

DOI: 10.21122/1029-7448-2016-59-5-464-478

УДК 622.276

О повышении энергетической безопасности Беларуси

С. Н. Осипов¹⁾

¹⁾ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.» (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2016
Belarusian National Technical University, 2016

Реферат. Энергетическая безопасность государства обеспечивается минимально необходимым соотношением собственных и импортируемых энергоресурсов. Поэтому в энергетической отрасли следует увеличить энергосбережение с помощью использования собственных энергоресурсов. За последние сто лет развития геологической науки установлена преимущественная приуроченность нефтегазовых месторождений к зонам (блокам) геологических разломов, многие из которых достигают поверхности фундамента нашей планеты. Сложный процесс нефтегазообразования определяется геологическими, геохимическими, гидрогеологическими и другими факторами. При этом существуют концепции органического и неорганического происхождения нефти и газа. Образование существенных нефтегазовых месторождений возможно при наличии высокопористых и трещиноватых пород (нефть) или так называемых газовых ловушек. Перспективными для открытия существенных нефтегазовых месторождений являются центральные и южные районы Припятского прогиба и районы на границах Микашевичско-Житковичского выступа. Требуют внимательного изучения геологические условия районов в южной части Подляско-Брестской и северо-восточной части Оршанской впадин. В области Белорусской антеклизы, особенно вблизи Балтийской синеклизы, на больших глубинах в пористых породах возможно наличие нефтегазовых месторождений неорганического происхождения. Применение весьма эффективного плазменно-импульсного воздействия на нефтегазовые подземные коллекторы требует изучения целесообразности их использования на новых и ранее отработанных месторождениях. При разведке полезных ископаемых следует также применять такие «экзотические» методы, как оценка выделений гелия, радоновый радиоактивный анализ и др. Это нужно для обнаружения возможных разломных зон и перспективного поиска углеводородных энергоресурсов. Чтобы обеспечить энергетическую безопасность Беларуси, следует оценить возможность использования попутных газов для газоснабжения значительной части страны. Известные природные запасы углеводородов уже в ближайшем будущем позволят добиться энергетической безопасности республики.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, нефтегазовые месторождения, углеводороды, геологические разломы, Припятский прогиб, плазменно-импульсное воздействие, попутные газы

Для цитирования: Осипов, С. Н. О повышении энергетической безопасности Беларуси / С. Н. Осипов // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2016. Т. 59, № 5. С. 464–478

Адрес для переписки
Осипов Сергей Николаевич
ГП «Институт жилища – НИПТИС
имени Атаева С. С.»
ул. Ф. Скорины, 15,
220114, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 263-81-91
up-niptis@rambler.ru

Address for correspondence
Osipov Sergey N.
Government Enterprise “Institute of Habitation –
NIPTIS named after Ataev S. S.”
15 F. Skorina str.,
220114, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 263-81-91
up-niptis@rambler.ru

On Increasing Energy Security of Belarus

S. N. Osipov¹⁾

¹⁾Government Enterprise “Institute of Habitation – NIPTIS named after Ataev S. S.” (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Energy security is provided by the minimum required ratio of domestic and imported energy resources. Therefore, in the energy sector energy efficiency should be increased through the use of its own energy resources. Over the last hundred years of development of geological science a preferential distribution of oil and gas fields to areas (blocks) of geological faults, many of which reach the surface of the foundation of our planet, has been determined. The complex process of oil and gas formation is predetermined by geological, geochemical, hydrogeological and other factors. The concepts of organic and inorganic origin of oil and gas are also relevant in the context under consideration. The formation of sufficient oil and gas fields is possible in the presence of highly porous and fractured rocks (for oil) or so-called gas traps. Promising for the discovery of sufficient oil and gas fields are the central and southern areas of the Pripyat trough and the areas on the borders Mikashevichsi-Zhitkovichi ledge. The geological conditions of the areas in the Southern part of the Podlaska-Brest and the North-Eastern part of the Orsha troughs require most thorough investigations. In the area of the Belarusian anteklise, especially near the Baltic syncline, at great depths in porous rocks the presence of oil and gas deposits of inorganic origin is possible. The use of plasma-pulse impact (that is a very effective one) on the oil and gas underground reservoirs requires a study of the feasibility of their use in new and existing waste deposits. In the exploration of minerals such “exotic” methods, as the assessment of the discharge of helium, radon, radioactive analysis, etc. should also be applied. It is necessary to detect a possible fault zones and prospective search of hydrocarbon energy resources. To ensure energy security of Belarus, the evaluation of the possibility of using associated gas to supply with it a significant part of the country should be fulfilled. The reputed natural deposits of hydrocarbons in the near future will allow us to achieve energy security of the Republic of Belarus in the near future.

Keywords: energy security, oil and gas deposits, hydrocarbons, geological faults, Pripyat trough, plasma-pulse impact, associated gases

For citation: Osipov S. N. (2016) On Increasing Energy Security of Belarus. *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* 59 (5), 464–478 (in Russian)

Энергетическая безопасность государства обеспечивается минимально необходимым соотношением собственных и импортируемых энергоресурсов. Пока это соотношение менее необходимого для нашей республики. Поэтому Президент Республики Беларуси постоянно требует от энергетиков и других отраслей увеличения доли использования собственных энергоресурсов и энергосбережения. Так, в 2015 г. глава государства выдвинул предположение, что в стране еще имеются месторождения природных ресурсов, кроме уже открытых. В связи с этим инициировано обсуждение возможности открытия неизвестных ранее залежей углеводородов (нефти, газа, угля и сланца) в недрах Беларуси.

Как показывают исследования автора статьи, проведенные за последние 60 лет [1, 2] и направленные на изучение образования газа метана в угольных пластах, его движения и выделения в атмосферу [3], залежи углеводородов в недрах могут образовываться в определенных областях геологических структур, расположенных на различных глубинах. Особый интерес представляют условия и процессы образования углеводородов

в недрах нашей планеты. Здесь, в принципе, возможны два варианта: органическое [3, 4] и минеральное происхождение [5] углеводородных залежей. Как отмечает В. П. Гаврилов [6, с. 113], одним из первых, кто высказал научно обоснованную концепцию органического происхождения нефти, был М. В. Ломоносов, а неорганического – Д. И. Менделеев (1876 г.).

Формирование зон нефтегазонакопчений зависит от тектонического режима развития геологических разломов в период накопления осадочного чехла земной коры [6, с. 115]. Современная геология установила, что сложный процесс нефтегазонакопления определяется геологическими, геохимическими, гидрогеологическими и другими факторами. Самые важные факторы для образования скоплений углеводородов в земной коре – это развитие ловушек, коллекторов, гидродинамического режима подземных вод, миграции.

Известно положительное влияние разломов на формирование месторождений нефти и газа [6, с. 118]. В нижних осадочных комплексах, как правило, максимальные запасы концентрируются в приразломной полосе шириной 15–20 м. Чем ближе к земной поверхности, тем большее удаление от разлома залежей нефти и газа возможно (40–60 км). Геологические нарушения (дизъюнктивные, т. е. с разрывом и смещением пород), называемые разломами, могут быть «открытого» и «закрытого» типов [3, с. 135–142, 224–242]. При «открытом» типе дизъюнктивных нарушений происходят интенсивное удаление (по различным причинам) углеводородов из приразломной зоны и перенос в более удобные для накопления геологические структуры (например, куполообразные) или вынос в земную атмосферу. При «закрытом» типе нарушений углеводороды обычно накапливаются в указанных выше пределах приразломной зоны.

Известные белорусские нефтегазовые месторождения расположены в зоне разломов юго-западнее Гомеля и приурочены к северной зоне Припятского прогиба. Примерно в такой же зоне расположено Старобинское месторождение калийных солей (г. Солигорск), при разработке которого встречаются очаги газодинамических явлений с высокими давлениями смесей азота с углеводородными газами, поступившими туда из водных растворов калийных и подстилающих горизонтов [7, с. 89–116]. При этом максимальное пластовое давление соляных водных растворов доходит до 44,1 МПа, что обычно соответствует максимальной глубине до 4000 м, а возраст образования очагов газодинамических явлений можно оценить в 300 млн лет [7, с. 116]. Однако в [8, с. 76] сказано, что кристаллический фундамент Старобинского месторождения калийных солей вскрыт двумя скважинами на глубинах 1659 и 2104 м. Следовательно, либо часть водно-соляных растворов поступает из пород или разломов кристаллического фундамента, либо в наносах имеются зоны аномально высоких давлений этих растворов.

Особый интерес представляют выводы В. Н. Николаевского [9, с. 27], который обобщил результаты исследований изменения трещиноватости горных пород с глубиной в земной коре. Обнаружено, что на глуби-

нах 6–7 км и более при существовании открытой пористости в осадочных породах наступает хрупкое разрушение кристаллического фундамента. Углеводородные жидкости могут находиться в форме газоконденсата в «корнях» разломов и даже подпитываться метаном из коры и мантии земли, что подтверждается данными сверхглубокого бурения.

Как установлено лабораторными [8, с. 36] и аналитическими [3] исследованиями, движение природных газов из глубин земной коры происходит в основном (кроме гейзеров и подобных явлений) за счет диффузии через воду и осадочные породы. При этом коэффициенты диффузии углеводородных газов в воде составляют [8, с. 36]: метан CH_4 – $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$; этан C_2H_6 – $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$; пропан C_3H_8 – $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$; гексан C_6H_{14} (в дистиллированной воде) – $2,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$. Коэффициенты диффузии паров гексана во влажных (26–28 %) глинах, их смесях с песком и кварцевом песке таковы: 0,155; 0,25; 0,12; 0,17 и 0,061 $\text{ см}^2/\text{с}$, что примерно на порядок меньше, чем для воды. Кроме этого, примерно такое же различие наблюдается при диффузии газов вдоль и поперек напластования пород [3], что приводит к ускоренной дегазации крутозалегающих отложений по сравнению с пологим. Большое влияние на интенсивность дегазации отложений оказывают дизъюнктивные (разрывные) геологические нарушения «открытого» типа, т. е. доходящие почти до земной поверхности [3, с. 135–142; 224–242], или «закрытого» типа – перекрытые малопроницаемыми отложениями на какой-то глубине от земной поверхности. Примерно такое же влияние на газосодержание и динамику движения природных газов оказывают разломные и приразломные зоны в кристаллическом фундаменте земной коры.

При ориентировочной оценке возможной диффузии углеводородных газов через горные породы к земной поверхности И. В. Высоцкий [8, с. 39] принимает величину коэффициента диффузии $0,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, т. е. не учитывает возможный перенос газов подземными водами. Так, из источника газа, залегающего на глубине 1000 м, под давлением около 10 МПа при температуре 40 °С за 10^6 лет с 1 м² земной поверхности может диффундироваться примерно 40 м³ газа. Установление стационарного режима диффузии газа через горные породы в земной коре при указанных идеальных условиях требует сотен тысяч и миллионов лет [10].

Весьма интересные результаты экспериментальных исследований приведены В. Энгельгардтом в [11], где рассмотрены вопросы фильтрации жидкостей и газов в пористых породах. Показано [11, с. 86], что во многих пористых средах проницаемость сильно зависит от содержания солей в водном растворе. Кроме того, отмечено возможное влияние гранулометрического состава песчаников на фильтрационную проницаемость. Так, при медианном диаметре зерен 0,25–0,50 мм в одном из нефтяных песчаников их проницаемость составляла 5700–9900 мкД, а при 0,04 мм в другом месторождении нефти – всего 7–35 мкД, т. е. на 2–3 порядка меньше.

Несомненно большой интерес для оценки нефтегазоносности недр Республики Беларусь представляют результаты многолетних исследований

А. М. Ковхута [1], проведенных на базе обширного фактологического материала. Здесь особенно важны следующие выводы:

- образование трещин в межсолевых отложениях Припятского прогиба, где расположены известные до настоящего времени промышленные нефтегазовые месторождения Беларуси, начинается обычно при коэффициенте кривизны пласта $9 \cdot 10^{-5}$, а оптимальными участками с повышенной трещиноватостью и улучшенными коллекторскими свойствами являются те, на которых положительные и отрицательные аномалии имеют кривизну более $\pm(10 \cdot 10^{-5})$ [1, с. 9–10]. Это подтверждается получением притока нефти из нижней части пласта в скважине 3 на Каменской площади, которая попадает в зону отрицательной аномалии с коэффициентом кривизны $5 \cdot 10^{-4}$ [1, с. 17];

- при изучении разломов в платформенном чехле и поверхности фундамента установлено, что разломы формируют блоковую структуру в под- и среднесолевых отложениях, имеющую локальные поднятия, которые при определенных характеристиках перспективны по наличию нефтегазности. Но для выявления таких структур необходимы детальные исследования с высокой точностью определения простирания и амплитуды локальных разломов, установления зон повышенной трещиноватости с улучшенными коллекторскими свойствами пород [1, с. 15];

- перспективы нефтеносности подсолевых отложений в пределах Гоголевской структуры подтверждаются тем, что они расположены между двумя месторождениями – Притокским и Новинским [1, с. 16];

- по мере удаления от разлома число трещин уменьшается и постепенно сходит на нет [1, с. 7], что аналогично переменной газопроницаемости угольного пласта вблизи плоской обнаженной поверхности [12] или в окрестности скважины [13];

- основные направления разломов – северо-восточное (наиболее древнее) и северо-западное.

Как следует из карты полезных ископаемых дочетвертичных отложений [14] тектонического районирования территории Беларуси [15, с. 14], почти все локальные месторождения нефти расположены примерной полосой с южной стороны вблизи проникающего в чехол суперрегионального разлома. Этот разлом – северная граница Припятского прогиба, который практически является продолжением Днепровско-Донецкого прогиба, богатого углеводородными залежами (газ, уголь). Между этими прогибами расположена Брагинско-Лоевская седловина, ограниченная региональными разломами, проходящими практически нормально к общему направлению прогибов. Зона расположения локальных нефтяных месторождений [16, с. 64], обусловленных блоковой структурой Припятского прогиба, расположена в его северной части и сходит к нулю в северо-западном направлении [14], занимая около 30 % отмеченной нефтеносной площади.

Приуроченность нефтегазовых месторождений к северной части Припятского прогиба, где проходит суперрегиональный разлом, проникающий

в платформенный чехол, может вызвать вопрос о неорганическом происхождении нефти, как это следует из схемы геологического строения на рис. 1 [16, рис. 42]) Александровского и Южно-Александровского месторождений нефти. Однако такие и им подобные месторождения могли образовываться только при наличии ловушек в соответствии с условиями, определенными в [1].

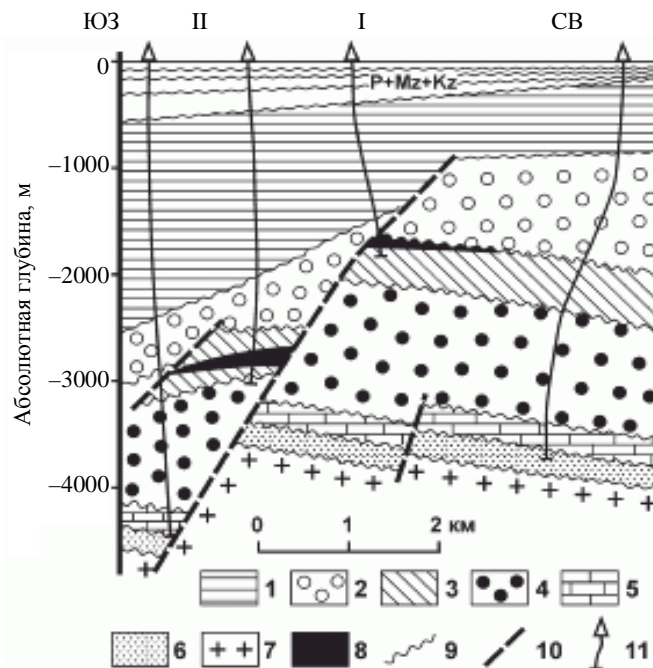


Рис. 1. Строение Александровского (I) и Южно-Александровского (II) месторождений нефти (по В. Г. Данилову) с осадочными толщами: 1 – надсолевая девонская и каменноугольная; 2 – верхняя солевая; 3 – межсолевая; 4 – нижняя солевая; 5 – подсолевая карбонатная; 6 – подсолевая терригенная; 7 – кристаллический фундамент; 8 – нефть; 9 – стратиграфические границы; 10 – разломы; 11 – скважины

Fig. 1. The structure of the Alexander (I) and the Southern Alexander (II) oil (according to V. G. Danilov) with the sedimentary strata: 1 – post-salt Devonian and Carboniferous; 2 – upper salt; 3 – inter salt; 4 – lower salt; 5 – pre-salt carbonate; 6 – pre-salt clastic; 7 – crystalline basement; 8 – oil; 9 – stratigraphic boundaries; 10 – faults; 11 – bores

Изложенное также подтверждается картой тектонического районирования территории Беларуси (рис. 2) [17], где у северной границы Припятского прогиба параллельно суперрегиональному разлому зону нефтяных месторождений пересекает региональный разлом. Из сопоставления карт полезных ископаемых [14] и тектонического районирования (рис. 2) следует, что перспективные для поисков нефтегазоносные области в основном находятся на территории Подляско-Брестской и Оршанской впадин.

Кроме того, возникает вопрос, почему у южной границы Припятского прогиба, имеющего схему строения, аналогичную северной, не обнаружено

существенных нефтяных месторождений? Хотя о недостаточно изученных территориях Припятского прогиба (центральная и южная зоны) говорилось еще в 1999 г. на Гомельской научно-практической конференции, определенной стратегией развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 гг. [16].

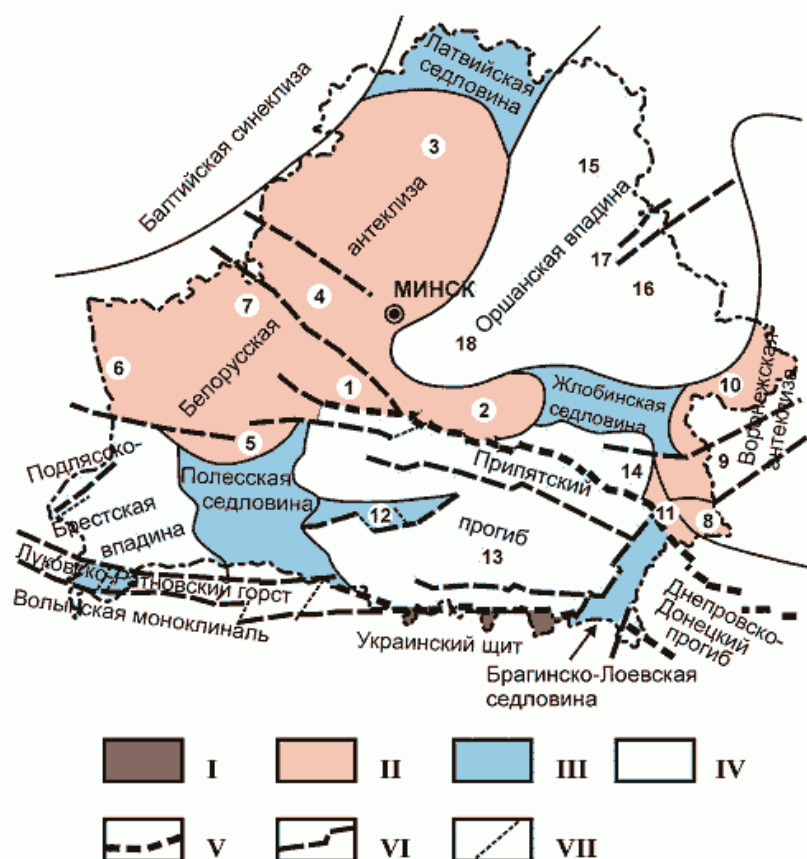


Рис. 2. Карта тектонического районирования территории Беларуси (по Р. Г. Гарецкому, Р. Е. Айзбергу): I – кристаллический щит; II – антеклизы; III – седловины, выступы, горсты; IV – прогибы, впадины, синеклизы; V, VI, VII – суперрегиональные, региональные (субрегиональные) и локальные разломы соответственно; 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10 – Бобовнянский, Бобруйский, Вилейский, Ивацевичский, Гремячский, Мазурский, Суражский погребенные выступы; 4, 9, 13 – Воложинский, Клинцовский, Припятский грабен; 7 – Центрально-Белорусский массив; 11 – Гомельская структурная перемычка; 12 – Микашевичско-Житковичский выступ; 14 – Северо-Припятское плечо; 15, 16 – Витебская, Могилевская мульда; 17 – Центрально-Оршанский горст; 18 – Червенский структурный залив

Fig. 2. The map of tectonic zoning of the territory of Belarus (according to R. G. Garetski, R. E. Aizberg): I – crystal shield; II – anticlines; III – saddle, ledges, horsts; IV – troughs, basins, syncline; V, VI, VII – super-regional, regional (sub-regional) and local faults, respectively; 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10 – Bobovnya, Bobruisk, Vileika, Ivatsevichi, Gremyatcha, Mazursk, Surazh buried ledges; 4, 9, 13 – Volozhin, Klintsoy, Pripyat graben; 7 – Central Belarusian array; 11 – Gomel structural coffer-dam; 12 – Mikashevitchi-Zhitkovichi ledge; 14 – North-Pripyat shoulder; 15, 16 – Vitebsk, Mogilev trough; 17 – Central-Orsha gorst; 18 – Cherven structural bay

Несомненный интерес представляет предложение В. Н. Бескопыльного [18] по добыче углеводородов из нетрадиционных нефтегазоматеринских отложений, которые относятся к полуколлекторам или коллекторам с аутигенной нефтегазоносностью. Примером подобных полуколлекторов В. Н. Бескопыльный считает породы баженовской свиты, о которых пишет: «Изучение нефтеносности баженовской свиты – баженитов – показало, что насыщающая эти породы нефть образовалась здесь же, на месте – *in situ*. Формирование скоплений углеводородов произошло в то же время, когда образовался коллектор (полуколлектор) в данной нефтематеринской породе. Нефть ниоткуда не пришла, она местная, т. е. генерированная нефтесодержащими породами. Данное обстоятельство указывает на нетрадиционность таких скоплений нефти. Баженовская свита признана новым (нетрадиционным) типом залежей нефти и газа. В Припятском НГБ аналогом баженитов являются фаменские доманикиты, которые, как и первые, обогащены значительным объемом органических веществ, подвергшихся катагенетическим преобразованиям, соответствующим главной фазе генерации нефти».

Однако в [18] упоминается нефтегазообразование только в межслоевой толще, а о подобных процессах в подслоевой толще речь даже не идет. Конечно, значительная часть углеводородов в процессе генезиса в другие геологические периоды могла рассеяться в окружающих отложениях и выйти в атмосферу, но вещественные следы существенного нефтегазообразования должны остаться. В. Н. Бескопыльный отмечает: «В Припятском прогибе наибольший интерес для поисков нетрадиционных резервуаров представляют глинисто-карбонатные и глинисто-кремнеземно-карбонатные межслоевые отложения, которые требуют особых нюансов в технологиях интенсификации и повышения нефтеотдачи (в частности, гидравлического разрыва пластов)».

В настоящее время российскими учеными разработан и успешно применяется принципиально новый метод интенсификации добычи нефти, который назван плазменно-импульсным воздействием (ПИВ) [19]. Как отмечает А. Д. Дмитриевский [20], метод ПИВ разработан российскими учеными Я. Зельдовичем, В. Глухих, А. Молчановым и В. Николаевским. Суть в том, что энергия плазмы преобразуется в мощную ударную волну, которая разрывает пласт и образует трещины длиной до 1,5 км. По этим каналам нефть движется к скважине. Получив такой «удар», пласт резонирует, что многократно усиливает эффект воздействия. В Оренбургской области России открыто гигантское месторождение необычной, так называемой матричной нефти, которая является «трудной», но благодаря содержанию редкоземельных элементов весьма ценной [20]. Она может быть добыта методом ПИВ, также позволяющим возродить старые месторождения и даже заброшенные скважины, в которых остается более 50–70 % нефти. Залежи «трудной» нефти, пропитывающей плотные породы, напоминают описанные в [18] коллекторы с аутигенной нефтегазоносностью.

В [21] отмечается, что с помощью ПИВ научились вызывать резонанс в нефтеносном пласте. Это создает аномальную трещиноватость, снимает поверхностное натяжение и вызывает эффект акустической кавитации, уменьшая вязкость нефти. Взрывные технологии использовались для увеличения нефтедобычи и прежде, однако химические взрывы ограничены сериями лишь в несколько десятков за один спуск. Их невозможно точно дозировать по месту, времени и мощности, а генератор плазмы способен сделать за один спуск до тысячи точных импульсов, что позволяет использовать его для создания резонанса [21].

При разработке газоносных угольных пластов в определенных горно-геологических условиях происходят газодинамические явления в виде внезапных выбросов угля, породы и газа. Данные выбросы развиваются и осуществляются при воздействии вибрационно-волновых процессов в горном массиве [22], что в определенной мере напоминает развитие этих процессов при использовании генераторов ПИВ. Поэтому представляется весьма перспективным применение ПИВ для добычи углеводородов из нефтегазоматеринских полуколлекторов или коллекторов с аутигенной нефтегазоносностью [18], но требует соответствующих дополнительных исследований.

В последние годы широко применяются (особенно в США) технологии получения жидких углеводородов, аналогичных нефти, из углей и сланцев, залегающих под земной поверхностью, путем их растворения и откачки раствора через скважины. Такие исследования интенсивно производились в США с начала 70-х гг. прошлого столетия [23, с. 35]. В настоящее время методы получения жидких углеводородов из сланцев создают реальную конкуренцию традиционным способам, особенно при разработке сланцев. Однако использование ядовитых растворителей делает ядовитыми подземные воды, многие из которых являются источниками питьевой или технической воды. Кроме того, растворение сланцевых пластов, особенно залегающих неглубоко, часто приводит к существенной осадке поверхности земли, что разрушает фундаменты зданий и подземные сооружения.

До настоящего времени в недрах Беларуси не разведано ни одного значительного чисто газового месторождения по классификации А. А. Ионина [24, с. 6], а получаемый природный газ является попутным, т. е. выделяемым из скважин нефтяных месторождений совместно с нефтью. Попутные газы обычно отличаются от газовых залежей меньшим содержанием CH_4 (примерно 40–80 % [24]) в отличие от 75–99 % легких газовых смесей, значительным содержанием C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} и C_5H_{12} и, следовательно, более высокой теплотой сгорания ($40 \cdot 10^3$ – $60 \cdot 10^3$ кДж/м³ при $t = 0$ °С и $p = 101,3$ кПа) по сравнению с легкими газовыми смесями ($34 \cdot 10^3$ – $39 \cdot 10^3$ кДж/м³ при тех же условиях). Среди 20 залежей легких газов [24] имеется одно (Вуктылское, Коми АССР), в котором газы по своим основным свойствам имеют показатели: теплота сгорания 47458 кДж/м³, плотность 1,043 кг/м³, а сумма содержания $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_5\text{H}_{12}$ составляет 20,9 %. Одна-

ко в этом случае недалеко находятся нефтяные месторождения, а толща мерзлоты создает условия прекрасной изоляции от диффузии газа в атмосферу.

В 1975 г. при добыче в Беларуси около 8 млн т нефти количество попутных газов превышало 100 тыс. т в год, что позволило построить и эксплуатировать в течение ряда лет систему бытового газоснабжения города Речицы и ряда других населенных пунктов Гомельской области, использующих эти попутные газы. Однако в связи с резким уменьшением добычи нефти к XXI в. такие системы газоснабжения были переведены на импортный природный газ, а добываемое в настоящее время относительно небольшое количество попутного газа используется для зарядки газовых баллонов сжиженным газом и на собственные энергетические нужды предприятий.

Наличие значительных перспективных площадей, кроме Припятского прогиба, на нефтегазоносность (рис. 2) позволяет надеяться на открытие новых существенных газовых месторождений, а возможная оценка параметров может проводиться в соответствии с рекомендациями [25]. Примером такого открытия служит значительное газовое месторождение, расположенное в Харьковской и Полтавской областях около северной границы Днепровско-Донецкого разлома.

Еще Д. И. Менделеев и В. И. Ленин указывали на возможность подземной газификации углей с целью получения горючих углеводородных газов [26]. Поэтому, начиная с 1930 гг., в СССР были созданы экспериментальные шахтные и бесшахтные предприятия, в том числе два в Донецком бассейне, на которых проводились исследования в течение десятков лет. Последняя экспериментальная установка для подземной газификации закрыта в Донецком бассейне в 80-е гг. XX в. В Донецком индустриальном институте имени Н. С. Хрущева в 1950-е гг. открыта специальность «Подземная газификация», которая просуществовала до 1960-х гг. Интересно отметить, что в 70–80-е гг. прошлого века все результаты исследований по подземной газификации угольных пластов купили американцы, заплатив несколько миллионов долларов. Такой интерес в США подтверждается патентованием в 1970-е гг. различных вариантов подземной газификации углей. Также известно получение синтетического жидкого топлива (аналога бензина) из добытого угля, которое было налажено в Германии во время Второй мировой войны, что стоило весьма дорого, и пока такое получение жидкого топлива не выгодно.

В 70-е гг. прошлого столетия в Донбассе проводились натурные эксперименты по дегазации и предотвращению газодинамических явлений при разработке глубоко залегающего газоносного угольного пласта путем его гидравлического разрыва через пробуренную с поверхности специальную скважину [27]. При этом ударное гидравлическое воздействие на данный выбросоопасный угольный пласт производилось неоднократно, что иногда вызывало ответную вибрационно-волновую реакцию горного массива. Так, с этого времени начались исследования газовиков и нефтяников по удар-

ному или иному силовому воздействию на горный массив с целью генерации собственных резонансных волновых процессов, приводящих к существенному газовыделению из угольного пласта и пород. Необходимо отметить, что зоны, опасные по газодинамическим явлениям в угольных и породных (как правило, песчаник) пластах Донбасса, обычно приурочены к повышенным напряжениям в породном массиве, а зоны повышенных напряжений сопряжены с тектоническими нарушениями.

Учитывая блочное строение нефтегазовых отложений в Припятском прогибе, интересно отметить исследования местных и локальных зон повышенной газопроницаемости, покрывающих угольные пласты пород Донбасса, которые могли служить каналами для выхода генерируемых в угольных отложениях газов на земную поверхность [2, с. 68]. Исследования проводились в 70-е гг. прошлого столетия Ю. В. Рябоштаном, обнаружившим с помощью родонового радиоактивного анализа зоны повышенной (по сравнению с соседними участками) интенсивности выхода газов. Возможно, такой способ обнаружения блочных разломов стоит использовать при разведке нефтегазовых месторождений в Беларуси.

В угольных отложениях Карбона, расположенных в Днепровско-Донецком прогибе, в процессе метаморфизма растительных отложений образовались многие триллионы кубических метров метана, значительная часть которых благодаря глубокому залеганию угольных пластов сохранилась до сих пор. В Беларуси основные месторождения относятся к бурым углям. При их образовании выделяется немного метана (всего 10–30 м³/т горючей массы по сравнению с сотнями кубометров в угольных пластах Донбасса [2]). Поэтому при метаморфизме растительных остатков до бурых углей при их неглубоком залегании (до 2000–2500 м) возможна их интенсивная дегазация за прошедшие геологические периоды (до 200 · 10⁶ лет). Как отмечает И. В. Высоцкий [4, с. 39], коэффициент диффузии углеводородных газов через осадочные горные породы можно принять около 10⁻⁶ см²/с. В этом случае из источника газа, залегающего на глубине 1000 м, под давлением 10 МПа и при температуре около 40 °С за 10⁶ лет с 1 м² поверхности будет диффундировать около 40 м³ газа, а за прошедшие геологические периоды почти все газы могли уйти в атмосферу или протекающую подземную воду. Однако многие крупные месторождения газа расположены под значительными толщами вечной мерзлоты (Сибирь) или морской воды (Северное, Балтийское, Баренцево, Охотское моря и др.), которые являются природными изоляторами от вековой дегазации.

Следует отметить, что многие районы Припятского прогиба и Оршанской впадины подвержены локальным, а иногда и контрастным неотектоническим движениям, которые могут приводить к неравномерной напряженности горных пород и их склонности к газодинамическим проявлениям [28]. Это является серьезным фактором при обеспечении безопасности разработки Старобинского месторождения калийных солей [7]. Основные месторождения горючих сланцев в Беларуси приурочены к надсолевой де-

вонской толще в средней части Припятского прогиба. Такие сланцы представляют собой осадочную породу с высоким (более 15 %) содержанием твердого органического вещества – керогена [16]. Прогнозные ресурсы этих горючих сланцев до глубины 600 м – около $11 \cdot 10^9$ т, что в переводе на возможное топливо составляет примерно 10^9 т. Различные залежи бурых углей до глубины 900 м могут быть около 10^9 т [16].

По мнению В. Н. Бескопыльного [18], масса неразведанных извлекаемых ресурсов нефти в традиционных межслоевых ловушках составляет $(40\text{--}240) \cdot 10^6$ т при вероятности существования 90–10 % ($36 \cdot 10^6\text{--}24 \cdot 10^6$ т), а остаются неразведанными извлекаемые ресурсы углеводородов в объеме 240–600 млн т. Следовательно, потенциальные природные углеводородные ресурсы Беларуси вполне достаточны для обеспечения энергетической безопасности, для которой необходима добыча примерно $4 \cdot 10^6$ т нефти в год и $12 \cdot 10^9$ м³ газа в год в пересчете на СН₄. При этом необходимо предусмотреть возможность использования попутных газов вместе или вместо легкого природного газа, который применяется в настоящее время в распределительной системе газоснабжения Беларуси.

Создание подземных газовых хранилищ в Гомельской и Брестской областях свидетельствует о наличии в недрах Беларуси больших объемов пористых или трещиноватых пород, вокруг которых существует или можно создать достаточный газоизоляционный слой. Именно в таких природных ловушках имеются природные газовые месторождения. Поэтому следует заново произвести глубокий анализ возможных геологических условий образований, движения и накопления природных газов в недрах Беларуси и выполнить необходимые натурные исследования. Следует отметить, что анализ опубликованных и известных отчетных геологических материалов по недрам только Республики Беларусь требует огромной работы, но затраты на нее относительно невелики, а польза возможна большая.

ВЫВОДЫ

1. Обобщение некоторых опубликованных материалов специалистов об углеводородных запасах полезных ископаемых показывает возможность обеспечения энергетической безопасности Беларуси. Использование новейшей технологии (плазменно-импульсного воздействия на нефтеносную породу) для новых и ранее отработанных скважин может позволить существенно увеличить добычу нефти и газа.

2. Применение известных «экзотических» методов разведки полезных ископаемых (измерение выделения гелия, родоновый радиоактивный анализ и т. п.) для обнаружения возможных разломных зон повышенной газопроницаемости может оказаться перспективным для поиска углеводородных энергоресурсов. Увеличение добычи попутного газа в Припятском прогибе обеспечит бытовое газоснабжение значительной части Гомельской области.

3. Анализ опубликованных и отчетных геологических материалов по недрам Беларуси требует огромной работы и нетрадиционных взглядов на проблему обеспечения энергетической безопасности республики на базе собственных месторождений углеводородных ископаемых. Перспективными для открытия существенных нефтегазовых месторождений являются центральные районы Припятского прогиба и районы на границах Микашевичско-Житковичского выступа. Необходимо внимательное изучение геологических условий районов в южной части Подляско-Брестской и северо-восточной части Оршанской впадин. В области Белорусской антеклизы, особенно вблизи Балтийской синеклизы, на больших глубинах в пористых породах возможно наличие нефтегазовых месторождений неорганического происхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковхуто, А. М. Разломы Припятского прогиба (строение, эволюция, динамика) / А. М. Ковхуто. Минск: Институт геологии, геохимии и геофизики АН Беларуси, 1992. 20 с.
2. Осипов, С. Н. О влиянии длины лавы на газообильность выемочного участка / С. Н. Осипов // Уголь. 1956. № 6. С. 24–28.
3. Осипов, С. Н. Газодинамика карбона / С. Н. Осипов. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2007. 352 с.
4. Высоцкий, И. В. Основы геологии природного газа / И. В. Высоцкий. М.: Гостоптехиздат, 1954. 384 с.
5. Чекалюк, Э. Б. Термодинамические основы теории минерального происхождения нефти / Э. Б. Чекалюк. Киев: Наук. думка, 1971. 253 с.
6. Гаврилов, В. П. Феноменальные структуры земли / В. П. Гаврилов. М.: Наука, АН СССР, 1978. 144 с.
7. Андрейко, С. С. Газодинамические явления в калийных рудниках / С. С. Андрейко, П. А. Калучан, В. Я. Щерба. Минск: Вышэйш. шк., 2000. 336 с.
8. Месторождения калийных солей Беларуси: геология и рациональное недропользование / Э. А. Высоцкий [и др.]. Минск: Изд. центр БГУ, 2003. 264 с.
9. Николаевский, В. Н. Большая наука – газовой промышленности / В. Н. Николаевский // Газовая промышленность. 1990. № 5. С. 26–27.
10. Соколов, В. А. Очерки генезиса нефти / В. А. Соколов. М.: Гостоптехиздат, 1948. 460 с.
11. Энгельдарт, В. Поровое пространство осадочных пород / В. Энгельдарт. М.: Недра, 1964. 232 с.
12. Осипов, С. Н. О движении газа вблизи обнаженной поверхности угольного пласта при его переменной газопроницаемости / С. Н. Осипов, Б. П. Пясецкий // Механика жидкости и газа. 1965. № 3. С. 138–144.
13. Осипов, С. Н. Некоторые особенности газодинамического режима в окрестности скважины / С. Н. Осипов // Вестник БНТУ. 2004. № 3. С. 9–13.
14. Карта полезных ископаемых [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bygeo.ru/uploads/posts/picture/2011-03/Nac_56.jpg. Дата доступа: 15.03.2016.
15. Каропа, Г. Н. Физическая география Беларуси / Г. Н. Каропа. Гомель: Гомел. гос. ун-т имени Ф. Скорины, 2010. 107 с.
16. Горючие полезные ископаемые [Электронный ресурс] // Белорусский геологический портал. Режим доступа: <http://geology.by/-/7/126-2008-09-09-20-05-17.html>. Дата доступа: 15.03.2016.
17. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geology.by/2008-07-24-12-56-24.html>.
18. Бескопильный, В. Н. Генетический прогноз потенциала добычи углеводородов из нетрадиционных месторождений Припятского нефтегазоносного бассейна // Теория и

- практика современных методов интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи пластов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Гомель: ОАО «Полеспечать», 2012. С. 631–639.
19. Плазменно-импульсное воздействие [Электронный ресурс] // Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазменно-импульсное_воздействие. Дата доступа: 15.03.2016.
 20. Медведев, Ю. Сами возьмем [Электронный ресурс] / Ю. Медведев // Российская газета. 2015. № 6662. Режим доступа: <http://www.rg.ru/2015/04/29/neft.html>. Дата доступа: 15.03.2016.
 21. Сараев, В. Стартап взрывает недра [Электронный ресурс] / В. Сараев // ЭкспертOnline. 2014. Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2014/08/startap-vzryivaet-nedra/>. Дата доступа: 20.05.2016.
 22. Осипов, С. Н. Вибрационно-волновой механизм выбросов угля, породы и газа / С. Н. Осипов // Упругие свойства горных пород и безопасность подземной разработки, Киев: Техніка, 1979. С. 75–133.
 23. Физико-химические способы добычи угля / А. В. Докунин [и др.]. М.: ЦНИЭИуголь, 1976. 35 с.
 24. Ионин, А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин. М.: Стройиздат, 1989. 440 с.
 25. Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата / под ред. Ю. П. Коротаева, Р. Д. Моргулова. М.: Недра, 1984. Т. I. 360 с.; Т. II. 288 с.
 26. Скафа, П. В. Подземная газификация углей / П. В. Скафа. М.: Госгортехиздат, 1960. 246 с.
 27. Ножкин, Н. В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений / Н. В. Ножкин. М.: Недра, 1979. 263 с.
 28. Осипов, С. Н. География динамических проявлений аномальных напряжений горных пород при подземной разработке / С. Н. Осипов, Н. Е. Волошин // Современные проблемы механики горных пород: материалы 4-й всесоюз. конф. по механике горных пород. Л.: Наука, 1972. С. 152–163.

Поступила 20.10.2015 Подписана в печать 03.01.2016 Опубликовано онлайн 26.09.2016

REFERENCES

1. Kovkhuto A. M. (1992) *Fractures of the Pripjat Hollow (Structure, Evolution, Dynamics)*. Minsk: Institute of Geology, Geochemistry and Geophysics, Academy of Sciences of Belarus. 20 p. (in Russian)
2. Osipov S. N. (1956) On the Influence of the Length of the Lava on the Gas Abundance of an Extraction Area. *Ugol [Coal]*, (6), 24–28 (in Russian).
3. Osipov S. N. (2007) *The Dynamics of the Gas Attributed to Carbon*. Minsk, Adukastsiya i Vykhavanniye. 352 (in Russian).
4. Vysotskiy I. V. (1954) *Fundamentals of the Geology of Natural Gas*. Moscow, Gostoptekhizdat Publ. 384 (in Russian).
5. Chekaliuk E. B. (1971) *Thermodynamic Basis of Mineral Origin of Oil*. Kiev, Naukova Dumka. 253 (in Russian).
6. Gavrilov V. P. (1978) *Phenomenal Structures of the Earth*. Moscow: Nauka Publ. of the USSR Academy of Sciences. 144 (in Russian).
7. Andreyko S. S., Kaloochan P. A., Shcherba V. Ya. (2000) *Gas-Dynamic Phenomena in Potassium Mines*. Minsk, Vysheishaya Shkola. 336 (in Russian).
8. Vysotsky E. A., Gubin V. N., Smychnik A. D., Shemet S. F., Iashin I. A. (2003) *The Potassis Salt Deposits of Belarus: Geology and Mineral Resources Rationai Use*. Minsk, Publ. Center of BSU. 264 (in Russian).
9. Nikolaevsky V. N. (1990) Big Science for Gas Industry. *Gazovaya Promyshlennost [Gas Industry]*, (5), 26–27 (in Russian).

10. Sokolov V. A. (1948) *Essays on the Genesis of Oil*. Moscow, Gostoptekhizdat. 460 (in Russian).
11. Engeldart V. (1964) *Pore Space of Sedimentary Rocks*. Moscow, Nedra. 232 (in Russian).
12. Osipov S. N., Pyasetsky B. P. (1965) On the Motion of Gas in Close Proximity to the Exposed Surface of a Coal Seam with its Variable Permeability. *Mekhanika Zhidkosti i Gaza* [Mechanics of Liquids and Gases], (3), 138–144 (in Russian).
13. Osipov S. N. (2004) Peculiar Features of Gas-Dynamic Mode in Hole Vicinity. *Vestnik BNTU* [Bulletin of the Belarusian National Technical University], (3), 9–13 (in Russian).
14. Mineral Resources Map. Available at: http://www.bygeo.ru/uploads/posts/picture/2011-03/Nac_56.jpg. (Accessed 15 March 2016) (in Belarusian).
15. Karopa G. N. (2010) *Physical Geography of Belarus*. Gomel: F. Skorina Gomel State University. 107 (in Russian).
16. Fossil Fuel. *The Belarusian Geological Portal*. Available at: <http://geology.by/-7/126-2008-09-09-20-05-17.html>. (Accessed 15 March 2016) (in Russian).
17. [E-Resource]. Mode of Access: <http://geology.by/2008-07-24-12-56-24.html>.
18. Beskopylny V. N. (2012) Genetic Prediction of Potential Hydrocarbon Production from Unconventional Deposits of the Pripyat Oil and Gas Pool. *Teoriia i Praktika Sovremennykh Metodov Intensifikatsii Dobychi Nefti i Uvelicheniia Neftotdachi Plastov: Materialy Mezhdunarodnoi Nauchno-Prakticheskoi Konferentsii* [The Theory and Practice of Modern Methods of Intensification of Oil Production and Enhancing Oil Recovery: Materials of the International Scientific-Practical Conference]. Gomel, Polespechat. 631–639 (in Russian).
19. Plasma-Pulse Impact. *Wikipedia*. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазменно-импульсное_воздействие. (Accessed 15 March 2016) (in Russian).
20. Medvedev Yu. (2015) We do Take it Ourselves. *Rossiiskaia Gazeta* [Russian Newspaper], (6662). Available at: <http://www.rg.ru/2015/04/29/neft.html>. (Accessed 15 March 2016) (in Russian).
21. Saraev V. (2014) Startup Explodes the Bowels of the Earth. *ExpertOnline*. Available at: <http://expert.ru/expert/2014/08/startap-vzryivaet-nedra/>. (Accessed 5 May 2016) (in Russian).
22. Osipov S. N. (1979) Vibration-Wave Mechanism of the Emissions of Coal, Rock and Gas. *Elastic Properties of Rocks and Safety of Underground Mining*. Kiev, Tekhinka, 75–133 (in Russian).
23. Dokunin A. V. [et al.] (1976) *Physico-Chemical Methods of Coal Mining*. Moscow, Central Research Institute of Economics and Scientific-and-Technical Information of Coal Industry. 35 (in Russian).
24. Ionin A. A. (1989) *Gas Supply*. Moscow, Stroyizdat. 440 (in Russian).
25. Korotaev Yu. P., Morgulov R. D. (ed.) (1984) *Production, Preparation and Transportation of Natural Gas and Condensate: Reference Manual*. Moscow, Nedra, Vol. I. 360; Vol. II. 288 (in Russian).
26. Scafa P. V. (1960) *Underground Gasification of Coals*. Moscow: Gosgortekhizdat. 246 (in Russian).
27. Nozhkin N. V. (1979) *Advance Degassing of Coal Deposits*. Moscow, Nedra. 263 (in Russian).
28. Osipov S. N., Voloshin N. E. (1972) Geography Dynamic Manifestations of the Abnormal Stresses of Rocks in Underground Mining. *Sovremennye Problemy Mekhaniki Gornykh Porod: Materialy 4-i Vsesoiuz. Konf. po Mekhaniki Gornykh Porod* [Modern Problems of Rock Mechanics. Materials of the 4th All-Union Conference on Rock Mechanics] Leningrad, Nauka, 152–163 (in Russian).