Научное обозрение

УДК 332.025

ПРЕДПОСЫЛКИ ТРАНСФОРМАЦИИ МИРОВОГО ГАЗОВОГО РЫНКА: ОБЗОР ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЗАПАСОВ И ПЕРСПЕКТИВ ДОБЫЧИ НЕТРАДИЦИОННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

C.B. PATHEP,

доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями E-mail: lanarat@mail.ru Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

В.В. ИОСИФОВ,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой машиностроения и автомобильного транспорта E-mail: iosifov@kubstu.ru Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

Предмет/тема. Статья представляет собой обзор оригинальных (первичных) работ, вышедших в свет с 1997 по 2014 г. и содержащих оценки ресурсов неконвенционных углеводородов и прогнозы развития технологий добычи сланцевых нефти и газа.

Цели/задачи. Целью работы является оценка релевантности и достоверности информационной базы, используемой для составления прогнозов о развитии мировых рынков углеводородов как в научной среде, так и в бизнес-сообществе.

Методология. В процессе отбора работ для библиографического анализа использовался метод «снежного кома» с тремя начальными точками (ис-

следованиями на русском, английском и китайском языках).

Результаты. В процессе библиографического анализа выявлено, что в большинстве отобранных исследований не приводятся исходные данные, на основе которых получены оценки, не описываются в деталях методика оценки и исходные предположения (допущения), на основе которых строится оценка. В подавляющем большинстве работ получены точечные оценки ресурсов нетрадиционных углеводородов вместо интервальных или вероятностных с определенным уровнем статистической значимости. Большой разброс оценок запасов в одних и тех же

- 15 (414) — 2015 **-**

регионах также обусловлен использованием в разных источниках различных значений коэффициента извлекаемости нетрадиционных углеводородов. На основе отобранных для анализа источников составлена таблица разброса оценок запасов сланцевого газа в наиболее изученных регионах мира. Выявлено, что разброс оценок по разным регионам составляет от 2 до 7 раз, причем в наиболее изученных регионах (США и Канада) имеется тенденция к снижению оценок, тогда как в относительно новых регионах для исследований (Украина, Россия, Венесуэла, Аргентина, ЮАР и др.), наоборот, к увеличению за счет открытия новых нефтегазоносных геологических структур.

Выводы/значимость. В результате работы сформулированы возможные направления исследований в сфере экономики энергетики, сохраняющие актуальность, несмотря на высокую степень разработанности темы «сланцевой революции» в отечественной и зарубежной научной и аналитической литературе.

Ключевые слова: энергетика, технологический разрыв, сланцевый газ, оценка ресурсов

Обострение проблем поиска глобального равновесия и способов управления мировой экономикой, вылившееся в начавшуюся торгово-технологическую войну стран – мировых технологических лидеров против России, актуализировало исследования, направленные на изучение фундаментальных факторов, формирующих мировые рынки, присутствие на которых отвечает национальным интересам нашей страны. За последний год в российской научной и аналитической литературе возник целый пласт работ, так или иначе затрагивающих тематику «сланцевой революции» в США и вопросы устойчивости российской нефтегазодобывающей отрасли к мнимым и реальным угрозам снижения рентабельности производства традиционных углеводородов. При этом в подавляющем большинстве аналитических работ и во многих научных исследованиях используются в качестве информационной базы для составления собственных прогнозов и оценок ежегодные обзоры Мирового энергетического агентства (МЭА), обзоры и прогнозы крупнейших нефтегазовых компаний (British Petroleum, Shell, «ЛУКОЙЛ» и др.), представленные в открытом доступе.

Несмотря на популярность темы перспектив развития мирового топливно-энергетического комплекса и достаточно большое количество различного рода работ, единого понимания траектории, по

которой движется мировая энергетика, нет. Большинство российских ученых и аналитиков склонны скептически оценивать возможности сланцевой отрасли серьезно изменить существующую расстановку сил на мировых рынках углеводородов [3], хотя можно также выделить работы, представляющие собой серьезную и тщательную проработку технико-экономических, нормативно-правовых и экологических проблем, связанных с развитием технологий добычи сланцевых нефти и газа [2]. По мнению авторов, значительная часть разницы в позициях по вопросам «сланцевой революции» обусловлена источниками первичной информации о запасах нетрадиционных углеводородов и динамике совершенствования технологий их добычи, на основе которых строятся прогнозы и делаются выводы. В связи с этим авторами был проведен обзор оригинальных (первичных) работ, посвященных оценке запасов нетрадиционных видов газа и нефти, на которые ссылаются аналитики и ученые при обосновании собственных прогнозов.

За основу исследования англоязычной литературы была принята библиография первичных источников, представленная в работе [30]. Затем она расширялась и дополнялась методом «снежного кома». Далее все отобранные источники были отсортированы по дате выхода в свет и проверены на наличие перекрестных или повторяющихся ссылок. В результате было отобрано 73 исследования, вышедших в свет с 1997 по 2014 г.; 53 из отобранных исследований (около 73%) опубликованы в течение последних 7 лет, что соответствует периоду интенсивного роста добычи сланцевого газа в США. Почти 77% источников (56 из 73) посвящены оценке запасов различных видов неконвенционного газа сланцевого газа, метана угольных пластов или газа плотных (низкопроницаемых) пород в США и Канаде. Однако в последние годы растет количество публикаций по перспективам разработки сланцевых месторождений в Китае. Работы по Китаю, опубликованные на китайском языке, в рассмотрение не включены, однако в список анализируемых источников вошли работы на английском, которые цитируют оценки, опубликованные на китайском языке (в основном оценки министерства по земельным ресурсам КНР) [11, 14, 17].

Следует отметить, что 61 исследование (83,5% от общего количества) проведено коммерческими организациями (в том числе газодобывающими компаниями) и опубликовано без прохождения

стандартной для научных исследований процедуры рецензирования статей и проверки данных. Большое число работ так или иначе опирается на данные, опубликованные в одном из первых исследований ресурсов неконвенционного газа [41], с применением к ним различных методик оценки коэффициента извлекаемости (доля от общего объема ресурса, которая может быть извлечена при существующих технологиях добычи). Часто в одних и тех

же исследованиях происходит совмещение и/или пересечение оценок различных типов ресурсов (потенциальные/прогнозные ресурсы, доказанные ресурсы, технически извлекаемые ресурсы, экономически извлекаемые ресурсы).

В большинстве исследований [5–52] даются в первую очередь оценки объемов запасов сланцевого газа (табл. 1). Выбор данного вида неконвенционных углеводородов в качестве фокуса исследования

Таблица 1 Первичные источники информации о запасах сланцевого газа, выпущенные за последние пять лет

дата Страна, Оцениваем			
Автор, организация	выпуска	регион	ресурс
Tian L., Wang Z., Krupnick A., Liu X. Stimulating shale gas development	Август	Китай	ТИР
in China: a comparison with the US experience // Energy Policy. 2014. № 75.			
P. 109–116			
Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of		41 страна	ТИР
137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. URL: http://	2013 г.		
www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf			
The Unconventional Hydrocarbon Resources of Britain's Onshore – Shale Gas.	Июнь	Великобри-	ТИР
URL: http://www.fraw.org.uk/files/extreme/decc shale 2012.pdf	2013 г.	тания	
Annual energy outlook. Washington, DC: Energy Information Administration,	1997–	США	ТИР (1999-
2012. URL: http://ulpeis.anl.gov/documents/dpeis/references/pdfs/EIA 2012.pdf	2012 гг.		2012 гг.), ЭИР
			(1998, 1997 гг.)
Dai J, Ni Y, Wu X. Tight gas in China and its significance in exploration and	Июнь	Китай	ТИР
exploitation // Petroleum Exploration and Development. 2012. № 39. P. 277–284	2012 г.		
Dong D., Zou C., Yang H., Wang Y., Li X., Chen G., Wang S., Lu Z., Hong Y.	Август	Китай	ТИР
Progress and prospects of shale gas exploration and development in China //	2012 г.		
Acta Petrolei Sinica, 2012. № 33 (S. 1). P. 107–114			
Shale gas, emerging fundamentals, and geopolitics. In: SPEGCS general	Май	29 стран	ТИР, ЭИР
meeting. Houston, TX: James A Baker III Institute for Public Policy Rice	2012 г.		
University, 2012			
BGR. Abschatzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas)	Май	Германия	Потенциаль-
in Deutschland. Hannover, Germany: Bundesanstalt f Geowissenschaften und	2012 г.		ные ресурсы и
Rohstoffe (BGR) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012			ТИР
Li J., Guo B., Zhen M., Yang T. Main types, geological features and resource	Апрель	Китай	Потенциаль-
potential of tight sand stone gas in China // Natural Gas Geoscience. 2012. № 23.	2012 г.		ные ресурсы
P. 607–615			
Jia C., Zheng M., Zhang Y. Unconventional hydrocarbon resources in China	Апрель	Китай	ТИР
and the prospect of exploration and development // Petroleum Exploration and	2012 г.		
Development. 2012 № 39. P. 139–146			
Chinese Ministry of Land Resources. Results of the National Shale Gas Geologi-	Март	Китай	ТИР
cal Survey and priority locations; 2012. Reported by 2011 IEA Golden age of	2012 г.		
gas report			
Assessment of shale gas and shale oil resources of the Lower Palaeozoic	Март	Польша	ТИР
Baltic-Podlasie-Lublin basin in Poland. URL: http://gazlupkowy.pl/wp-content/	2012 г.		
uploads/2012/03/raportEN.pdf			
USGS. National assessment of oil and gas resources update. Reston, VA: United	Март 2012 г.	США	Потенциаль-
States Geological Survey, 2012			ные ресурсы
Reserves, resources and availability of energy resources: 2011. Hannover,		Топ-15 стран	ТИР
Germany: Bundesanstalt f Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Federal	2012 г.	и регионов	
Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012			
Coppel J.J.S. Mexico's hydrocarbon potential. In: North American energy	Январь	Мехико	Перспектив-
resources summit. Houson, TX: PEMEX, 2012	2012 г.		ные ресурсы

Продолжение табл. 1

Aвтор, организация Assessment of potential shale gas resources of the Bombay, Cauvery,	Дата	Страна,	
	выпуска	регион	Оцениваемый ресурс
TASSUSSIDED OF DOTERHAL SHATE SAS TESOUTCES OF THE DOTHDAY CAUVELY	Январь	Индия	Потенциаль-
and Krishnae Godavari provinces, India, 2011. URL: http://pubs.usgs.gov/	2012 г.	1111,21171	ные ресурсы
fs/2011/3131/pdf/fs2011-3131.pdf	_,_,		l and become
	Сентябрь	Континен-	Потенциаль-
Energy Policy. 2011. № 39. P. 5550–5560	2011 г.	тальные	ные ресурсы
Energy 1 oney. 2011. 70. 39. 1. 3330 3300	2011 1.	регионы	libro pecypetr
Schenk C.J., Kirschbaum M.A., Charpentier R.R., Cook T.A., Klett T.R., Gautier	Август	Уругвай — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	Потенциаль-
D.L., Pollastro R.M., Weaver J.N., Brownfield M. Assessment of potential shale	7161 уст 2011 г.	у руг ван	ные ресурсы
gas and shale oil resources of the Norte basin, Uruguay, 2011. Reston, VA: US	2011 1.		пыс ресурсы
Geological Survey, 2011. 2 p.			
Shale gas and U.S. national security. Houston, TX: Rice University, 2011	Июль	9 стран	ТИР
Shale gas and O.S. national security. Houston, TA. Rice University, 2011	2011 г.	Эстран	I VII
INTEL Devices of amounting resources II C shale and shale all plays	Июль	США	Поточинати
INTEK. Review of emerging resources: U.S. shale gas and shale oil plays.		США	Потенциаль-
Washington, DC, 2011	2011 г.		ные ресурсы,
	3.5. 1/	CITI A	ТИР
Petak K.R. Impact of natural gas supply on CHP development. In: US Clean	Май	США,	ЭИР
Heat & Power Association's (USCHPA) Spring CHP Forum. Washington, DC,	2011 г.	Канада	
2011			
Kuuskraa V.A. Economic and market impacts of abundant international shale	Май	США	ТИР
gas resources. In: Worldwide shale gas resource assessment. Washington,	2011 г.		
DC: Advanced Resources International Inc., 2011. URL: http://csis.org/files/			
attachments/110505_EnergyVello.pdf			
Advanced Resources International. World shale gas resources: an initial	Апрель	32 страны	Потенциаль-
assessment of 14 regions outside the United States. Washington, DC: Advanced	2011 г.		ные ресурсы
Resources International Inc., 2011			и ТИР
Henning B.B. Talking about a revolution: shale and natural gas market	Март	США,	ЭИР
fundamentals in American Gas Association Leadership Council. Washington,	2011 г.	Канада	
DC: ICF International, 2011. URL: http://www.docket7970.com/ANR/			
Attachment%20A.ANR.VGS.RTP.1-3%20%28Gilbert%29/9-Henning%20Prese			
ntation%20110329%20Draft%20V3.pdf			
Kuuskraa V.A., Van Leeuwen T. Economic and market impacts of abundant shale	Январь	США	ТИР
gas resources. In: Global Leaders Forum "The natural gas revolution: U.S. and	2011 г.		
global impacts". Arlington, VA: Advanced Resources International Inc., 2011			
	Декабрь	США	ТИР
in magnitude of US natural gas resource base. URL: http://potentialgas.org/	2010 г.		1111
press-release	20101.		
1	Декабрь	Китай	Потенциаль-
et al. Geological characteristics and resource potential of shale gas in China //	2010 г.	Китаи	ные ресурсы
Petroleum Exploration and Development. 2010. Vol. 37. № 6. P. 641–653	20101.		ные ресурсы
1	Октябрь	США,	ТИР
American conference. Calgary, Alberta: James A Baker III Institute for Public	2010 г.	Канада	I VII
	20101.	Канада	
Policy Rice University, 2010	0	CILIA	TIID
	Октябрь	США	ТИР
In: The changing fundamentals of global gas markets e Europe as the	2010 г.		
battleground? Washington, D.C.: Advanced Resources International Inc., 2010	0 -		l H
	Сентябрь	9 континен-	Потенциаль-
by Davis R. London, UK: World Energy Council; 2010. 36 p.	2010 г.	тальных	ные ресурсы
		регионов	
Mohr S.H., Evans G.M. Shale gas changes N. American gas production	Июль	США,	Потенциаль-
	2010 г.	Канада	ные ресурсы
projections // Oil and Gas Journal. 2010. Vol. 108. № 27. P. 60–64.			
projections // Oil and Gas Journal. 2010. Vol. 108. № 27. P. 60–64. Moniz E.J, Jacoby H.D., Meggs A.J.M. The future of natural gas. Cambridge,	Июнь	США	ТИР
	Июнь 2010 г.	США	ТИР

Окончание табл. 1

Автор, организация		Страна,	Оцениваемый
		регион	pecypc
Dawson F.M. Cross Canada check up unconventional gas emerging opportunities	Май	Канада	ЭИР
and status of activity. In: CSUG technical luncheon. Calgary, AB, 2010	2010 г.		
Skipper K. Status of global shale gas developments, with particular emphasis on	Март	США,	ТИР
North America. In: IIR inaugural shale gas briefing. Brisbane, 2010	2010 г.	Канада	
Hennings S. Shale gas resources and development. In: IIR inaugural shale gas	Март	США	Потенциаль-
briefing. Brisbane, 2010	2010 г.		ные ресурсы
			и ТИР
Kuuskraa V.A. Gas shales drive the unconventional gas revolution. In:	Март	США,	ТИР
Washington energy policy conference: the unconventional gas revolution.	2010 г.	Канада	
Washington, DC: Advanced Resources International Inc., 2010.	20101.	Turinga	
Assessment of Canada's natural gas resources base. Petrel Robertson Consulting	Март	Канада	ТИР
Ltd. Calgary, Alberta, 2010 []	2010 г.	Turinga	
Fueling North America's energy future: the unconventional natural gas	Январь	США,	ТИР
revolution and the carbon agenda. URL: http://www.nuevomidstream.com/sites/	2010 г.	Канада	1111
default/files/resources fuelingnorthamericasenergyfuture.pdf	20101.	Капада	
Harvey T., Gray J. The unconventional hydrocarbon resources of Britain's	Январь	Великобри-	ТИР
onshore basins e shale gas. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/	2010 г.	тания	1711
system/uploads/attachment data/file/367287/Shalegas uk.pdf	20101.	Тания	
Kuuskraa V.A. Worldwide gas shales and unconventional gas: a status report.	Декабрь	США,	ТИР
Arlington, VA: Advanced Resources International Inc., 2009. URL: http://www.	2009 г.	Канада,	I YII
adv-res.com/pdf/Kuuskraa%20Condensed%20Worldwide%20Uncon%20Gas%2	2009 1.	Канада, Польша,	
		Польша, Швеция,	
012_12_09.pdf/.			
	11	Австрия	THE
Potential gas committee reports unprecedented increase in magnitude of	Июнь	США	ТИР
U.S. natural gas resource base. URL: http://www.mines.edu/Potential-Gas-	2009 г.		
Committee-reports-unprecedented-increase-in-magnitude-of-U.Snatural-gas-			
resource-base	3.5.11	GTTT 1	
Theal C. The shale gas revolution: the bear market balancing act, May 20, 2009	Май	США,	Потенциаль-
	2009 г.	Канада	ные ресурсы
			и ТИР
Ejaz Q. Supplementary paper SP2.2: background material on natural gas	Март	США	ТИР
resource assessments, with major resource country reviews. Cambridge, MT:	2009 г.		
MIT, 2010			
Gas from shale: potential outside North America? Cambridge, MA: IHS CERA,	Февраль	Европа	ТИР
2009	2009 г.		
Global unconventional gas trends. Wood Mackenzie, 2009	Январь	Европа	ТИР
	2009 г.		
Жарков А.М. Оценка потенциала сланцевых углеводородов России // Мине-	Апрель	Россия	Потенциаль-
ральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 3. С. 16–21	2011 г.		ные ресурсы

Примечание. ТИР – технически извлекаемые ресурсы; ЭИР – экономически извлекаемые ресурсы.

объясняется тем, что добыча сланцевого газа в течение последних нескольких лет осуществляется в промышленных масштабах (в основном в США), что позволяет отнести ее к наиболее зрелой из всех технологий добычи неконвенционных углеводородов, а проверенные с ее помощью оценки запасов – к наиболее достоверным.

В процессе библиографического анализа выявлено, что в большинстве отобранных исследований, кроме последнего обзора управления энергетической информации США (Energy Information

Аdministration, EIA-2013), не приводятся исходные данные, на основе которых получены оценки, не описываются в деталях методика оценки и исходные предположения (допущения), на основе которых строится оценка. Дополнительной проблемой является противоречивость и неоднозначность определений нетрадиционных углеводородов, встречающихся в различных источниках (в основном англоязычных), предлагающих оценку страновых, региональных и мировых запасов неконвенционных нефти и газа, а также некоторые различия в

используемых системах классификации запасов. В подавляющем большинстве работ получены точечные оценки ресурсов нетрадиционных углеводородов вместо интервальных или вероятностных с определенным уровнем статистической значимости. Большой разброс оценок запасов в одних и тех же регионах также обусловлен использованием в разных источниках различных значений коэффициента извлекаемости нетрадиционных углеводородов (от 15 до 40%, причем теоретически достижимое значение оценивается в 80%).

Отдельного внимания заслуживает вопрос о выборе методологии оценки. В настоящее время существует три основных методологических подхода к оценке запасов углеводородов (как традиционных, так и нетрадиционных): на основе аналогий в геологическом строении, объемных методов и методов анализа производительности добычи. Во время разведочных, оценочных и начальных периодов работ по исследованию запасов оценки ресурсов могут быть получены только косвенно, с использованием объемных методов и данных о коэффициентах извлечения газа по аналогичным месторождениям. На более поздних стадиях исследований при наличии добывающих производств извлекаемые объемы могут оцениваться напрямую с помощью динамических данных об эффективности производства (анализ кривых добычи). При этом значение прогнозной накопленной добычи на скважину (EUR expected ultimate recovery) зависит не только от продолжительности периода эксплуатации, но и от методики расчета (учета качества пласта, используемой методики гидроразрыва пласта и др.), а также выбранной кривой аппроксимации (экспоненциальная, гиперболическая, кривая Дуонга).

Только одно исследование [47] дает оценку мировых запасов сланцевого газа, в то время как все остальные ограничиваются оценками запасов, локализованных в пределах одной страны или региона. Кроме того, большинство из анализируемых исследований не касаются вопросов оценки запасов неконвенционного газа в регионах и странах, которые обладают большими запасами природного газа (Россия, страны Ближнего Востока). Этот пробел частично был восполнен лишь в работе [47]. Из русскоязычных источников, дающих оценку российских запасов сланцевого газа, удалось найти только исследование А.М. Жаркова [1], опубликованное в 2011 г. В остальных публикациях русскоязычных исследователей данные оценки просто цитируются.

На основе указанных источников составлена таблица разброса оценок запасов сланцевого газа в наиболее изученных регионах мира (табл. 2). Разброс оценок по разным регионам составляет от 2 до 7 раз, причем в наиболее изученных регионах (США и Канада) имеется тенденция к снижению оценок, тогда как в относительно новых регионах для исследований (Украина, Россия, Венесуэла, Аргентина, ЮАР и др.), наоборот, к увеличению — за счет открытия новых нефтегазоносных геологических структур.

Неудивительно, что столь сильный разброс геологических оценок приводит к существенным различиям во мнениях экономистов и управленцев о перспективах развития мировой энергетики. Однако, как показывает опыт распространения ветровой и солнечной энергетики, сами по себе различия в оценке ресурсного потенциала не являются значимым фактором сдерживания инвестиций в технологию освоения. Значительно более сильные опасения инвесторов вызывает невозможность малозатратной адаптации разработанной технологии. Необходимость проведения серьезных исследований и разработок, направленных на модификацию американской технологии добычи сланцевого газа, обусловлена фундаментальными различиями в строении геологических газоносных структур в США и Канаде и в других регионах мира.

Так, недавние исследования по Китаю [17] подтвердили наличие сложной тектонической структуры у большинства китайских газоносных областей, характеризующейся множественными поясами сейсмической активности, наличием скры-

Таблица 2 Разброс оценок извлекаемых объемов сланцевого газа в различных регионах мира, трлн м³

point wi						
Страна, регион	Минимальная	Максимальная				
	оценка	оценка				
США	13,8	48,0				
Канада	4,0	17,2				
Китай	4,2	36,1				
Европа	2,3	19,8				
Великобритания	0,28	0,4				
Индия	0,2	2,4				
Ближний Восток	2,8	28,7				
Мексика	4,2	19,3				
Страны бывшего	19,1	156,0				
CCCP						
Латинская Америка	10,6	19,0				

Источник: [8, 13, 16, 19, 34, 35, 41, 43, 47, 50, 51].

тых резервуаров углекислого газа и сероводорода, которые не позволяют применять существующие технологии гидроразрыва пласта. По данным за декабрь 2013 г., потери двух крупнейших китайских нефтегазовых концернов Sinopec и CNPC (China National Petroleum Corporation), проводивших бурение и добычу сланцевого газа в районе Сычуаньской котловины по контракту с Shell, составили около миллиарда долларов [17]. Совершенствование технологии потребует значительных дополнительных инвестиций в исследования и разработки, что под силу только крупным нефтегазовым компаниям, зачастую не имеющим достаточно сильной мотивации к инновационной деятельности в силу своего монопольного положения на рынке. Учитывая, что развитие технологий добычи неконвенционных углеводородов поддерживалось в США многими правительственными программами и продолжалось на протяжении тридцати лет, перспективы повторения американской «сланцевой революции» в других регионах мира пока представляются весьма туманными, даже в том случае, если ее потенциальное негативное воздействие на окружающую среду окажется сильно преувеличенным.

Подводя итог, можно отметить, что пока ситуация в сланцевой отрасли существенно отличается от классических примеров технологического разрыва [4]. Помимо наличия неопределенных технологических порогов (порог технико-экономической эффективности технологии) и затруднений в оценке оптимального времени перехода на новую замещающую технологию, в данной ситуации нет ясного понимания логики технологического развития мировой энергетики и уверенности в том, что технологии добычи неконвенционных углеводородов являются тем самым кластером новых технологий, способным разрешить противоречия между растущими потребностями общества и объективными ресурсными ограничениями. Даже не принимая во внимание вопросы экологической эффективности, которые вносят дополнительную долю скептицизма в оценки перспектив развития сланцевой отрасли, можно отметить, что полная или частичная невозможность диффузии инноваций элиминирует действие положительных экстерналий, являющихся неотъемлемым атрибутом инновационного развития, и значительно ослабляет мотивацию экономических агентов к инвестициям в дальнейшее совершенствование технологии. Кроме того, сланцевые инновации являются неполным преодолением ресурсных ограничений, а лишь способствуют расширению временных границ жизненного цикла углеводородной энергетики до некоторых, пока еще точно не определенных пределов.

Тем не менее наличие вероятности существенных технологических прорывов в технологиях добычи неконвенционных углеводородов, по мнению авторов, актуализирует исследования в области экономики энергетики по следующим направлениям:

- анализ и прогнозирование динамики развития базовых технологий добычи неконвенционных углеводородов с точки зрения коммерческой, социальной и экологической эффективности;
- анализ институциональной среды, способствующей развитию базовых технологий добычи неконвенционных углеводородов, моделирование управленческих воздействий по стимулированию инновационной активности в отрасли;
- моделирование и прогнозирование процессов трансформации мировых энергетических рынков и связанных с ними рынков товаров и услуг в зависимости от технологического прогресса в отрасли.

Список литературы

- Жарков А.М. Оценка потенциала сланцевых углеводородов России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. № 3. С. 16–21
- 2. *Иванов Н.А*. Сланцевая Америка: энергетическая политика США и освоение нетрадиционных нефтегазовых ресурсов. М.: Магистр, 2014. 304 с.
- 3. Синяк Ю.В., Некрасов А.С., Воронина С.А., Семикашев В.В., Колпаков А.Ю. Топливно-энергетический комплекс России: возможности и перспективы // Проблемы прогнозирования. 2013. № 1. С. 4–21.
- 4. *Сухарев О.С.* Экономика технологического развития. М.: Финансы и статистика, 2008. 480 с.
- 5. Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland. Hannover, Germany: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012. URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/BGR_Schiefergaspotenzial_in_Deutschland_2012.pdf?_blob=publicationFile.
- 6. Annual energy outlook. Washington, DC: Energy Information Administration, 2012. URL: http://ulpeis.anl.gov/documents/dpeis/references/pdfs/EIA_2012.pdf.

- 7. Assessment of Canada's natural gas resources base. Calgary, Alberta, Petrel Robertson Consulting Ltd, 2010.
- 8. Assessment of potential shale gas resources of the Bombay, Cauvery, and Krishnae Godavari provinces, India, 2011. URL: http://pubs.usgs.gov/fs/2011/3131/pdf/fs2011-3131.pdf.
- 9. Assessment of shale gas and shale oil resources of the Lower Palaeozoic Baltic-Podlasie-Lublin basin in Poland. URL: http://gazlupkowy.pl/wp-content/up-loads/2012/03/raportEN.pdf
- 10. Baker III Institute for Public Policy Rice University; 2010. URL: http://bakerinstitute.org/.
- 11. Chinese Ministry of Land Resources. Results of the National Shale Gas Geological Survey and priority locations, 2012.
- 12. *Clarke R*. The Global Unconventional Gas Trends. URL: http://bakerinstitute.org/media/files/event/d904c7b6/Robert Clarke secured.pdf.
- 13. *Coppel J.S.* Mexico's hydrocarbon potential. In: North American energy resources summit. Houston, TX, United States: PEMEX, 2012.
- 14. *Dai J.*, *Ni Y.*, *Wu X*. Tight gas in China and its significance in exploration and exploitation // Petroleum Exploration and Development. 2012. Vol. 39. № 3. P. 277–284.
- 15. Dawson F.M. Cross Canada check up unconventional gas emerging opportunities and status of activity. In: CSUG technical luncheon. Calgary, AB, 2010. URL: http://www.csug.ca/images/Technical_Luncheons/Presentations/2010/MDawson AGM2010.pdf.
- 16. Department of Energy & Climate Change. The Unconventional Hydrocarbon Resources of Britain's Onshore Shale Gas. URL: http://www.fraw.org.uk/files/extreme/decc_shale_2012.pdf
- 17. Dong D., Zou C., Yang H., Wang Y., Li X., Chen G., Wang S., Lu Z., Hong Y. Progress and prospects of shale gas exploration and development in China // Acta Petrolei Sinica, 2012. № 33 (S. 1). P. 107–114.
- 18. Ejaz Q. Supplementary paper SP2.2: background material on natural gas resource assessments, with major resource country reviews. Cambridge, MT: MIT, 2010.
- 19. Fueling North America's energy future: the unconventional natural gas revolution and the carbon agenda. URL: http://www.nuevomidstream.com/sites/default/files/resources_fuelingnorthamericasenergy-future.pdf.
- 20. Gas from shale: potential outside North America? Cambridge, MA: IHS CERA; 2009.

- 21. *Harvey T., Gray J.* The unconventional hydrocarbon resources of Britain's onshore basins e shale gas. URL: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/367287/Shalegas uk.pdf.
- 22. Henning B.B. Talking about a revolution: shale and natural gas market fundamentals in American Gas Association Leadership Council. Washington, DC: ICF International, 2011. URL: http://www.docket7970.com/ANR/Attachment%20A.ANR.VGS.RTP.1-3%20%28Gilbert%29/9-Henning%20Presentation%20110329%20Draft%20V3.pdf.
- 23. *Hennings S.* Shale gas resources and development. In: IIR inaugural shale gas briefing. Brisbane, 2010.
- 24. *Jia C., Zheng M., Zhang Y.* Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development // Petroleum Exploration and Development. 2012. Vol. 39. № 2. P. 139–146.
- 25. *Kuuskraa V.A*. Economic and market impacts of abundant international shale gas resources. In: Worldwide shale gas resource assessment. Washington, DC: Advanced Resources International Inc., 2011. URL: http://csis.org/files/attachments/110505_EnergyVello.pdf.
- 26. *Kuuskraa V.A*. Gas shales drive the unconventional gas revolution. In: Washington energy policy conference: "The unconventional gas revolution". Washington, DC: Advanced Resources International Inc.; 2010.
- 27. Kuuskraa V.A. Unconventional gas: an exportable North American revolution? In: The changing fundamentals of global gas markets e Europe as the battleground? Washington, DC: Advanced Resources International Inc.; 2010.
- 28. Kuuskraa V.A. Worldwide gas shales and unconventional gas: a status report. Arlington, VA: Advanced Resources International Inc., 2009. URL: http://www.adv-res.com/pdf/Kuuskraa%20Condensed%20Worldwide%20Uncon%20Gas%2012 12 09.pdf/.
- 29. *Kuuskraa V.A., Van Leeuwen T.* Economic and market impacts of abundant shale gas resources. In: Global Leaders Forum: "The natural gas revolution: U.S. and global impacts". Arlington, VA: Advanced Resources International Inc., 2011.
- 30. *McGlade C., Speirs J., Sorrell S.* Unconventional gas a review of regional and global estimates// Energy. 2013. № 55. P. 571–584.
- 31. *Mohr S.H., Evans G.M.* Long term forecasting of natural gas production // Energy Policy. 2011. Vol. 39. № 9. P. 5550–5560.

- 32. *Mohr S.H., Evans G.M.* Shale gas changes N. American gas production projections // Oil and Gas Journal. 2010. Vol. 108. № 27. P. 60–64.
- 33. *Moniz E.J., Jacoby H.D., Meggs A.J.M.* The future of natural gas. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2010. URL: http://mitei.mit.edu/publications/reports-studies/future-natural-gas.
- 34. National assessment of oil and gas resources update. Reston, VA: United States Geological Survey (USGS), 2012.
- 35. *Petak K.R.* Impact of natural gas supply on CHP development. In: US Clean Heat & Power Association's (USCHPA) Spring CHP Forum. Washington, DC, 2011.
- 36. Potential gas committee reports substantial increase in magnitude of US natural gas resource base. URL: http://potentialgas.org/press-release.
- 37. Potential gas committee reports unprecedented increase in magnitude of U.S. natural gas resource base. URL: http://www.mines.edu/Potential-Gas-Committee-reports-unprecedented-increase-in-magnitude-of-U.S.-natural-gas-resource-base.
- 38. Reserves, resources and availability of energy resources: 2011. Hannover, Germany: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012. URL: http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-15e.pdf? blob=publicationFile&v=3.
- 39. Review of emerging resources: U.S. shale gas and shale oil plays. Washington, DC: INTEK, 2011.
- 40. Review of emerging resources: U.S. shale gas and shale oil plays. Washington, DC: INTEK, 2012.
- 41. *Rogner H.-H.* An assessment of world hydrocarbon resources // Annual Review of Energy and the Environment. 1997. № 22. P. 217–262.
- 42. Schenk C.J., Kirschbaum M.A., Charpentier R.R., Cook T.A., Klett T.R., Gautier D.L., Pollastro R.M., Weaver J.N., Brownfield M. Assessment of potential

- shale gas and shale oil resources of the Norte basin, Uruguay, 2011. Reston, VA: US Geological Survey, 2011. 2 p.
- 43. Shale gas and emerging market dynamics. In: USAEE/IAEE's 29th North American conference. Calgary, Alberta: James A Baker III Institute for Public Policy Rice University, 2012.
- 44. Shale gas and U.S. national security. Houston, TX: Rice University, 2011.
- 45. Shale gas, emerging fundamentals, and geopolitics. In: SPEGCS general meeting. Houston, TX: James A Baker III Institute for Public Policy Rice University, 2012.
- 46. *Skipper K*. Status of global shale gas developments, with particular emphasis on North America. In: IIR inaugural shale gas briefing. Brisbane, 2010.
- 47. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. URL: http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf.
- 48. *Theal C*. The shale gas revolution: the bear market balancing act, 2009.
- 49. *Tian L., Wang Z., Krupnick A., Liu X.* Stimulating shale gas development in China: a comparison with the US experience // Energy Policy. 2014. № 75. P. 109–116.
- 50. World Energy Council. In: Survey of energy resources: focus on shale gas. Ed. by Davis R. London, UK: World Energy Council, 2010. 36 p.
- 51. World shale gas resources: an initial assessment of 14 regions outside the United States. Washington, DC: Advanced Resources International Inc.; 2011. URL: http://ru.scribd.com/doc/53199732/World-Shale-Gas-Resources-EIA.
- 52. Zou C.N., Dong D.Z., Wang S.J., Li J.Z., Li X.J., Wang Y.M., Li D.H., Cheng K.M. Geological characteristics and resource potential of shale gas in China // Petroleum Exploration and Development. 2010. Vol. 37. № 6. P. 641–653.

Economic Analysis: Theory and Practice ISSN 2311-8725 (Online) ISSN 2073-039X (Print)

Scholar Dispute

THE BACKGROUND FOR GLOBAL GAS MARKET TRANSFORMATION: AN OVERVIEW OF EVALUATION OF GLOBAL AND REGIONAL RESERVES AND PROSPECTS FOR PRODUCTION OF UNCONVENTIONAL HYDROCARBONS

Svetlana V. RATNER, Valerii V. IOSIFOV

Abstract

Importance The article represents an overview of original (primary) studies published within 1997 through 2014 that evaluate reserves of unconventional hydrocarbon resources and forecast the development of shale oil and gas production technologies.

Objectives The research aims at evaluating the relevance and reliability of the information database used to provide forecasts on the development of global hydrocarbon markets, both in the scientific milieu and business community.

Methods When selecting studies for a bibliographic analysis, we apply the snowball sampling approach relying upon three starting points (studies in Russian, English and Chinese).

Results In the process of the bibliographical analysis, we find out that a majority of the selected studies give no reference to data underlying the estimates and fail to describe evaluation methods and input assumptions (assertions) used to make judgments. Most studies present point estimates of unconventional hydrocarbon resources instead of internal or probabilistic ones of definite statistical significance. Estimates of reserves vary a lot throughout the same regions since various sources indicate different unconventional hydrocarbon recoverability factors. Based on the sources selected for the analysis, we prepare a chart showing how estimates of shale gas reserves scatter throughout the most explored regions of the world. We find that the estimates may differ two- to sevenfold in various regions. Furthermore, the estimates tend to fall in the most explored regions, such as the USA and Canada; meanwhile they rise in the regions that are respectively new for exploration (Ukraine, Russia, Venezuela, Argentina, Republic of South Africa, etc.) as a result of new oil and gas bearing sections of geological structures discovered there.

Conclusions and Relevance As a result of the research, we formulate possible paths for further energy surveys, which are still relevant, notwithstanding numerous re-

searches on the 'shale oil and gas revolution' in the Russian and foreign scientific and analytical literature.

Keywords: energy, technological gap, shale gas, resource evaluation

References

- 1. Zharkov A.M. Otsenka potentsiala slantsevykh uglevodorodov Rossii [The evaluation of shale hydrocarbon reserves of Russia]. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2011, no. 3, pp. 16–21.
- 2. Ivanov N.A. *Slantsevaya Amerika: energeticheskaya politika SShA i osvoenie netraditsionnykh neftegazovykh resursov* ['Shale' America: the energy policy of the United States and the development of unconventional oil and gas resources]. Moscow, Magistr Publ., 2014, 304 p.
- 3. Sinyak Yu.V., Nekrasov A.S., Voronina S.A., Semikashev V.V., Kolpakov A.Yu. Toplivno-energeticheskii kompleks Rossii: vozmozhnosti i perspektivy [The fuel and energy complex of Russia: opportunities and prospects]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2013, no. 1, pp. 4–21.
- 4. Sukharev O.S. *Ekonomika tekhnologicheskogo razvitiya* [Technological development economics]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2008, 480 p.
- 5. Abschätzung des Erdgaspotenzials aus dichten Tongesteinen (Schiefergas) in Deutschland. Hannover, Germany, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012. Available at: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/BGR_Schiefergaspotenzial_in_Deutschland_2012.pdf?__blob=publicationFile.
- 6. Annual Energy Outlook. Washington, DC, Energy Information Administration, 2012. Available at: http://ulpeis.anl.gov/documents/dpeis/references/pdfs/EIA_2012.pdf.

- 7. Assessment of Canada's Natural Gas Resources Base. Calgary, Alberta, Petrel Robertson Consulting Ltd, 2010.
- 8. Assessment of Potential Shale Gas Resources of the Bombay, Cauvery, and Krishnae Godavari Provinces, India, 2011. Available at: http://pubs.usgs.gov/fs/2011/3131/pdf/fs2011-3131.pdf.
- 9. Assessment of Shale Gas and Shale Oil Resources of the Lower Palaeozoic Baltic-Podlasie-Lublin Basin in Poland. Available at: http://gazlupkowy.pl/wpcontent/uploads/2012/03/raportEN.pdf.
- 10. Baker III Institute for Public Policy Rice University, 2010. Available at: http://bakerinstitute.org/.
- 11. Chinese Ministry of Land Resources. Results of the National Shale Gas Geological Survey and Priority Locations, 2012.
- 12. Clarke R. The Global Unconventional Gas Trends. Available at: http://bakerinstitute.org/media/files/event/d904c7b6/Robert Clarke secured.pdf.
- 13. Coppel J.S. Mexico's hydrocarbon potential. In: North American Energy Resources Summit. Houston, TX, United States, PEMEX, 2012.
- 14. Dai J., Ni Y., Wu X. Tight Gas in China and its Significance in Exploration and Exploitation. *Petroleum Exploration and Development*, 2012, vol. 39, no. 3, pp. 277–284.
- 15. Dawson F.M. Cross Canada Check up Unconventional Gas Emerging Opportunities and Status of Activity. In: CSUG Technical Luncheon. Calgary, AB, 2010. Available at: http://www.csug.ca/images/Technical_Luncheons/Presentations/2010/MDawson AGM2010.pdf.
- 16. The Unconventional Hydrocarbon Resources of Britain's Onshore Basins Shale Gas. Department of Energy & Climate Change. Available at: http://www.fraw.org.uk/files/extreme/decc_shale_2012.pdf.
- 17. Dong D., Zou C., Yang H., Wang Y., Li X., Chen G., Wang S., Lu Z., Hong Y. Progress and Prospects of Shale Gas Exploration and Development in China. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, no. 33 (S. 1), pp. 107–114.
- 18. Ejaz Q. Supplementary paper SP2.2: Background Material on Natural Gas Resource Assessments, with Major Resource Country Reviews. Cambridge, MT, MIT, 2010.
- 19. Fueling North America's Energy Future: the Unconventional Natural Gas Revolution and the Carbon Agenda. Available at: http://www.nuevomidstream.com/sites/default/files/resources_fuelingnorthamericasenergyfuture.pdf.

- 20. Gas from Shale: Potential outside North America? Cambridge, MA, IHS CERA, 2009.
- 21. Harvey T., Gray J. The Unconventional Hydrocarbon Resources of Britain's Onshore Basins Shale Gas. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/367287/Shalegas uk.pdf.
- 22. Henning B.B. Talking about a Revolution: Shale and Natural Gas Market Fundamentals in American Gas Association Leadership Council. Washington, DC, ICF International, 2011. Available at: http://www.docket7970.com/ANR/Attachment%20A.ANR.VGS. RTP.1-3%20%28Gilbert%29/9-Henning%20Presentation%20110329%20Draft%20V3.pdf.
- 23. Hennings S. Shale Gas Resources and Development. In: IIR Inaugural Shale Gas Briefing. Brisbane, 2010.
- 24. Jia C., Zheng M., Zhang Y. Unconventional Hydrocarbon Resources in China and the Prospect of Exploration and Development. *Petroleum Exploration and Development*, 2012, vol. 39, no. 2, pp. 139–146.
- 25. Kuuskraa V.A. Economic and Market Impacts of Abundant International Shale Gas Resources. In: Worldwide Shale Gas Resource Assessment. Washington, DC, Advanced Resources International Inc., 2011. Available at: http://csis.org/files/attachments/110505_EnergyVello.pdf.
- 26. Kuuskraa V.A. Gas Shales Drive the Unconventional Gas Revolution. In: Washington Energy Policy Conference: The Unconventional Gas Revolution. Washington, DC, Advanced Resources International Inc., 2010.
- 27. Kuuskraa V.A. Unconventional Gas: an Exportable North American Revolution? In: The Changing Fundamentals of Global Gas Markets Europe as the Battleground? Washington, DC, Advanced Resources International Inc., 2010.
- 28. Kuuskraa V.A. Worldwide Gas Shales and Unconventional Gas: a Status Report. Arlington, VA, Advanced Resources International Inc., 2009. Available at: http://www.adv-res.com/pdf/Kuuskraa%20Condensed%20Worldwide%20Uncon%20Gas%2012_12_09.pdf/.
- 29. Kuuskraa V.A., Van Leeuwen T. Economic and Market Impacts of Abundant Shale Gas Resources. In: Global Leaders Forum: The Natural Gas Revolution: U.S. and Global Impacts. Arlington, VA, Advanced Resources International Inc., 2011.
- 30. McGlade C., Speirs J., Sorrell S. Unconventional Gas a Review of Regional and Global Estimates. *Energy*, 2013, no. 55, pp. 571–584.

- 31. Mohr S.H., Evans G.M. Long term Forecasting of Natural Gas Production. *Energy Policy*, 2011, vol. 39, no. 9, pp. 5550–5560.
- 32. Mohr S.H., Evans G.M. Shale Gas Changes N. American Gas Production Projections. *Oil and Gas Journal*, 2010, vol. 108, no. 27, pp. 60–64.
- 33. Moniz E.J., Jacoby H.D., Meggs A.J.M. The Future of Natural Gas. Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 2010. Available at: http://mitei.mit.edu/publications/reports-studies/future-natural-gas.
- 34. National Assessment of Oil and Gas Resources Update. Reston, VA, United States Geological Survey (USGS), 2012.
- 35. Petak K.R. Impact of natural gas supply on CHP development. In: US Clean Heat & Power Association's (USCHPA) Spring CHP Forum. Washington, DC, 2011.
- 36. Potential Gas Committee Reports Substantial Increase in Magnitude of US Natural Gas Resource Base. Available at: http://potentialgas.org/press-release.
- 37. Potential Gas Committee Reports Unprecedented Increase in Magnitude of U.S. Natural Gas Resource Base. Available at: http://www.mines.edu/Potential-Gas-Committee-reports-unprecedented-increase-inmagnitude-of-U.S.-natural-gas-resource-base.
- 38. Reserves, Resources and Availability of Energy Resources: 2011. Hannover, Germany, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2012. Available at: http://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-15e.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- 39. Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays. Washington, DC, INTEK, 2011.
- 40. Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays. Washington, DC, INTEK, 2012.
- 41. Rogner H.-H. An Assessment of World Hydrocarbon Resources. *Annual Review of Energy and the Environment*, 1997, no. 22, pp. 217–262.
- 42. Schenk C.J., Kirschbaum M.A., Charpentier R.R., Cook T.A., Klett T.R., Gautier D.L., Pollastro R.M., Weaver J.N., Brownfield M. Assessment of Potential Shale Gas and Shale Oil Resources of the Norte Basin, Uruguay, 2011. Reston, VA, US Geological Survey, 2011, 2 p.

- 43. Shale Gas and Emerging Market Dynamics. In: USAEE/IAEE's 29th North American Conference. Calgary, Alberta, James A Baker III Institute for Public Policy Rice University, 2012.
- 44. Shale Gas and U.S. National Security. Houston, TX, Rice University, 2011.
- 45. Shale Gas, Emerging Fundamentals, and Geopolitics. In: SPEGCS General Meeting. Houston, TX, James A Baker III Institute for Public Policy Rice University, 2012.
- 46. Skipper K. Status of Global Shale Gas Developments, with Particular Emphasis on North America. In: IIR Inaugural Shale Gas Briefing. Brisbane, 2010.
- 47. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries outside the United States. Available at: http://www.eia.gov/analysis/studies/world-shalegas/pdf/overview.pdf.
- 48. Theal C. The Shale Gas Revolution: the Bear Market Balancing Act, 2009.
- 49. Tian L., Wang Z., Krupnick A., Liu X. Stimulating Shale Gas Development in China: a Comparison with the US Experience. *Energy Policy*, 2014, no. 75, pp. 109–116.
- 50. World Energy Council. In: Survey of Energy Resources: Focus on Shale Gas. Ed. by Davis R. London, UK, World Energy Council, 2010. 36 p.
- 51. World Shale Gas Resources: an Initial Assessment of 14 Regions outside the United States. Washington, DC, Advanced Resources International Inc., 2011. Available at: http://ru.scribd.com/doc/53199732/World-Shale-Gas-Resources-EIA.
- 52. Zou C.N., Dong D.Z., Wang S.J., Li J.Z., Li X.J., Wang Y.M., Li D.H., Cheng K.M. Geological Characteristics and Resource Potential of Shale Gas in China. *Petroleum Exploration and Development*, 2010, vol. 37, no. 6, pp. 641–653.

Svetlana V. RATNER

Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation lanarat@mail.ru

Valerii V. IOSIFOV

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation iosifov@kubstu.ru