фильтрационно-емкостных свойств пород призабойной зоны и т.п. Таким образом, для многократной реанимации матрицы дренирования в призабойных зонах НТРУВ, которая в настоящее время осуществляется повторением ГРП, необходима разработка новых технологий. Глубина вскрытия ( $H$ ) не сказывается на динамике изменения дебитов в скважине.

### Организационно-институциональные мероприятия

Очевидно, что оптимизация геотехнологий должна определяться на ранних стадиях реализации инвестиционных программ. Структура европейской программы Gas Shale research (GASH) освоения сланцевого газа, приведенная на рис. 4 показывает, что комплекс геотехнологий определяется на стадии региональных исследований.

Успешное освоение НТРГ достигается также за счет повышения их товарной ликвидности, в том числе за счет утилизации в синтетическое топливо. На рис. 5 приведена программа работ по освоению ресурсов угольного метана КНР, предусматривающая формирование системы локальных (провинциальных) топливно-энергетических комплексов, в том числе производство сжиженного газа.

В настоящее время уже возникла проблема экологической безопасности добычи сланцевого газа и угольного метана. В будущем не исключена такая же ситуация и при освоении ГГ скоплений.

В ряде регионов США и Канады (Нью-Йорк, Альберта, Квебек и др.) временно приостановили добычу сланцевого газа из-за ухудшения качества водоснабжения, вызванного попаданием в реки плохо очищенной воды, используемой при проведении ГРП.

Дело в том, что при ГРП в скважину закачивается смесь воды, песка и химикатов. Затем

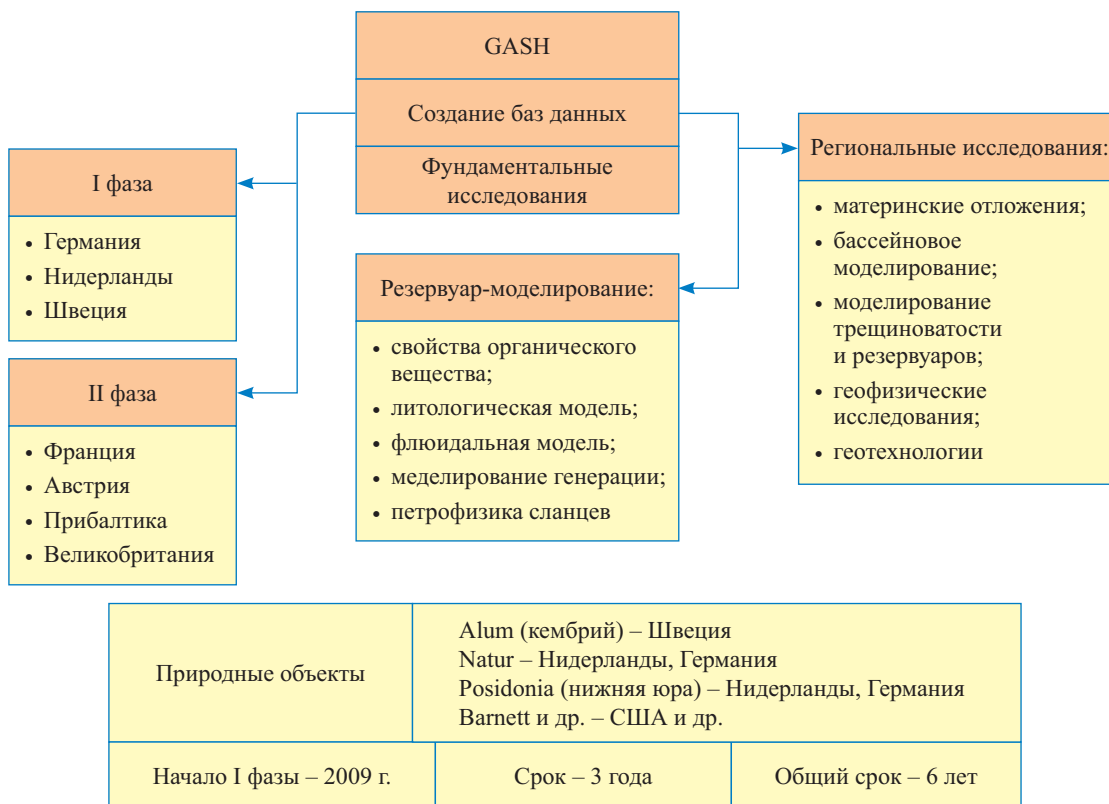


Рис. 4. Программа освоения сланцевого газа в Европе (GASH) [5]

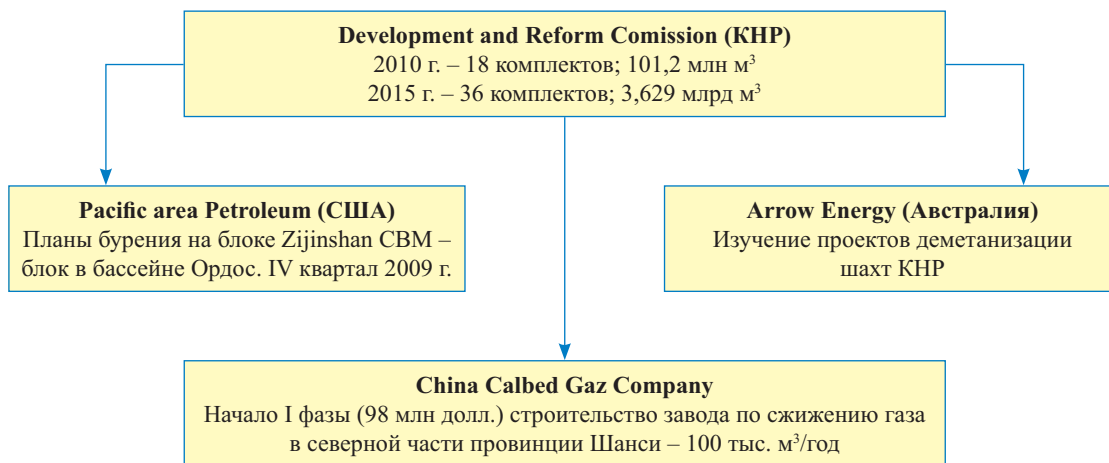


Рис. 5. Программа освоения ресурсов угольного метана в КНР [5]

отработанная вода подвергается очистке и попадает в реки. Однако используемые водоочистные сооружения в ряде случаев не соответствуют предъявляемым стандартам. Кроме этого ГРП способствует насыщению грунтовых вод сланцевым газом (как это случилось, например, в штатах Колорадо, Огайо, Пенсильвания, Техас и Западная Виргиния). Экологи опасаются, что в связи с резким увеличением количества скважин (за двадцать лет их количество удвоилось и в настоящее время

составляет 500 тыс.) случаи заражения верхней части гидросферы участятся [6].

Представленная информация указывает на необходимость комплексного и адаптированного освоения НТРГ. Очевидно, необходимо определение вида углеводородного сырья в каждом регионе и внедрения остальных типов УВ в оптимальную структуру топливно-энергетического баланса разномасштабных субъектов (регион, область, район, муниципальное объединение).

Как свидетельствует мировой опыт, эффективным средством, стимулирующим освоение НТРУВ, является государственная поддержка инновационных проектов.

Особенностями инвестиционных проектов в области добычи углеводородного сырья является их высокая капиталоемкость и наличие ряда специфических, в том числе геолого-технологических, рисков. Большое значение для их снижения может иметь выстраивание взаимовыгодных отношений между государством и недропользователем. Опыт развитых стран показывает, что государство может и должно играть планирующую и законодательную роль, а также быть регулятором и контролером при производстве, в том числе для стимулирования конкуренции.

Помимо простого заполнения правового поля, регламентирующего взаимоотношения в ТЭК и недропользовании, государство должно применять методы экономического воздействия для стимулирования добычи отдельных видов энергоресурсов, максимального использования собственных ресурсов, внедрения новейших геотехнологий и улучшения экологической обстановки.

Одним из удачных примеров создания государственных стимулов и гарантий стал законодательный акт Конгресса США «О политике в области добычи газа из нетрадиционных источников» 1983 г. (краткое название – раздел 29 «О налоговых льготах...»), приведший к «газодобывающей лихорадке» (в том числе к масштабному освоению НТРГ) (рис. 6).

Упомянутый закон предусматривает значительные льготы для компаний, добывающих газ (метан) из угольных пластов, девонских слан-

цев и низкопроницаемых (плотных) формаций (пород). Так, в первых двух случаях налоговые льготы составили около 35 долл. за 1000 м<sup>3</sup> добытого газа, для плотных коллекторов – около 18 долл. за 1000 м<sup>3</sup> газа [5]. Такое различие связано с меньшей инновационной значимостью плотных коллекторов, по существу, являющихся низкопроницаемыми аналогами традиционных углеводородных объектов.

Впечатляющий рост добычи газа из нетрадиционных источников в США в значительной степени обусловлен двумя основными факторами:

1) налоговыми льготами компаниям, ведущим добычу нетрадиционных энергоресурсов. Государственная поддержка с целью снижения импорта углеводородного сырья привлекла к освоению угольного метана и сланцевого газа, значительные финансовые, научные и инженерно-технические ресурсы;

2) интенсивным развитием технологий и значительным снижением себестоимости добычи метана из угольных пластов и глинистых сланцев.

За 10 лет такого налогового режима компаниям, добывающим метан в угольном бассейне Блэк Уорриор, государством были предоставлены налоговые скидки в размере 270 млн долл., в бассейне Сан Хуан – 860 млн долл.

Масштабная поддержка государством развития добычи метана из угольных пластов осуществляется также в Китае. Правительство Китая ввело целый ряд дополнительных налоговых льгот для стимулирования подготовки к освоению и разработки метаноугольных месторождений. Налог на добычу полезных ископаемых в настоящее время не взимается. По анало-



Рис. 6. Создание государственных стимулов и гарантий по добыче НТРГ в США [5, 6]

гии с США введена налоговая льгота в размере 28 долл. США за 1000 м<sup>3</sup> метана, добываемого из угольных пластов; налог на добавленную стоимость (НДС) установлен в размере 5 % для проектов, реализуемых совместно с иностранными компаниями. Предприятия не облагаются налогом на прибыль в течение первых 2 лет добычи. Затем ставка налога на прибыль снижается на 50 % на срок окупаемости проекта. Отменены импортные пошлины на ввоз материалов, машин и оборудования, используемых для поиска, разведки, подготовки к освоению и обустройства метаноугольных месторождений.

С целью снижения себестоимости добываемого газа разрешено применение ускоренной амортизации специального оборудования для добычи угольного газа. Кроме того, для стимулирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в области освоения ресурсов угольного газа в Китае действует целый ряд мер по возмещению налоговых и производственных затрат при его добыче.

НДС, взимаемый с добычи угольного метана (или сланцевого газа), может быть востребован к возмещению после налогообложения. Возмещенный налог может использоваться только для проведения НИОКР и увеличения добычи и повторно налогом на прибыль не облагается [5].

Из добавленной (в сравнении с предыдущим годом) величины налога на прибыль в текущем году может вычитаться до 40 % инвестиций в оборудование, изготовленное в Китае. Кроме уменьшения НДС на величину затрат на НИОКР, на 50 % от этих затрат может быть уменьшена налогооблагаемая прибыль в текущем году.

Поддержка Правительства КНР направлена на увеличение добычи угольного газа после 2009 г. до 10÷12 млрд м<sup>3</sup>/год.

По-видимому, в России, как и во всем мире, развитие добычи метана из угольных пластов, особенно на начальном этапе, должно происходить более интенсивно при финансовой и налоговой поддержке государства. Эта поддержка может включать: снижение или полную отмену таможенных пошлин на ввоз оборудования и материалов, не имеющих отечественных аналогов; введение инвестиционной льготы по налогу на прибыль на срок окупаемости инвестиций и освобождение от налога на добычу полезных ископаемых.

По пути, выбранному в Канаде, где поощрение газодобывающих компаний, связанных с освоением НТРГ, обеспечивается скользящей шкалой региональных роялти (годовых отчислений), пошло Законодательное собрание Кемеровской области, принявшее в 2001 г. Закон о предоставлении налоговых льгот предприятиям и организациям, участвующим в реализации первого этапа проекта (освоения угольного метана). Законопроект предусматривал взимание в областной бюджет «щадящих» налогов до 2005 г. В этот период планировалось выполнить основную часть НИР и НИОКР, конечной целью которых являлось создание базы для перехода от опытно-промышленной добычи метана к широкомасштабной (коммерческой). В связи со сложностью и проблемами освоения Талдинского метаноугольного месторождения срок действия закона был продлен.

Очевидно, что институциональные мероприятия в дополнение к инновационным геотехнологиям являются эффективным инструментом для активизации освоения НТРГ.

## Список литературы

1. Mohr S.H. Models provide insights on North American Gas Future / S.H. Mohr, G.M. Evans // O.G.J. – 2007. – V. 105 (25). – P. 51–55.
2. Якуцени В.И. Нетрадиционные ресурсы углеводородов – резерв для восполнения сырьевой базы нефти и газа России / В.И. Якуцени, Ю.Э. Петрова, А.А. Суханов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – ВНИГРИ, 2009. – № 11. – С. 28–45.
3. Якушев В.С. Перспективы освоения ресурсов нетрадиционного газа / В.С. Якушев, В.А. Истомин, В.А. Скоробогатов. – М.: ИРЦ Газпром, 1999. – 35 с.
4. Цхал А.Д. Разведка и освоение нетрадиционных газовых ресурсов / А.Д. Цхал, В.Ф. Буслаев, С.А. Кейн // Нефтегазовое дело. – 2005. – Т.3. – С. 31–35.
5. Скоробогатов В.А. Нетрадиционный газ. Ресурсы и перспективы освоения / В.А. Скоробогатов, Ю.Б. Силантьев. – М.: Газпром экспо, 2012. – 116 с.
6. Flores R. Coalbed methane: gas of the past, present and future / R. Flores // SCI Topics. – 2010.