

Министерство образования и науки Украины

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**В.О. Соловьев, И.М. Фык,  
Е.П. Варавина**

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ  
УГЛЕВОДОДОВ:  
ПРОБЛЕМЫ ИХ ОСВОЕНИЯ**

*Учебное пособие*

Харьков  
НТУ «ХПИ»  
2013

УДК  
ББК  
Н

*Рекомендовано к изданию решением Ученого совета факультета технологии органических веществ НТУ «ХПИ». Протокол № 8 от 19.04.13 г.*

Р е ц е н з е н т ы :

**Шапорев В.П.**, доктор технич. наук, проф., зав. кафедрой НТУ «ХПИ»  
**Суярко В.Г.**, доктор геол.-мин. наук, проф. ХНУ им. В.Н. Каразина

Н \_\_\_\_ Соловьев В.О. Нетрадиционные источники углеводородов: проблемы их освоения: учебное пособие / В.О. Соловьев, И.М. Фык, Е.П. Варавина. – Х. : НТУ «ХПИ», 2013. – 92 с.

Кратко охарактеризованы возможности освоения нетрадиционных источников УВ в мировом масштабе и применительно к Украине. Показана история их изучения, размещение, дана общая характеристика, запасы по сравнению с обычным газом и нефтью, перспективы использования. Отдельно рассмотрены сланцевый газ, газы угольных месторождений, газогидраты. Особое внимание уделено экологическим опасностям в связи с возможным их извлечением. Даны определенные рекомендации.

Работа предназначена для специалистов разного профиля, которые интересуются возможностью использования данного энергетического сырья.

Стисло охарактеризовані можливості освоєння нетрадиційних джерел ВВ в світовому масштабі й стосовно України. Показана історія їх вивчення, розташування, дана загальна характеристика, запаси порівняно із звичайним газом й нафтою, перспективи використання. Окремо розглянуті сланцевий газ, газу вугільних родовищ, газогідрати. Особлива увага приділена екологічним побоюванням в зв'язку з можливим видобуванням. Дані певні рекомендації.

Робота призначена для спеціалістів різного профілю, які цікавляться можливістю використання цієї енергетичної сировини.

УДК  
ББК

© В.О. Соловьев, И.М. Фык,  
Е.П. Варавина, 2013

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предлагаемая работа имеет целью изучить нетрадиционные источники углеводородов (УВ), которые могут дополнить существующие скопления в недрах нефти и газа, выполнить соответствующее обобщение. К их числу относятся сланцевый газ, газы угольных месторождений и газогидраты. Интерес к этим источникам энергетического обеспечения имеет уже почти двухвековую историю. С начала XX ст. делаются попытки начать освоение газов угольных месторождений, которые активизировались с последней его трети. Середина и вторая половина XX ст. стала временем проявления интереса к газогидратам. К началу XXI ст. относится активный интерес к сланцевому газу. Такая ситуация требует разобраться во всех этих вопросах.

Учитывая сравнительно ограниченные запасы и ресурсы традиционно осваиваемых нефтегазовых скоплений, технические возможности получения природного газа, относимого к нетрадиционным УВ, обеспечение отдельных государств и человечества энергетическим сырьем, есть необходимость форсировать эти работы. И сделать соответствующее обобщение, базирующееся на обильном и разнородном материале. Появление данной работы обусловлено тем, что в Харькове существует головной институт по природному газу (УкрНИИГаз); в НТУ «ХПИ» осуществляется подготовка специалистов по добыче нефти и газа, а в ХНУ им. В.Н. Каразина – специалистов по геологии нефти и газа. Сотрудничество этих организаций обусловило устойчивый интерес к рассматриваемым проблемам.

Целью этой работы является систематизация и изложение данных о нетрадиционных источниках углеводоро-

дов, а также выявление тех основных проблем, что возникают в процессе их изучения и освоения. Все эти вопросы рассматриваются применительно к возможности извлекать и использовать эти источники энергообеспечения в Украине, испытывающей сложности в получении привычного для нее газа и нефти в нужном количестве. Мы, по возможности, постарались сделать ее доступной и понятной не только специалистам, но и всем другим возможным читателям.

В процессе составления данного аналитического обобщения обращалось внимание на максимально широкое и полное использование разного рода источников – как опубликованной литературы, так и информации из прессы и интернета. Рассмотренные здесь положения докладывались на семинарах, отражались в учебных пособиях, отдельных публикациях. Мы имели возможность получить различную помощь от С.А. Бесчетного, В.Н. Козия, М.М. Кути, И.А. Москаленко и др., за что выражаем им нашу благодарность.

## **НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Начнем с уточнения сути нетрадиционных источников углеводородов, масштабах и площадном размещении их скоплений, а также возможности освоения отдельными государствами и Украиной, в частности. Еще в первой четверти XVIII ст. на нашей территории был открыт угольный бассейн, который является крупнейшим в Европе. Западные регионы были в числе мировых пионеров освоения нефтегазовых скоплений. В середине XX ст. на востоке страны, в пределах ее Днепровско-Донецкой впадины, было выявлено Шебелинское газоконденсатное месторождение, не только относимое к числу крупнейших в Европе, но которое и до настоящего времени активно разрабатывается. Все это превращало нас в страну, подготовленную к освоению своих природных энергоресурсов, углеводородов в частности.

Нужно сказать несколько слов об основах и эволюции энергетики; как в мировом масштабе, так и в Украине. Первоначально это был уголь, потом нефть и газ, а затем появился острый недостаток его у нас – республики, которая была в числе пионеров освоения УВ и крупных поставщиков газа еще несколько десятилетий назад. Сейчас человечество стоит на пороге решения новой энергетической проблемы – целесообразности приступить к освоению той группы УВ, которую принято называть нетрадиционной. И мы можем и даже должны активно в этом участвовать.

В данном разделе будет рассмотрено несколько частных вопросов. Суть тех пород, которые могут вмещать сланцевый или другой газ, а также само это понятие. Тем более что в этой области существует не только большое разнообразие терминов, но и разнобой или даже терминологическая путаница. Необходимость собрать разного рода литературные источники по нетрадиционным углеводородам, которые существовали и ранее, но резко

возросли в последние годы. Общая схема площадного размещения таких УВ с выявлением тех стран, которые заинтересованы в их изучении и разработке.

Термин и понятие «сланцевый газ» (СГ) имеет двусмысленность, поскольку свыше 200 лет «СГ» и «сланцевой нефтью (маслом)» назывались продукты перегонки горючих сланцев. Учитывая высокую энергоемкость получения из них синтетического горючего газа и нерентабельность его производства в значительных масштабах при современном уровне газовой добычи, важно подчеркнуть, что в данном случае речь будет идти об определенном типе *природного УВ газа*, который будет извлекаться из недр.

В отличие от традиционных и хорошо изученных скоплений обычного природного газа в форме залежей, образующих в коллекторе или резервуаре сплошную массу, СГ, наряду с центральнобассейновым газом и угольным метаном, относится к дисперсным или рассеянным газам горных пород. Газовая фаза приурочена к закрытым порам (кавернам, трещинам) и взаимосвязана с газом, сорбированным минеральным и органическим веществом. Таким образом, речь идет о сложной системе, общая газовая емкость которой намного больше, чем общая пористость. В отличие от центральнобассейнового газа, связанного преимущественно с терригенными обломочными породами (песчаники, алевролиты) или трещиноватыми известняками, СГ приурочены к малопроницаемым пелитоморфным, существенно, глинистым породам.

*Вещественный состав* сланцевых пород, которые могут содержать горючие газы в связанном состоянии, достаточно разнообразен. Кроме обычных пористых и трещиноватых пород, содержащих нефть и газ в свободном состоянии, выделяется большая группа преимущественно глинистых пород, получивших название сланцев. Это общее название для метаморфических пород наиболее слабых степеней метаморфизма, которые формируются в условиях эпизоны или фации зеленых сланцев. Главными особенностями сланцев являются мелкозернистость, слан-

цеватость, наличие реликтовых структур. В зависимости от химико-минералогического состава глинистых пород выделяют сланцы аспидные, хлоритовые, серицитовые, кремнистые, углистые и многие другие.

Здесь будут упомянуты или даже кратко охарактеризованы сланцы, содержащие органическое вещество и углеводороды, в частности. Среди таких пород нужно назвать углистые, битуминозные, менилитовые и другие; иногда выделяются горючие сланцы или сланцевые породы, содержащие горючие газы и другое органическое вещество – битумы, кероген, кукерсит, озокерит, парафин, сапропель. Говорят также о газах угольных месторождений, газоконденсатах, черных сланцах и других скоплениях органического вещества в недрах земной коры. Попробуем разобраться в основных из этих понятий. Частично помочь нам в этом должен краткий словарь терминов, содержащихся в приложении 2.

Начнем с уточнения понятия «сланцеватость», которая лежит в основе термина сланцы. Сланеватостью называют свойство горных пород, подвергшихся давлению, раскалываться на плитки по поверхностям, обычно перпендикулярным направлению давления. Она трактуется также как рассланцевание (листоватость) пород, которая является одной из разновидностей кливажа. Плоскости делимости в сланцах располагаются параллельно таблитчатым, чешуйчатым и вытянутым минералам. По происхождению различают первичную и вторичную сланцеватость горных пород. Первичная сланцеватость возникает в породах одновременно с процессом осадконакопления или диагенеза, а вторичная – уже при метаморфизме, динамическом воздействии на скопившиеся отложения.

Сланцеватость нужно отличать от трещиноватости. Таким термином называют повсеместную рассеченность горных пород трещинами. Развиты такие трещины во всех разновидностях обломочных и хемогенных осадочных породах, а также в магматических и метаморфических породах. Очень выразительной является фотография

на рис. 1, показывающая трещиноватость в обломочных горных породах и сланцеватость в глинистых породах, которые мы можем наблюдать в одном и том же обнажении.

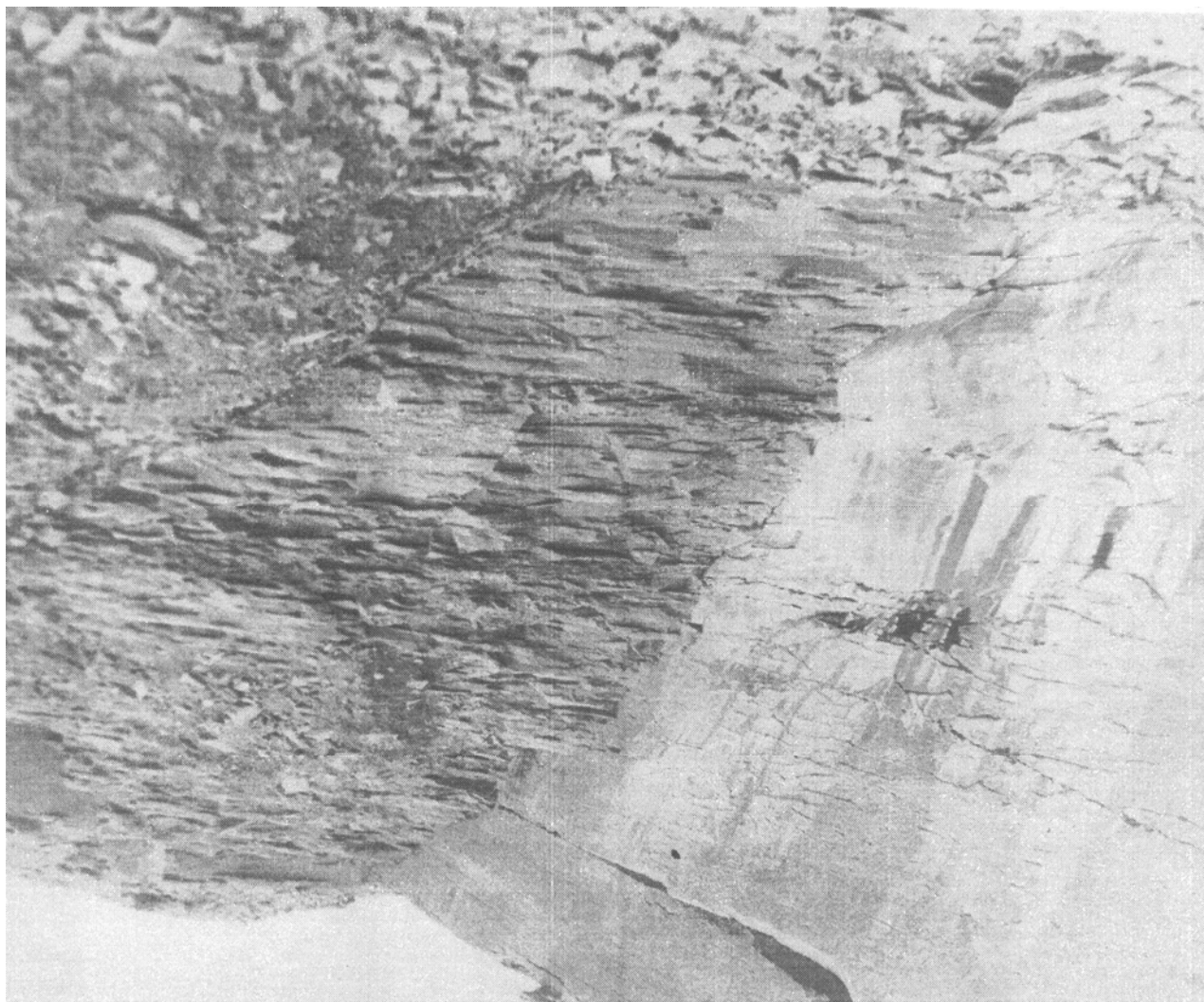


Рис. 1. Трещиноватость и сланцеватость в горных породах

Органическое вещество в горных породах делят на две основные группы – углистое вещество, образовавшееся при накоплении растительной органики преимущественно в континентальных условиях; содержание органического вещества углерода может быть здесь различным в углистых сланцах, торфе, буром и каменном угле, антраците. И битумы – обобщенное название бескислородных углеводородов, в состав которого входит нефть, нефтяные газы, озокерит, асфальт. Так образуются битуминозные



сланцы и много других их разновидностей. Хотя метан практически повсеместно может содержаться в шахтных газах угольных бассейнов.

Горючими сланцами называют осадочную породу глинистого, известкового или кремнистого состава, содержащую органическое вещество (кероген) в количестве от 10-15 до 60-80%. Такие сланцы обладают способностью в тонкой пластинке загораться от спички. Горючая часть сланцев сапропелевая или гумусово-сапропелевая. Органическое вещество равномерно распределено в породе, имеющей обычно глинистый состав. При нагревании горючих сланцев без доступа воздуха до 500° С или с доступом воздуха до 1000° С органическое вещество разлагается с выделением нефтеподобной смолы (сланцевое масло), сухих горючих газов и подсмольной воды. Выход смолы из сланцев, бедных керогеном, составляет 5-10 % от массы сухой породы, а из наиболее богатых разновидностей – до 30-50 %.

Природа органического вещества горючих сланцев не всегда ясна. Остатки высших растений присутствуют почти во всех горючих сланцах, образуя их гумусовую составляющую. Из каустобиолитов к лучшим таким сланцам ближе всего угли типа богхеда, а к низкокачественным – глины, мергели, известняки и диатомиты с содержанием до 10-15 % сапропелевого органического вещества. Накопление исходного растительного и животного планктона происходило в основном либо в условиях неглубоких прибрежных частей морских бассейнов с нормальным солевым и газовым режимом вод, либо в озерных условиях. Сланцевые газы известны в отложениях разного возраста – от кембрия до неогена.

Наши геологические словари (ГС, 1973 и др.) подчеркивают, что в СССР горючие сланцы распространены на больших площадях в Прибалтике, Белоруссии, Украине, Поволжье, Узбекистане, Якутии и др. Страна занимала тогда по их добыче и переработке первое место в мире и очень гордилась этим. Большая их часть потреблялась те-

пловыми электростанциями, шла на выработку высококалорийного газа, моторного топлива, смазочных масел. Упоминалось, что за рубежом горючие сланцы известны в Швеции, Шотландии, США, Канаде, Австралии и других странах.

Некоторое разъяснение требует достаточно широко распространенное название «черные сланцы», используемое в англоязычной геологической литературе. Термин этот считают не вполне удачным, так как он подразумевает различные осадочные, метаморфические и метасоматические образования, обогащенные сингенетичным органическим веществом. Все это требует выделения разных типов черных сланцев. Определенный парадокс, как отмечает А.Е. Лукин, возникает в связи с тем, что к таким сланцам должны быть отнесены породы, не всегда имеющие темную окраску, а также не только глинистые породы. В частности, как синоним или разновидность черных сланцев используется термин «доманикит», представленный чередованием темных битуминозных горючих сланцев, кремнистых сланцев и битуминозных известняков.

Обязательно нужно остановиться и на менилитовых сланцах, широко распространенных в олигоценовых отложениях Карпат – Украине, Польше, Румынии, Чехословакии. Это осадочная порода, слоистая, сланцеватая, темно-коричневая, почти черная, глинистая. Названа она по породообразующему минералу – менилиту из группы опалов. Содержание органического вещества (керогена) составляет в ней 20-30 %. Разности, наиболее богатые керогеном, рассматриваются как низкокачественные горючие сланцы, которые могут представлять некоторый промышленный интерес при комплексном использовании органической части и остающегося при этом минерального вещества.

Теперь о *площадном размещении* пород, содержащих нетрадиционные углеводороды. Нефтегазоносные провинции подробно охарактеризованы в многочисленных

монографиях и учебниках (Высоцкий и др., 1990; Маевский и др., 2002 и др.). Данные об угленосных толщах, площадях и бассейнах, которые могут содержать шахтные газы, также достаточно многочисленны. А детальных систематизированных сведений о площадном размещении тех отложений, которые могут вмещать сланцевые газы, почти нет или очень мало. Частично это потому, что широкий интерес к сланцевому газу возник лишь недавно.

Страной с наиболее обширными и детально изученными скоплениями сланцевого газа являются США. Это же частично относится к соседней Канаде. В европейских странах значительные скопления сланцев с УВ обнаружены в Польше, Венгрии, Швеции, Испании, Англии, Украине, где начался «газсланцевый бум». Из других стран и регионов называют также Китай, Австралию. Украина с точки зрения нетрадиционных источников УВ интересна тем, что в ней имеются все их группы – сланцевый газ, газы угольных месторождений и газогидраты. Все эти вопросы подробнее будут рассмотрены в соответствующих разделах, посвященных отдельным видам этих энергетических ресурсов.

Одной из задач этой работы была попытка систематизировать тот огромный и разнородный материал, что накопился по вопросам изучения и проблем освоения нетрадиционных углеводородов. Это отражено в очень полном списке приводимой литературы. Кроме публикаций здесь помещены некоторые наиболее интересные материалы из интернета, прессы, других источников. Отдельные разделы этой работы посвящены истории изучения данного энергетического сырья, рассмотрению экономических, политических и других вопросов, возникающих при их освоении. Наконец, специально затронут вопрос об экологических последствиях освоения этого сырья, который вызывает наиболее широкий общественный резонанс.

## ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

Историю изучения и освоения нетрадиционных углеводородов обычно принято рассматривать в рамках геологии нефти и газа. Она хорошо известна. Попытаемся здесь отделить эту информацию, сделав акцент на одновременное, во многих случаях, их изучение и даже освоение. В целом же, химические анализы, изучение химизма углеводородов и геология нефти и газа имеют сравнительно молодую историю исследований. Обратим внимание лишь на ключевые моменты и вопросы этой проблемы и истории.

Формально началом изучения нетрадиционных источников углеводородов может быть назван 1694 г., когда правительством Англии был выдан первый патент на получение из черных (горючих) сланцев путем сухой перегонки масла, смолы и дегтя. В 1778 г. Джон Пристли впервые получил гидрат газа в процессе барбокаротажа  $\text{SO}_2$  через воду при атмосферном давлении и температуре, близкой к  $0^\circ\text{C}$ . Через 33 года аналогичным образом гидрат хлора получил Гемфри Деви, первым назвав эти кристаллы гидратом.

1821 г. считается датой начала изучения сланцевого газа. В сланцевых отложениях были выявлены пористые породы с большим содержанием органики, необходимой для образования нефти и газа. Первая коммерческая газовая скважина в сланцевых породах была пробурена тогда в США Вильямом Хартом, которого в той стране считают «отцом природного газа». С началом активного промышленного освоения нефти, а затем и газа из обычных нефтегазовых месторождений, интерес к сланцевому газу был практически потерян. О нем вспомнили лишь в 1980-е годы.

Со второй половины XIX ст. начинаются исследования по генезису нефти, происхождению углеводородов в недрах Земли. В 1866 г. французским химиком М. Бертло были высказаны взгляды, что углеводороды образовались

в глубоких недрах из минеральных веществ, послужившие позднее развитию представлений о неорганическом их происхождении. В 1877 г. Д.И. Менделеевым была сформулирована первая научная гипотеза происхождения нефти и газа; она получила название карбидной, так как предполагала образование углеводородов за счет реакции подземных вод с углеродом, имеющимся в карбидах металлов.

Исследования эти были продолжены. В 1887 г. Д.И. Менделеев, изучая технологию добычи угля и данные о пожарах в шахтах Донбасса и Урала, пришел к выводу о возможности газификации угля на месте его залегания путем сжигания угля под землей и выведения посредством скважин продуктов сжигания на поверхность в виде газов для дальнейшего использования. В 1934 г. В.И. Вернадский впервые в мировой науке разработал основы биогеохимии нефти. Он показал, что соединения углерода, принимающие участие в строении каустобиолитов и в том числе нефтей, представляют собой неразрывную часть геохимической системы круговорота углерода в земной коре, в которой живому веществу биосферы принадлежит основная роль.

Использование синтетического газа и моторного топлива из твердых пород и, в частности, горючих сланцев в ряде стран быстрыми темпами нарастало в первой половине XX ст. Однако после открытия ряда нефтяных и газовых гигантских месторождений и по мере увеличения объема добычи природных УВ в 60-70-е годы их производство становилось нерентабельным. Показательным в этом отношении является освоение сланцев Кохтла-Ярве в Эстонии, откуда в 1948 г. по первому газопроводу сланцевый газ пришел в Ленинград. За первый год эксплуатации объем поставок составил 73,2 млн. кубометров.

В 1947 г. в США впервые был использован гидроразрыв пласта (ГРП, с английского «фрекинг»). С тех пор его стали широко применять для интенсификации добычи углеводородов. С 1952 г. гидроразрыв пластов использовал-

ся на месторождениях Волго-Уральского региона, Северного Кавказа, Азербайджана, Туркменистана. С 1957 г. он начал применяться в Украине. Своеобразный его пик был достигнут в 1959 г., когда было произведено до 3000 гидроразрывов в год. В 1970-80-х годах гидроразрыв интенсивно применялся на нефтегазоносных месторождениях Германии, Нидерландов, Великобритании, Норвегии (Северное море). Он увеличивал дебит скважин в 3-10 раз. В мире проведено уже более миллиона операций по ГРП, а в Украине только в 2012 г. было осуществлено более 100 гидроразрывов. В нынешнем столетии его стали использовать в США для получения сланцевого газа.

Середина XX ст. стала временем роста интереса к газогидратам. В 1934 г. Е. Гаммершмидт опубликовал результаты обследования газопроводов США, работа которых усложнялась формированием пробок в зимнее время. Базируясь на лабораторных исследованиях, он показал, что твердые пробки состоят не из льда, а из гидрата транспортируемого газа. Это содействовало резкому росту интереса к газогидратам. Первое допущение о существовании газогидратных скоплений в районах вечной мерзлоты Канады сделал в 1943 г. проф. Мичиганского университета Д. Катц. В 1946 г. аналогичное допущение высказал проф. И.Н. Стрижов.

Через 17 лет Ю.Ф. Макогон после визита в Якутию, где в 1963 г. была пробурена Мархинская скважина, раскрывшая разрез пород с температурой  $0^{\circ}\text{C}$  на глубине 1450 м, также высказал гипотезу о существовании газогидратных скоплений в охлажденных пластах. В течение 1965-66 гг. Макогон, проведя первые экспериментальные изучения условий образования гидратов природного газа в пористой среде в МИНХиГП им. И.М. Губкина, опубликовал эти материалы. Полученные результаты показали возможность образования гидратов в пористой среде земных недр, что было признано открытием. В 1969 г. выявленное первое газогидратное месторождение Мессояха в Заполярье (Западная Сибирь) введено в промышленную

разработку; первая перспективная добыча здесь начата в 1964 г.

В 1970 г. в Государственный реестр открытий СССР было внесено открытие: «Свойство природных газов находиться в твердом состоянии в земной коре», под № 75 с приоритетом от 1961 г., сделанное советскими учеными В.Г. Васильевым, Ю.Ф. Макогоном, Ф.Г. Требиным, Н.В. Черским, А.А. Трофимуком; это стало толчком для соответствующих геологических исследований. В 1972 г. сотрудниками ВНИИГАЗа А.Г. Ефремовой и Б.П. Жижченко при донном пробоотборе в глубоководной части Черного моря визуально наблюдались в кавернах извлеченного со дна грунта вкрапленнии гидратов, похожие на иней. В 1980 г. А.Г. Ефремова, работая в экспедиции по донному пробоотбору в Каспийском море, также, впервые в мире установила гидратоносность южной части этой акватории.

С последней трети XX ст. начинается международное изучение газогидратов в акваториях. В течение 1968-83 гг. буровым судном «Гломар Челленджер» проводилось исследование дна Мирового океана, которое имело особое значение для нефтяного геологического изучения его дна. За это время было пробурено 514 глубоководных скважин; с 1974 г. в таких исследованиях принимали участие ученые СССР. В 1975 г. глубоким бурением, проведенным судном «Гломар Челленджер», установлена высокая перспективность акватории Черного моря для поисков газогидратов. Учитывая такие возможности, Кабинет Министров Украины принял в 1993 г. постановление о поисках газогидратов в Черном море и «создании эффективной технологии его добычи и переработки».

С конца 1960-х и в течение 1970-х годов в СССР начато активное изучение газов угольных бассейнов и месторождений. Появился ряд сводок по этой проблеме; активными исследователями в этой области были А.И. Кравцов (1968, 1978, 1980), В.С. Попов, Х.Ф. Джамалова, Ю.Г. Лапчинский (1966, 1970, 1977), А.Т. Мурич (1973,

1975), В.Е. Забигаило и А.З. Широков (1972) и др. Н.В. Ножкин (1979) ставит вопрос о заблаговременной дегазации угольных месторождений; предлагаются разные технические решения.

В России с 2001 г. начато проведение работ по широкомасштабной добыче метана из угольных пластов Кузнецкого бассейна в Кемеровской области; в 2009 г. на Талдинском месторождении, которое официально осваивается как метанугольное, начата опытная эксплуатация семи разведочных скважин. Такая деятельность имела многоплановое значение – не только добыча газа, но и снижение риска взрывов шахтного метана, предупреждение катастроф в шахтах.

В 1981 г. в пределах ареала развития газоносности черных сланцев в Пермской впадине США была пробурена скважина глубиной до 750 м для оценки ее газовой возможности. Из черносланцевой свиты Барнет был получен небольшой приток газа. Однако именно этот эпизод знаменовал начало принципиально нового этапа работ по освоению ресурсов сланцевого газа. Ему предшествовала длительная, начатая с 1946 г. разработка методов добычи сланцевого газа. С 1992 г. для таких работ начало использоваться сочетание вертикального и горизонтального бурения; современная технология добычи подразумевает бурение одной вертикальной скважины и нескольких горизонтальных ее ответвлений на глубине длиной до 2-3 км. В успешном освоении Барнет и других месторождений ведущую роль сыграли отработанные технологии добычи центральнобассейнового газа и угольного метана, пионером и мировым лидером которых были США.

В 2008 г. произошел технологический прыжок – добыча газа из сланцев вышла на промышленный уровень, а США заняли первое место в мире по добыче газа, перегнав Россию. В 2009 г. сланцевый газ составил в США 14 %, а газ угольных месторождений 26 % от общего объема добычи газа. Это позволило говорить о своеобразной «сланцевой революции». История развития этой деятель-



ности практически только началась. К ней проявили интерес многие государства. Такие намечаемые преобразования в энергетике пока трудно оценивать и предсказывать, но это может существенно изменить политику энергообеспечения, потребует сложных экономических расчетов и технических разработок в этой области деятельности.

Появилось большое количество публикаций по сланцевому газу, а также началось активное обсуждение этого вопроса в прессе и интернете. Такой материал частично собран в данной работе – он приводится в списке литературы. Нужно подчеркнуть, что такие исследования носят преимущественно экономический или политический характер (как повлияет сланцевая революция на экономику России, как будет развиваться это направление работ в США, какие страны и в каком масштабе проявят интерес к этому направлению и др.). Серьезных работ по геологии сланцевого газа очень мало. Среди них особо следует отметить исследования А.Е. Лукина (2010, 2011 и др.), которым рассмотрены возможности скопления этого газа по стратиграфическому разрезу и по площади, с выделением наиболее благоприятных мест и месторождений в Украине.

Показателем активизации интереса к нетрадиционным углеводородам было проведение 31 марта 2010 г. в Российском государственном университете им. И.М. Губкина однодневного международного семинара «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы». Комитет Госдумы РФ по энергетике 25.03.2010 г. провел круглый стол на тему «Перспективы освоения ресурсов сланцевого газа»; участники этого совещания рекомендовали правительству провести оценку газосланцевого потенциала России, изучить передовые технологии его добычи и оценить возможность и перспективы освоения его в стране. 2.12.2010 г. в рамках Форума «Нефтегазовый диалог» ИМЭМО РАН проведен семинар «Революция сланцевого газа: риски и возможности для России».

И хотя Россия заявляет о достаточном количестве своих скоплений нефти и обычного газа, ее интерес к происходящим событиям остается вполне естественным. Хотя бы с точки зрения вопросов развития будущего энергетики, и спроса на обычный газ и нефть.

В марте 2011 г. сообщалось об официальных переговорах нашей страны и США о начале совместной разработки сланцевых газов и метана наших угольных месторождений. В Давосе 24 января 2013 г. при участии В.Ф. Януковича компания Шелл (Shell) подписала с Правительством Украины соглашение на разведку, разработку и добычу углеводородов на Юзовском участке, расположенном на территории Донецкой и Харьковской областей, сроком на 50 лет. Согласно подписанному договору, компания Шелл и Надра имеют по 50% долей участия каждая; Шелл будет оператором проекта, ответственным за все работы в рамках соглашения. Начальный этап геологического изучения предусматривает получение двухмерных и трехмерных сейсмических данных и бурения 15 скважин на Юзовском участке. 25 октября 2012 г. Шелл начала бурение первой поисковой скважины газа в уплотненных песчаниках в Харьковской области. Это знаменовало проведение уже конкретных работ по изучению и освоению данного энергетического сырья.

Приведенные данные об истории изучения и освоения нетрадиционных источников углеводородов дополняют сведения из приложения 2, где приведены даты ключевых событий в этой области. Они могут и должны быть дополнены в дальнейшем, чем мы планируем заниматься. Интересно, что история изучения нетрадиционных углеводородов развивалась, в каком-то отношении, параллельно с освоением обычного газа и нефти. Это вполне естественно, так как речь идет об общем энергетическом развитии отдельных стран и обеспечении человечества углеводородами.

## СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ

В последние годы резко возрос интерес к сланцевому газу; начали даже говорить о сланцевой революции, о практически неограниченных его объемах и энергетических возможностях, способных при определенных геологических условиях решить проблему долгосрочного обеспечения человечества этими углеводородами. Появилось большое количество публикаций и сообщений на эту тему – от нескрываемых восторгов до очень серьезных опасений с позиции экологических последствий разработки или экономических показателей его получения. А также политической составляющей этого направления деятельности.

История освоения сланцевого газа, содержащегося в горючих сланцах, и интереса к ним достаточно велика и обычно мало известна. Частично она рассматривалась нами в предыдущем разделе. Сланцевым газом называют природный газ, добываемый из сланцевых пород, который состоит преимущественно из метана. Первая коммерческая газовая скважина в сланцевых породах была пробурена в США в 1821 г. Однако с началом активного промышленного освоения нефти, а затем и природного газа из обычных нефтегазовых месторождений, интерес к сланцевому газу был практически потерян. Вспомнить о горючих сланцах как источнике энергоресурсов заставил нефтяной кризис 1970-х годов. Но технологии добычи 1980-х годов не позволяли сделать этот процесс экономически рентабельным. Масштабное промышленное производство сланцевого газа было начато в США лишь с начала 2000-х годов. И уже в 2009 г. добыча его в этой стране составила 14 % от всего извлекаемого горючего газа.

Технология добычи сланцевого газа является своеобразной, и пока она хорошо разработана лишь в США. Для его получения производят бурение вертикальной скважины с системой ее последующих горизонтальных разветвлений на глубине, гидроразрыв пласта и продвинутое сейсмическое моделирование. Эффект гидроудара созда-

ется за счет закачивания в такие скважины воды, песка и химикатов. Хотя сланцевый газ содержится в недрах в небольшом количестве, но за счет вскрытия больших площадей и уже отработанной процедуры бурения и извлечения можно получать значительные его объемы. Тем более что вполне определенные результаты уже получены. Общая схема разных методов бурения и получения разных типов газов показана на рис. 2.

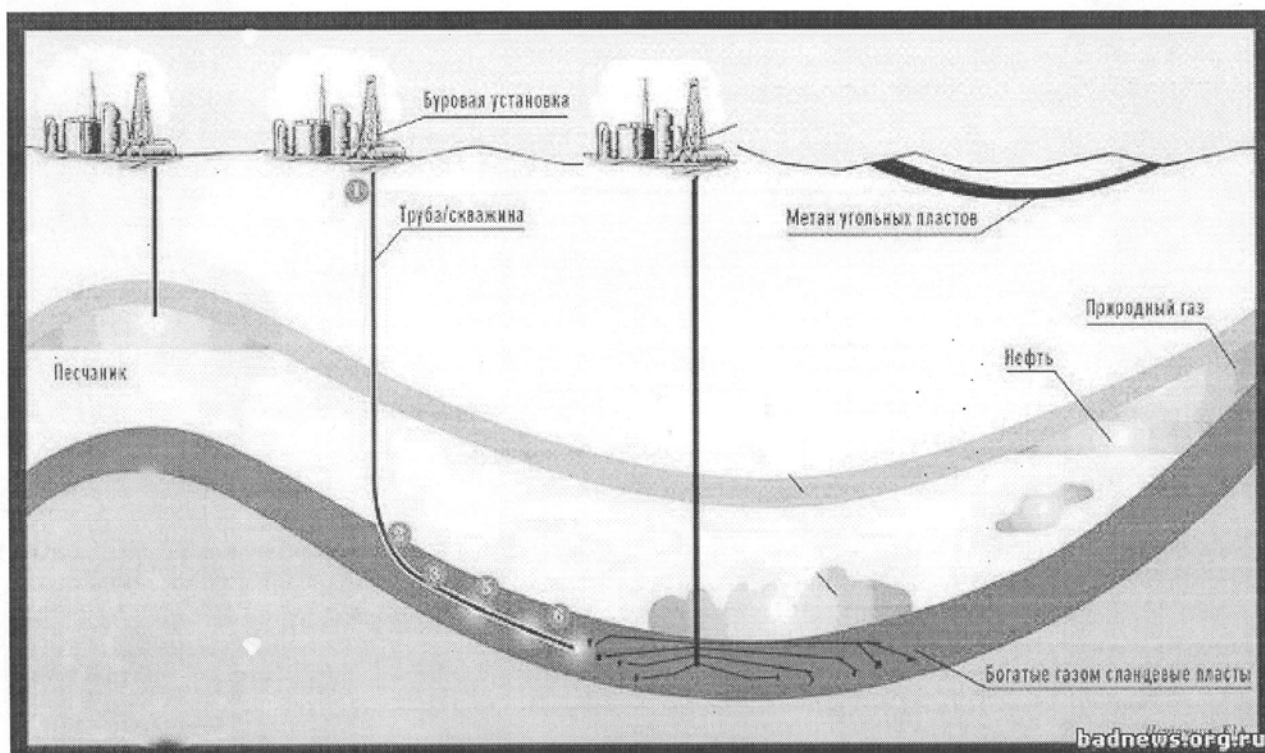
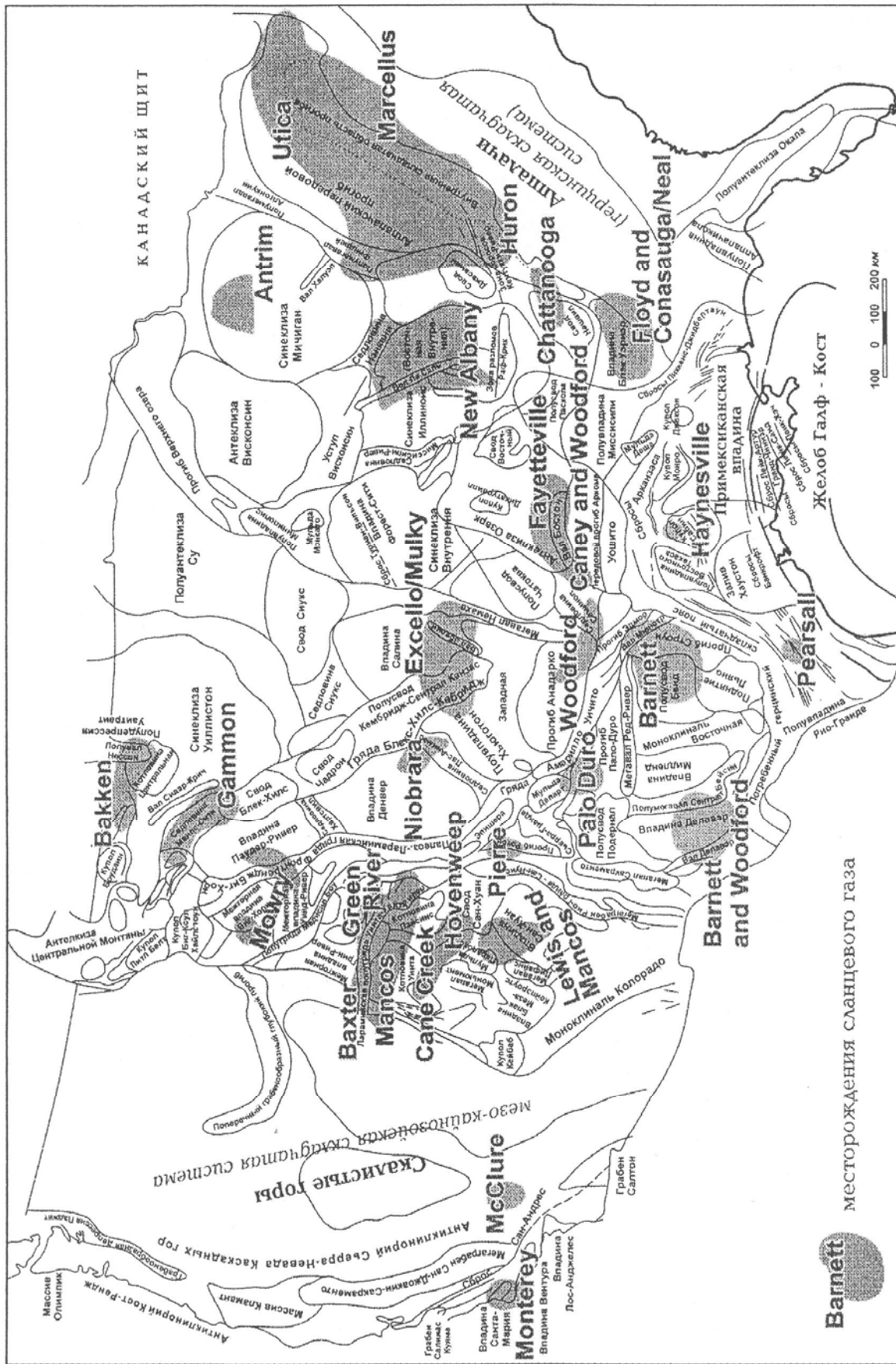


Рис. 2. Три разных метода бурения

Своеобразные геологические условия строения и развития Северной Америки стали основой того, что здесь сформировались наиболее крупные скопления отложений, содержащих сланцевый газ. Здесь накопились огромные объемы черносланцевых формаций, залегающих на сравнительно небольших глубинах в пределах 42 из 50 штатов США. Общая схема их размещения показана на рис. 3. 70 % запасов газа страны связаны с бассейном Barnett в Техасе, а 80 % ресурсов приходится на два новых бассейна Haynesville и Marcellus.



месторождения сланцевого газа

Рис. 3. Размещение месторождений сланцевого газа США

Среди крупнейших месторождений здесь называют Барнет, где сланцы содержатся в составе миссисипия (нижняя часть нижнего карбона), Фаэттвил (верхний пенсильваний), Вудфорд (девон-миссисипий), Хейнесвил (верхняя юра), Монтней (нижний триас).

Первая горизонтальная промышленная газовая скважина была пробурена на месторождении Барнет в 2002 г. В настоящее время сланцевый газ добывается здесь из 11800 скважин. Оказалось, что черносланцевая формация Барнет представляет собой единое гигантское месторождение, в пределах которого выделяют центральную зону, где сосредоточены наиболее высокодебитные скважины, и две окаймляющие ее дополнительные зоны. Наряду с Барнетт, в 2003-2007 гг. началось освоение восьми других месторождений. К наиболее крупным из них относятся Файеттвил, Хейнесвил и Марцеллус. По имевшимся расчетам в США планировалось в 2010 г. добывать 51 млрд. кубометров СГ (10 % общей добычи газа). В 2015 г. объем добычи должен был составить 180 млрд. куб. м, а к 2020 г. – свыше 220 млрд. куб. м, или половину годовой добычи газа.

В Канаде в стадии реализации находятся проекты Horn River и Montney. В Китае сланцевые поля реализации разделены на четыре крупные провинции с суммарными ресурсами 21-45 трлн. куб. м. Перспективы имеются в Балтийском бассейне в Польше, в Парижском бассейне во Франции, в Саксонском бассейне в Германии и бассейне Соорег в Австралии. В России месторождения сланцевого газа не разведываются, так как это пока не представляется целесообразным при наличии огромных запасов и ресурсов традиционного газа.

Было установлено, что кроме США скопления горючих сланцев, из которых можно получать газ, имеются в Австралии, Индии, Китае, Канаде. Особое внимание обращается на интерес к этому энергетическому источнику Китая. Ожидается, что в течение ближайших 10-20 лет роль нетрадиционных источников газа в этой стране существ-

венно возрастет, и они станут одним из главных факторов увеличения добычи и прироста запасов. Уже к 2015 г. добыча газа из нетрадиционных источников может составить 65 млрд. куб. м (45 % от общей добычи), к 2020 г. – 230 млрд. куб. м (66 %), а к 2030 – 380 млрд. куб. м (70 %). По прогнозам некоторых специалистов уже в течение 2030-2035 гг. эта страна войдет в тройку лидеров по добыче газа, причем станет абсолютным лидером по удельному весу сланцевого газа в общем объеме газодобычи. Хотя имеются и другие представления, что сланцевая революция в Китае невозможна. По причине, главным образом, сложного геологического строения мест их скопления.

В пределах Европы крупные скопления сланцев обнаружены или известны в Австрии, Венгрии, Германии, Польше, Швеции, Украине. Сообщалось, что в Польше планируется начать их специальное изучение и освоение уже с 2010 г. Зарубежные источники утверждают, что бурение для изучения и освоения сланцевого газа ведется в Швеции и Украине. В Европе такое направление деятельности встречает довольно активный протест, что обусловлено экологическими опасениями. В марте 2011 г. у нас сообщалось об официальных переговорах нашей страны и США о начале совместной разработки сланцевых газов и метановых газов наших угольных месторождений. Интерес к освоению сланцевых газов проявлен и в России. И не с точки зрения его получения, а с позиции – что это принесет ей.

Анализ перспектив освоения сланцевого газа в Европе, проведенный ведущими энергетическими и консалтинговыми компаниями, демонстрирует, что, несмотря на оптимистические ожидания рынка, масштабное освоение сланцевых месторождений здесь в отличие от США выглядит маловероятным по нескольким причинам. Геологическая изученность месторождений находится на ранней стадии освоения, и они пока еще плохо изучены с точки зрения геологии и себестоимости добычи. Доступ к земле и недрам затруднен из-за высокой плотности населения.

Правами на разработку полезных ископаемых владеет государство. Европейские компании не обладают американскими технологиями по добыче нетрадиционного газа. Экономические затраты на освоение месторождений в Европе могут превышать американские почти в 4 раза. Наконец, отсутствие правовой и налоговой базы для нетрадиционных источников газа.

Самую активную позицию в Европе относительно разведки и разработки газосланцевых месторождений занимает Польша. Она, как и Украина, стремится снизить энергетическую зависимость от России. К тому же в Польше имеются значительные запасы таких углеводородов. Так, по оценкам Государственного геологического института Польши, польские запасы сланцевого газа составляют приблизительно 5,3 трлн. куб. метров. Учитывая средние объемы потребления страной газа, таких запасов должно хватить более чем на 60 лет. При этом цена польского сланцевого газа для конечного потребителя предусматривается на уровне от 200 до 321 доллара США за 1 тыс. куб. метров, что позволяет успешно конкурировать с российскими газовыми ценами.

Исходя из опыта США, польские эксперты утверждают, что кроме получения альтернативного источника газа, реализация сланцевых проектов имеет и другие позитивы. В частности, создаются новые рабочие места в добывающей, металлургической и строительной отраслях, а также в энергетике, машиностроении, торговле и сфере услуг. Дополнительные сложности возникают из-за несовершенства законодательной базы Польши в отношении отрасли по добыче сланцевых углеводородов. В 2012 г. Государственный геологический институт Польши подготовил свой отчет о разведке сланцевого газа в Поморском воеводстве страны. Как утверждают польские эксперты, геологические поисковые работы фактически не причинили вреда экологии региона. При этом польская сторона демонстрирует свою заинтересованность в расширении сотрудничества с Украиной. Так, в 2012 г. Польский ин-



ститут международных дел обнародовал доклад «Перспективы добычи и эксплуатации сланцевого газа в Украине», в котором говорится о необходимости усиления взаимодействия между Польшей и Украиной в разведке и разработке мощного месторождения сланцевого газа в их пограничном районе.

Горючие сланцы образуют на территории Украины мощные залежи; их общие прогнозные запасы оцениваются цифрой порядка 600 млрд. т. Из числа наиболее детальных исследований по этому вопросу нужно назвать работы А.Е. Лукина (2009, 2010, 2011), где охарактеризованы уровни их скопления по стратиграфическому разрезу, а также на отдельных площадях. Среди четко проявленного глобального уровня накопления черных сланцев он называет верхний девон-нижний карбон, которые известны в Львовско-Волинском и Донецком угольных бассейнах, в Днепровско-Донецкой впадине и Придобруджинском прогибе. Кстати, именно к этим возрастным формациям приурочены активно осваиваемые месторождения Барнет и Марцеллус в США. В частности, мощные, существенно черносланцевые толщи, установлены в слоях переходных от девона к карбону в пределах Днепровско-Донецкого авлакогена.

Наиболее крупные и удобные для разработки скопления этого энергетического сырья приурочены к Болтышской впадине, расположенной на территории Кировоградской и Черкасской областей. В ее разрезе выделяется 5 горизонтов мощностью 2-40 м, залегающих на глубине 180-500 м. Содержание керогена в этих сланцах составляет 30-40 %, выход смол – 10-20 %, зольность 50-60 %, теплота сгорания – 10-16 МДж/кг. Запасы горючих сланцев, залегающих на глубинах 30-375 м, составляют 3 млрд. т. Скопления горючих сланцев выявлены также в ДДВ, Волыно-Подольской плите, Крымских горах и Карпатах. Важным резервом такого энергетического и химического сырья Украины являются менилитовые сланцы из

палеогена Предкарпаття, которые представляют собой высокозольную разновидность горючих сланцев.

Говоря об успехах освоения сланцевого газа в США, нужно учитывать очень благоприятные условия его залегания. Слои обычно залегают на глубине 400-500 м, причем на огромных площадях. У нас в Украине не только нет такого размаха, но и глубина залегания составляет обычно 2-2,5 км и более. Необходимое количество горизонтальных скважин мы не можем сделать даже технически, не говоря уже о риске не получить нормальные объемы сланцевого газа. Все это, естественно, нужно учитывать при планировании освоения этих углеводородов в Украине. Поэтому иногда фигурируемые представления о гигантских скоплениях высококачественных горючих сланцах требуют определенных уточнений и подтверждений.

Основные ресурсы природного сланцевого газа в Украине, по мнению А.Е. Лукина (2010, 2011), связаны с разновозрастными, прежде всего, девонскими и нижнекаменноугольными отложениями в пределах Восточного региона; менее интересными являются Западный и Южный регионы. По вопросу о геологической сущности таких скоплений единого мнения нет. Некоторые исследователи предполагают в низах донецкой угленосной толщи присутствие гигантского газового месторождения, образовавшегося из глубинного abiогенного (мантийного) метана. Вместе с тем, ряд геофизических и других данных свидетельствует о полигенной природе газоносности Донбасса. Важную роль в его формировании играет мощная газоносная нижнекаменноугольная черносланцевая толща, обладающая очень крупными газовыми ресурсами.

Ранее уже сообщалось о подписании соглашения Украины с британско-нидерландским концерном Шелл проекта о добыче сланцевого газа на Юзовской газоносной площади (Донецкая и Харьковская области). Этот проект, по мнению О. Проскурякова, министра экологии

и природных ресурсов, может стать крупнейшим в истории Украины. В случае успеха поисковых работ, которыми предполагается за первые пять лет использовать 410 млн. долларов на бурение 15 скважин, уже через 5-6 лет можно выйти на добычу газа в объеме нескольких миллиардов кубометров в год. Через 10 лет будет 10 млрд. и через 15 лет – до 20 млрд. куб. м. Это уже конкретные планы освоения нетрадиционных источников углеводородов.

Изучается также вопрос о целесообразности изучения и освоения Олесской площади, месторождения сланцевого газа, расположенного во Львовской, Ивано-Франковской и Тернопольской областях. Схема размещения Юзовского и Олесского месторождения, а также предполагаемые запасы (прогнозы по данным Государственной геологической службы) показаны на рис. 4.



Рис. 4. Схема расположения Юзовской и Олесской площадей

## ГАЗЫ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Уже с начала XX ст. изучаться возможность использования газов угольных месторождений. Такие исследования проводились по разным направлениям – продуктивно использовать шахтные газы, приводящие зачастую к катастрофическим взрывам в шахтах при добыче угля, для местных нужд, уменьшения риска таких работ.

А также разработку глубоко залегающих углей путем подземного сжигания и использования газа СО (угарного газа); от такой схемы уже отказались, но она изучалась. Подсчитаны запасы и ресурсы шахтных газов в Донбассе, которые позволяют высоко оценивать их возможности. Остановка только за техническими возможностями такой разработки. И крупными финансовыми вложениями.

Мировые запасы метана угольных пластов оцениваются в 260 трлн. кубометров. На долю Украины приходится примерно 12-25 трлн. куб. м. Из них около 3-4 трлн. составляют промышленные запасы. Это позволяет некоторым специалистам утверждать, что метан угольных месторождений Донбасса – путь к энергетической независимости страны. Тем более что здесь имеются все технологические возможности его освоения.

Пока целенаправленное изучение и схема извлечения шахтных газов осуществлены лишь в США. Интересно, что уже в 2009 г. эта страна стала мировым лидером извлечения метана из угольных пластов: он составлял 26% годовой его добычи. Это стало возможно благодаря тому, что за годы выполнения проектов было пробурено до 20 тысяч скважин. Украина и другие страны ведут переговоры с Соединенными Штатами по использованию их технологии такой разработки.

Как уже сообщалось ранее, большие возможности и определенные успехи в освоении газов угольных месторождений имеются и в России. Хотя ресурсная база этой страны теоретически позволяет прогнозировать большие

объемы (140-170 млрд. куб. метров в год), но в России свыше 80% населения и экономического потенциала сосредоточено в европейской части, включая Урал, тогда как свыше 80% запасов топливно-энергетических ресурсов приходится на Сибирь и Дальний Восток. Поэтому освоение ресурсов метана угольных пластов будет иметь здесь хотя и важное, но локальное значение в тех районах, где имеется соответствующая ресурсная база. Речь идет о восточных регионах страны. Первый этап экспериментального проекта по добыче метана на Талдинской площади в Кузбассе успешно завершен. Примером, продолжающегося интереса к добыче такого газа из угленосных отложений, является проведенный 31.03.2010 г. в РГУ им. И.М. Губкина международный семинар «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы».

Большой интерес к таким энергоресурсам проявляет и Китай, имеющий большое количество угольных бассейнов и месторождений. Этот вопрос был даже предметом специальных исследований А.М. Мастепанова и В.В. Ковтуна (2012), изучавших метан угольных пластов в газовом балансе КНР, состояние этой проблемы и перспективы. Пока конкретных данных по этому вопросу нет, но несомненный интерес к проблеме имеется.

*Донецкий угольный бассейн (Донбасс)* является основной топливно-энергетической базой Украины. В последнее время он рассматривается не только как угольный, но и как крупный газоносный район (Храпкин и др., 1994; Павлов, 2005, 2011). Перспективы развития добычи метана основаны на значительных ресурсах углеводородных газов, сосредоточенных в геолого-промышленных районах Донбасса, которые по данным разных специалистов составляют здесь от 1 до 12 трлн. куб. метров. Называются и другие, более высокие цифры – от 18 до 25 трлн. кубометров (со ссылкой на П.Ф. Гожику, 2011, а также Н.И. Евдощука).

К перспективной территории, по данным С.Д. Павлова (2005, 2011), отнесены 12 геолого-промышленных районов (ГПР) площадью 16 тыс. кв. км, которые расположены в Донецкой области – Юго-Западный и Западный Донбасс, примыкающие к Кальмиус-Торецкой котловине, и в Луганской области – Северо-Западный Донбасс, примыкающий к Бахмутской котловине. Они показаны на рис. 5.

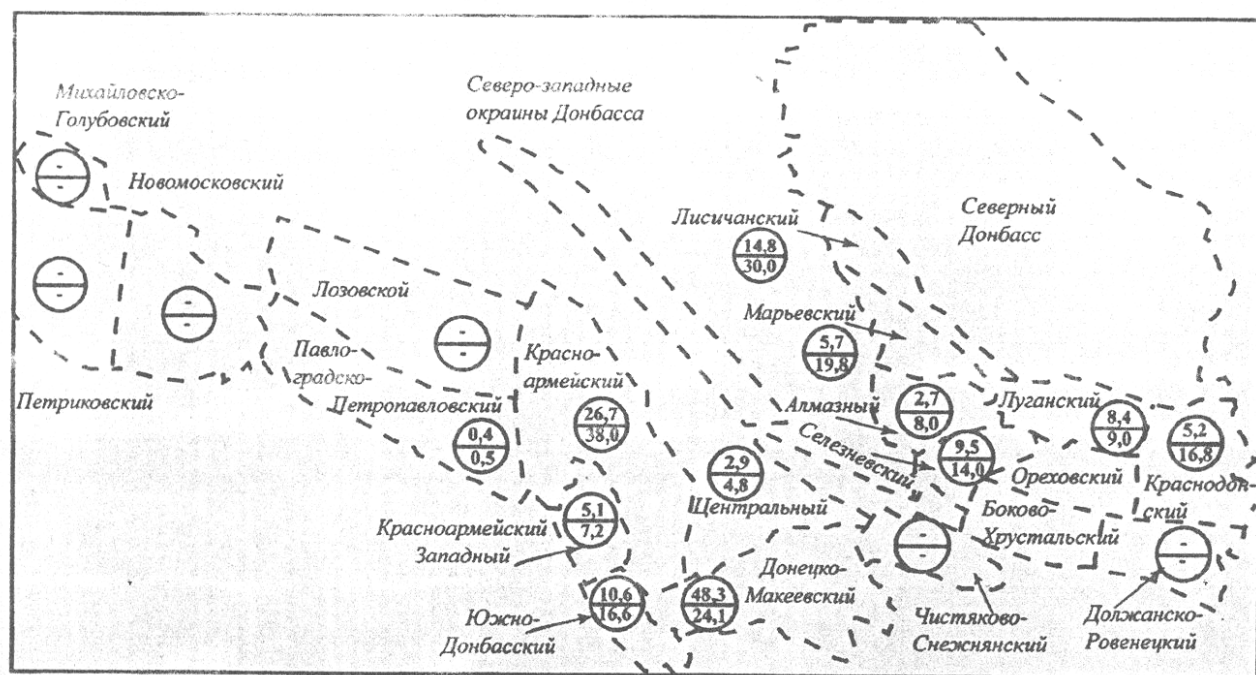


Рис. 5. Карта расположения месторождений УВ газов в Донбассе

В табл. 1 приведены объемы и плотности ресурсов углеводородных газов в геолого-промышленных районах Донбасса, подсчитанные в УкрНИИГазе. Как следует из таблицы, к наиболее перспективным площадям относятся Лисичанский, Луганский, Марьевский и Краснодонский ГПР Северо-Западного Донбасса и Донецко-Макеевский, Красноармейский, Южно-Донбасский ГПР Юго-Западного Донбасса.

Табл. 1. Объемы и плотности ресурсов УВ газов в ГПР Донбасса, рекомендованных к промышленному извлечению метана

| Геолого-промышленный район                         | УВГ в угольных пластах        |   | УВГ свободных скоплений в породах |   |
|--|-------------------------------|---|-----------------------------------|---|
|  | ресурсы, млрд. м <sup>3</sup> | плотности, млн. м <sup>3</sup> /км <sup>3</sup> | ресурсы, млрд. м <sup>3</sup>     | плотности, млн. м <sup>3</sup> /км <sup>3</sup> |
| <i>Западный Донбасс (Днепропетровская область)</i> |                               |   |                                   |   |
| Павлоградско-петропавлоградский                    | 31                            | 12  | 0,4                               | 0,6   |
| <i>Юго-Западный Донбасс (Донецкая область)</i>     |                               |   |                                   |   |
| Красноармейский                                    | 120                           | 171   | 26,7                              | 38,0  |
| Красноармейский-западный                           | 67                            | 96  | 5,1                               | 7,2   |
| Южно-Донбасский                                    | 35                            | 53  | 10,6                              | 16,6  |
| Донецко-Макеевский                                 | 172                           | 54  | 48,3                              | 24,1  |
| Центральный  | 72                            | 133   | 2,9                               | 4,8   |
| Торезско-Снежнянский                               | 142                           | 172   | -                                 | -   |
| <i>Северо-Западный Донбасс (Луганская область)</i> |                               |   |                                   |   |
| Марьевский   | 48                            | 84  | 5,7                               | 19,8  |
| Алмазный   | 70                            | 92  | 2,7                               | 8,0   |
| Луганский  | 40                            | 43  | 13,5                              | 14,6  |
| Селезневский                                       | 103                           | 152   | 1,5                               | 2,2   |
| Лисичанский  | 42                            | 142   | 23,5                              | 48,0  |
| Краснодонской                                      | 66,5                          | 55  | 9,2                               | 29,7  |
| Ореховский   | 9                             | 8   | -                                 | -   |
| Бакаво-Хрустальный                                 | 61                            | 40  | -                                 | -   |

В Юго-Западном и Северо-Западном Донбассе выделяется порядка 20 перспективных участков и площадей, газоносность пород которых подтверждается данными испытателей пластов, интенсивными газодинамическими процессами в скважинах и шахтах. Структурные особенности ловушек определяются по данным разведочных скважин на уголь, пробуренных по плотной сетке.

Прогнозные ресурсы свободного газа в количестве 150 млрд. куб. м связаны с мощными региональными песчаниками нефтегазоносных комплексов среднего (90 % от суммарных запасов) и нижнего (16 %) карбона. По глуби-

нам залегания запасы распределены следующим образом: в интервале до 700 м – 22, 700-1200 м – 52 и 1200-1800 м – 26 % от суммарных запасов.

Залежи являются многопластовыми (от 2 до 8 продуктивных горизонтов), структурными сводовыми, тектонически и литологически экранированными. Площади газоносности изменяются от 3 до 30 кв. км; эффективные мощности от 3 до 40 м; открытая пористость составляет от 6 до 16 %. Пластовые давления, по данным испытания на трубах и единичных гидродинамических исследований, несколько ниже или равны гидростатическим.

Запасы газа в отдельных залежах изменяются от 0,1 до 1,5 млрд. куб. м, а в целом по площади достигают 3-5 млрд. куб. м. При средней глубине скважин 1000-1200 м дебиты в скважинах будут изменяться от 2-4 до 10-30 тыс. куб. м/сут. Приведенные данные свидетельствуют о потенциальной возможности промышленной добычи и использования метана угольных пластов, который может служить дополнительным источником энергии в нашей стране.

Нужно подчеркнуть, что на протяжении последних 20 лет на площади Донбасса проведен большой объем работ, связанный с разработкой методов поиска, разведки, технологии бурения, добычи и использования газа метана угольных месторождений. Проведение этих работ осуществлялось силами государственных геологических предприятий, таких как «Донбасстеология», Восток-ГРГП, Укруглегеология, ЦАВТ. Научное сопровождение этих работ осуществлялось Днепропетровским институтом геотехнической механики, МакНИИ, УкрНИИГазом. В последние годы к работам по организации добычи газа присоединились предприятия с частным капиталом, силами которых были пробурены и продолжается бурение скважин на Матросском, Первомайском куполах, Томашевской, Каховской, Кременской, Сентяновской площадях. Была организована промышленная добыча газа на



Томашевской, Лаврентьевской площадях, на шахте им. А.Ф. Засядько.

По данным горных работ и бурения геологоразведочных скважин проводились изучения свойств и качества коллектора газа вмещающих пород Донбасса. Особое внимание при этом уделялось песчаникам – основным коллекторам свободного газа. Установлено, что наиболее высокими свойствами коллекторов характеризуются угленосные отложения в пределах северной окраинной части Донбасса, где установлены наиболее высокие значения пористости (от 7 до 35 %) при среднем значении 21 общей пористости и 19 % – открытой.

В результате проведенных работ накоплен большой опыт по методам поиска и разведки свободных скоплений газа метана, технологии бурения, выбора конструкции скважин, вскрытия и опробования продуктивных пластов в процессе бурения и в колонне. Полученный опыт показал, что бурение скважин необходимо осуществлять по правилам и технологии, принятой в газовой промышленности, которые предусматривают применение на устье скважин противовыбросового оборудования (превенторов), обсадку скважин трубами нефтегазового сортамента, изоляцию продуктивного разреза путем закачивания цемента в затрубное пространство, спуск насосно-компрессорных труб и обвязку устья скважины фонтанной арматурой.

При организации добычи метана на площади закрытой шахты Томашевская-Южная была разработана и внедрена оптимальная схема отбора газа от дегазационных скважин к газовому промыслу, опробована технологическая схема подготовки, очистки и учета газа, которую можно взять за основу как типовую схему обустройства газосборных пунктов применительно к условиям Донбасса. Об инновациях донецких геологов сообщает генеральный директор ГРГП «Донецкгеология» Н. Жикаляк и многие другие.

При рассмотрении проблемы освоения метана угольных пластов и бассейнов нужно учитывать следующее. Этот газ является постоянным, длительным по времени и значительным по интенсивности источником загрязнения атмосферы, способствующим ухудшению экологического состояния окружающей среды.

Метан относится к так называемым «парниковым» газам, и его добыча позволит сократить выбросы в атмосферу в несколько раз. По количеству выбросов метана угольных шахт в атмосферу Украина занимает пятое место в мире. По подсчетам специалистов, в стране утилизируется лишь десятая часть шахтного метана. В мировой практике уже имеется опыт комплексной дегазации угольных месторождений и использования полученного метана. В данном случае речь идет о попутном решении как энергетической, так и экологической проблем.

Общие выводы, которые базируются на полученных результатах, сводятся к следующему. Опыт работ, проведенных к настоящему времени по строительству дегазационных скважин, газосборных пунктов, газопроводов, станций по заправке газом автомобильного транспорта, станций по получению электроэнергии из метана угольных месторождений можно считать подготовкой к началу промышленной добычи природного газа в Донецком угольном бассейне. И хотя особо крупных газовых скоплений здесь не ожидается, Донбасс нужно относить к регионам, требующим начала немедленного промышленного освоения этих УВ.

## ГАЗОГИДРАТЫ

Газогидраты (газовые гидраты) рассматриваются как дополнительный энергетический источник и даже как «топливо будущего». Целенаправленно они изучаются с середины XX ст. Первую гипотезу о существовании газогидратных отложениях в районах многолетней мерзлоты Канады в 1943 г. сделал профессор Мичиганского университета Д. Катц, хотя доказать их наличие бурением тогда не удалось. Аналогичное допущение изложил в 1946 г. проф. И.Н. Стрижов, не приведя, однако никаких доказательств. Более того, он пессимистично оценил целесообразность их освоения.

История изучения газогидратов рассматривалась в разделе, который посвящен всем нетрадиционным источникам углеводородов. Напомним лишь ключевые положения этих исследований. В 1963 г. была пробурена Мархинская скважина в Якутии, которая вскрыла разрез отложений с температурой 0°C на глубине 1450 м. Изучавший ее Ю.Ф. Макогон также высказал гипотезу о существовании газогидратных скоплений в охлажденных пластах. Первые экспериментальные исследования условий образования гидратов природного газа в пористой среде он выполнил в МИНХи ГП им. И.М. Губкина и опубликовал их в 1965-66 гг. Полученные результаты убедительно показали возможность образования гидратов в пористой среде и стали обоснованием существования газогидратных скоплений в недрах, что было признано открытием (1969). Тогда же в Заполярье было выявлено первое газогидратное месторождение Мессояха, введенное в 1969 г. в промышленную разработку. Запасы его оценивались в 30 млрд. куб. метров, что делало его карликом на фоне открытых месторождений Западной Сибири.

Необходимо уточнить суть газогидратов. Все известные газы при определенных давлениях и температурах образуют кристаллогидраты, строение которых зависит от

состава газа, давления и температуры. Гидраты могут существовать в широком диапазоне давлений и температур. Газовые гидраты могут определяться как соединения, в которых молекулы газа помещены в кристаллические komórки, состоящие из молекул воды. Необходимыми условиями для образования гидрата является наличие газа, воды, определенное давление и температура одновременно. Химические связи между молекулами отсутствуют. Молекулы воды объединены водородной связью, которая легко распадается при снижении давления или повышении температуры.

Таким образом, газогидратами можно считать своеобразный лед, для образования которого не нужен мороз, отрицательная температура. Они возникают при определенном давлении и температуре. В частности, на дне Черного моря такие условия создаются на глубине свыше 700 м. В их составе в связанном состоянии находится метан. Если его освободить, из одного кубометра «теплого льда» получится до 200 кубометров метана. Залегают газогидраты на большой площади, слоем толщиной до 400 м. Их запасы в данном регионе составляют до 25 трлн. кубометров; порядка 7-10 трлн. приходится на территориальные воды Украины.

К настоящему времени в мире выявлено 230 газогидратных залежей. Они сосредоточены как на материках (3 %), так и в акваториях (около 97 %). Потенциальные мировые запасы гидратного газа превышают  $1,5 \times 10^{16}$  куб.м. Первый опыт разработки Мессояхского газогидратного месторождения стал мощным катализатором для изучения и коммерческого освоения их залежей. Только в США гидраты изучают в 15 научных лабораториях. Вместе с тем, многие вопросы их происхождения и освоения остаются нерешенными.

Нужно подчеркнуть, что далеко не на всей площади Мирового океана могут существовать газогидраты. Только около 9-12 % его дна являются перспективными для выявления коммерчески эффективных залежей. Извлекае-

мые запасы гидратного газа зависят от многочисленных факторов, наиболее важными из которых являются глубина и размер зоны образования гидратов, удельное содержание гидрата в разрезе отложений, мощность продуктивных пластов, степень переохлаждения залежи, суммарные их запасы, эффективность технологии разработки. Для условий акваторий, на глубинах от 0,7 до 2,5 км, что характерно для Черного моря, освоение их скоплений может быть эффективным при гидратонасыщенности более 30-50%.

Основным отличием или особенностью разработки газогидратных залежей является необходимость перевода их газа в пласте из твердого состояния в свободное, с дальнейшим отбором его при помощи традиционных технологий. Первые три базовые технологии разработки Ю.Ф. Макогон сформулировал еще в 1966 г. одну из них используют на Мессояхском месторождении. Из четырех возможных методов разработки опубликованы три. Они сводятся к понижению пластового давления ниже равновесного, повышению температуры гидрата в пласте выше равновесной и введению в пласт катализаторов разложения и их комбинации.

Относительно освоения газогидратов в Черном море, являющегося уникальным по своим характеристикам водоемом. Это молодой «закрытый» водоем, где накопилась практически застойная, не циркулирующая толща воды, насыщенной сероводородом с меняющимся солевым составом на глубине. Средняя глубина моря составляет 1300 м. Термодинамические условия стабильного существования гидратов в толще воды и осадочных породах для метана существуют на глубине более 750 м, для сероводорода – от нескольких десятков метров. Нижняя граница существования гидратов метана и сероводорода зависит от глубины и величины термического градиента в разрезе отложений.

Первые поисковые сейсмические работы в Черном море, выполненные Южморгеологией АН СССР, выявили

пять газогидратных площадей, наиболее перспективная из которых находится в 20 км к югу от Ялты. Это единственный регион в территориальных водах Украины, где целесообразно сосредоточить поиски и разведку газогидратов. Четыре другие перспективные залежи находятся в водах России, Турции и Грузии. В Украине имеется достаточный научный и производственный потенциал для решения проблемы газогидратов, а политики и бизнесструктуры в состоянии оценить энергетическую составную газогидратов и реально поддержать как науку, так и производство. Нужна разработка целевой программы для исследований Черноморского бассейна как региона с целью выявления и освоения энергоресурсов, сосредоточенных в газогидратном состоянии.

Интересная по этому вопросу публикация появилась недавно в газете «2000» (25.01.13), авторы называют газогидраты «топливом будущего» и сообщают о том, что Япония близка к тому, чтобы стать пионером промышленного освоения подводного «льда». Начать промышленную разработку во впадине Нянхай страна планировала уже в 2007 г. В феврале 2012 г. исследовательское судно Chiku («Земля»), принадлежащее японскому агентству морских геологических наук и технологий, приступило к бурению глубоководных скважин в Тихом океане в 70-80 км южнее п-ова Ацуми. А в январе 2013 г. ученым удалось достать первый метан с километровой океанской глубины; в марте было заявлено о начале пробной эксплуатации подводного газогидратного месторождения и получении из него первого природного газа. Полномасштабное освоение месторождения планируется начать с 2018 г. после разработки пригодной технологии добычи для промышленного использования.

Скептики такого проекта обращают внимание на высокую стоимость производства метана из подводного «льда». Но сторонники исследований считают, что в перспективе цена природного газа возрастет, и его добыча с океанского дна станет вполне рентабельной за счет

усовершенствования технологии добычи. Тем более что уже разведанные запасы газогидратов в окрестностях побережья Японии оцениваются не менее чем в 10 трлн. кубометров. А это позволит стране избавиться себя от дефицита природного газа на целое столетие.

Помимо Японии, серьезно продвинулись в технологии извлечения газогидратов также канадцы, где аналогичные работы уже много лет ведутся в устье реки Макензи. Над их разведкой и освоением работают также во Франции, Германии, США. Хотя еще четверть века назад мировое лидерство в сфере исследований подводных ископаемых оспаривали советские, в том числе украинские ученые.

Во второй половине XX ст. программы изучения газогидратов в СССР, США, Японии, Канаде, Индии и некоторых других странах оценивались как стратегические и щедро финансировались. К услугам ученых, занятых подводной энергетической тематикой, был научный флот и крупнейшие промышленные предприятия. В Днепропетровске для изучения возможностей промышленной добычи различных ископаемых, в том числе газогидратов, был создан институт «Океанмаш».

В конце прошлого века ученые из России, Украины, Болгарии и Румынии пришли к выводу, что запасы метаногидрата в Черном море можно оценить примерно в 25 трлн. кубометров (иногда эта цифра называется вдвое более высокой – до 50 трлн.), из которых 7-10 трлн. находилось в украинской части черноморского дна. В 1993 г. Кабмин принял постановление «О поисках газогидратного сырья в Черном море и создании эффективных технологий их добычи и переработки». А в середине 2000-х украинские геологи провели двухлетние исследования в рамках программы «Ресурсы» НАНУ, отыскав на дне Черного моря около полусотни грязевых вулканов и газовых факелов.

Самым перспективным участком для изучения была названа впадина Сорокина, к юго-востоку от Ялты, где

на глубине около 2 км зафиксировали не только многочисленные выбросы газовых факелов высотой до 800 м, но и донный слой метаногидратов толщиной до 4 м. Найденные тогда же залежи газогидратов породили новые опытные технологии добычи метана из гидратов и попытки привлечь инвестиции в разработку этих месторождений. Но из-за бедности Украины предложенный проект остался без поддержки, хотя теоретически он сулил стране энергетическую независимость и обещал окупиться уже через пять лет после начала переработки нового топлива.

Примечательно, что потенциальных частных инвесторов отпугнули не только риски, связанные с длительной политической или экономической нестабильностью страны, но и неопределенная экологическая составляющая проекта. Хотя добычу альтернативного газового топлива предполагалось вести в море, вдали от населенных пунктов, некоторые критики полагали, что добыча метаногидратов способна нарушить природный баланс в Черном море и вызвать непредсказуемые последствия. В частности, подъем к поверхности сероводородного слоя. Такая экологическая неопределенность сохраняется и поныне. И она требует специального изучения.

Однако, по некоторым оценкам, только уже разведанные участки Мирового океана содержат общее количество запасов метана в газогидратах, которое примерно сопоставимо или превышает существующие наземные месторождения природного газа. Это подстегивает к разработке технологий, позволяющих сделать добычу газогидратов и безопасной, и экономически привлекательной. Естественно, что к таким разработкам активно должна подключиться Украина, имеющая интерес и возможности участия в таких исследованиях и разработках. Тем более что официальный интерес к такому направлению деятельности у нас уже был сформулирован в 1993 г.



## ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И СЛОЖНОСТИ ДОБЫЧИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ УВ

Говоря о сланцевом газе и других нетрадиционных источниках УВ, нужно начать с уточнения его места среди других ресурсов. Во второй половине XX ст. по мере развития нефтегазовой отрасли выявлялось все больше случаев нахождения и распространения залежей и месторождений нефти, газа и газового конденсата в сложных, необычных (нетрадиционных) условиях. К концу XX ст. углеводородные ресурсы целого ряда разновидностей нетрадиционных скоплений (газогидраты и тяжелые нефти, сланцевый газ и нефть, водорастворенные газы, газы плотных резервуаров) намного превысили ресурсы их традиционных аналогов (Валяев, 2012). А начало XXI ст. ознаменовалось переходом к их широкому использованию. И хотя достоверные данные о величине ресурсов нетрадиционного УВ сырья пока отсутствуют, даже существующие их оценки впечатляют (см. рис. 6).

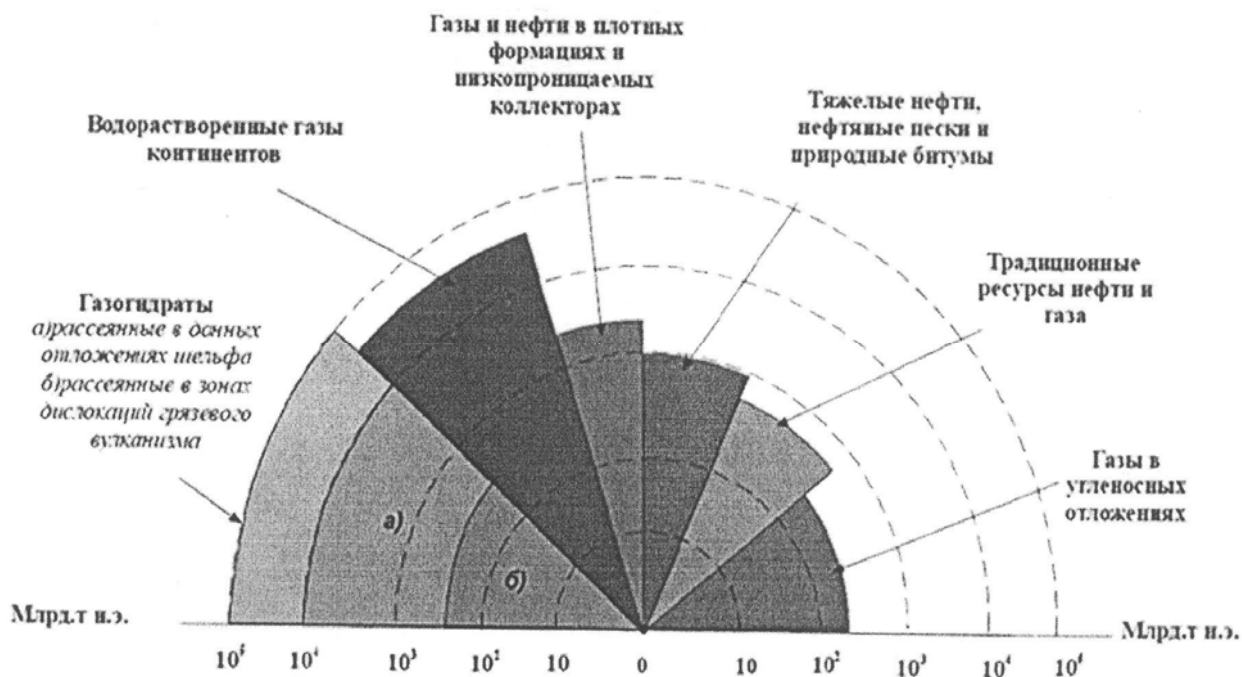


Рис. 6. Геологические ресурсы углеводородов

Более того, само их наличие в таких количествах наводит на мысль, что углеводородный энергетический голод человечеству не грозит даже при современном уровне развития науки, техники и технологий. И хотя динамика доступной ресурсной базы не имеет ярко выраженной нарастающей тенденции, однако, в долгосрочном плане она однозначно растущая. Вместе с тем, себестоимость освоения новых ресурсов также является, как правило, постоянно растущей величиной. Поэтому в обозримой перспективе основной проблемой развития мировой энергетики будет не нехватка энергетических ресурсов как таковых, а возможность обеспечить требуемые объемы производства топлива и энергии необходимыми инвестиционными ресурсами. Очень интересен один из прогнозов объемов и структуры добычи природного газа в США, что показано на рис. 7. На нем видно, что уже к 2035 г. добыча сланцевого газа в этой стране может составить почти половину его общего объема, а вместе с газами угольных месторождений – почти три четверти.

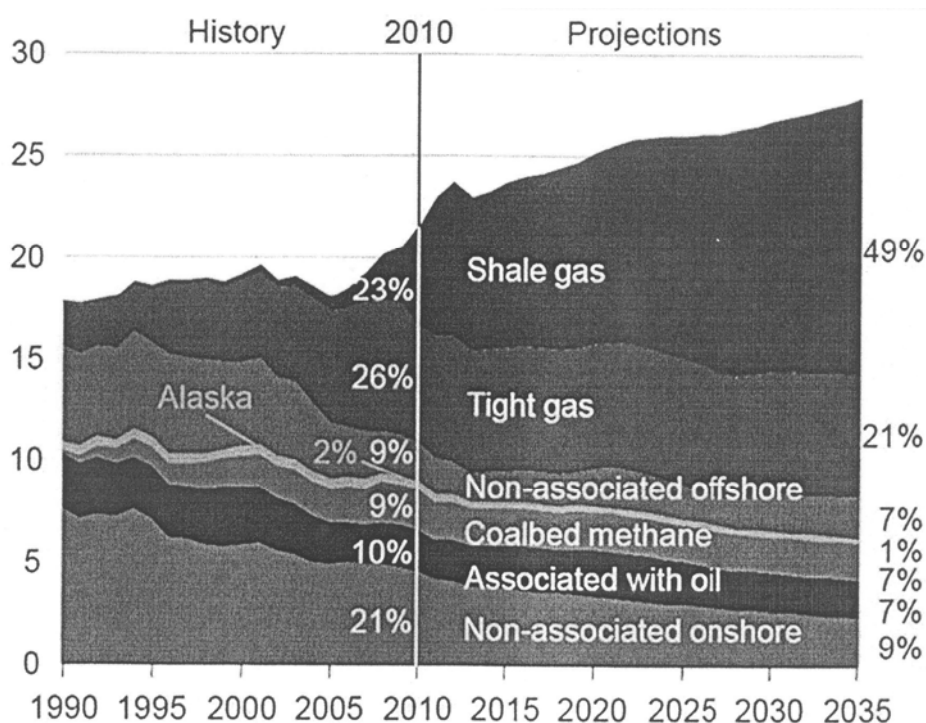


Рис. 7. Прогноз объемов и структуры добычи природного газа в США

*Площадное размещение* нетрадиционных источников углеводородов характеризуется большой пестротой и разнообразием представлений по этому вопросу. Если площади угольных бассейнов, которые были объектами длительного и целенаправленного изучения, хорошо известны, то площади размещения отложений с возможным сланцевым газом, в значительной степени, носят предположительный характер. Не всегда известна глубина их залегания, продуктивность планируемых к разработке отложений и многие другие вопросы. Еще менее детально изучено площадное размещение газогидратов, образующих значительные скопления в акваториях и в районах многолетней мерзлоты. Частично эти вопросы уже рассматривались. Основные сланцевые и газозольные бассейны Европы показаны на рис. 8.

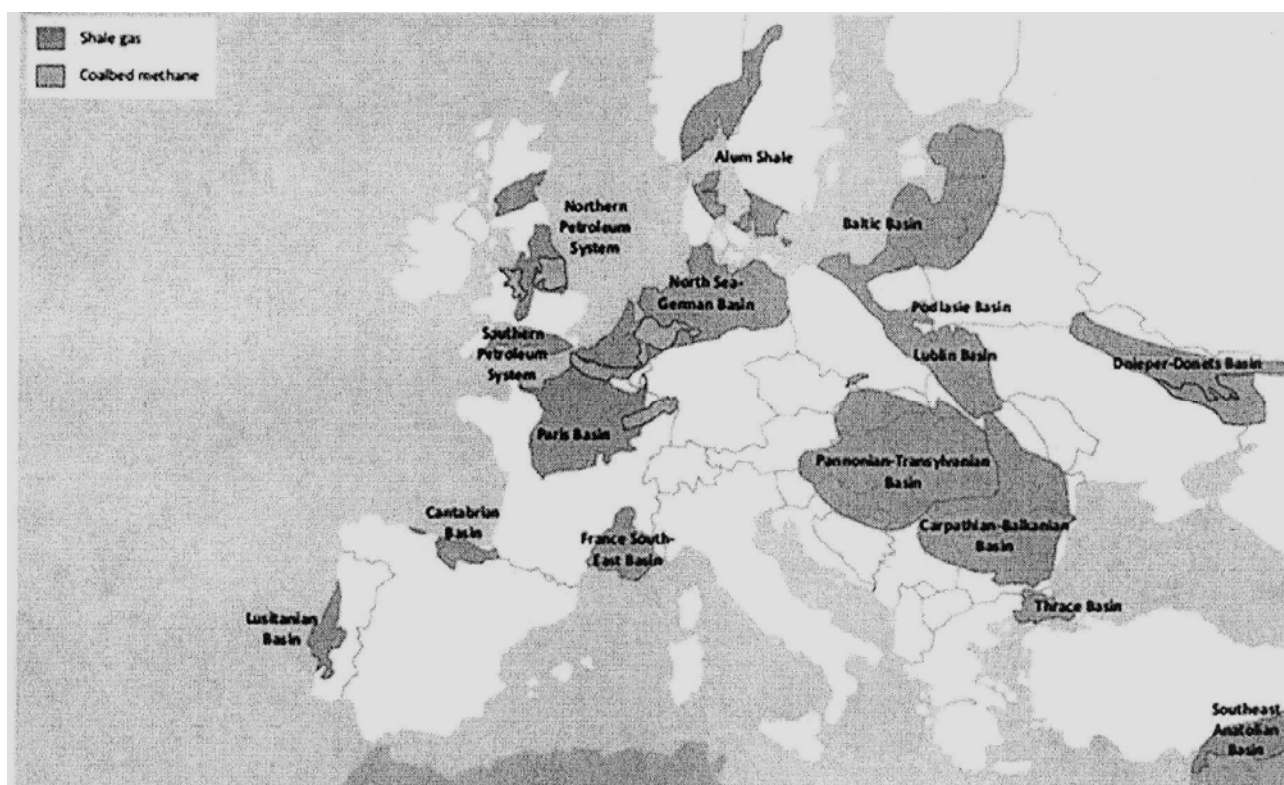


Рис. 8. Основные сланцевые и газозольные бассейны Европы

Вместе с тем, нетрадиционные источники углеводородов имеют такую же схему размещения в Украине, как и традиционные. Мы можем говорить о Восточном регио-

не, где кроме ДДВ планируется вести разработку газа на Юзовском участке, расположенном на границе Донецкой и Харьковской областей. А также добычу угольных газов из Донбасса. В Западном регионе интерес проявлен к менилитовым сланцам Карпат, где планируется изучать или осваивать Олесский участок (Львовская и Ивано-Франковская области). Наконец, Южный регион кроме разработки газа в Азовском море, в районе острова Змеиного и в Причерноморье, может в перспективе приступить к разработке газогидратов в районе впадины Сорокина в Черном море. Возможно, что сюда нужно прибавить Скифский участок на глубоководном шельфе Черного моря.

Говоря о площадном размещении нетрадиционных углеводородов обязательно нужно охарактеризовать *Юзовский участок и проект*, где работы по их изучению уже начаты. Участок этот находится в Днепровско-Донецком нефтегазоносном бассейне на территории двух областей: Донецкой (Краснолиманский, Славянский, Александровский, Константиновский, Артемовский, Добропольский и Ясиноватский районы) и Харьковской (Балаклейский, Изюмский и Барвенковский районы). Размер участка составляет 7886 кв. км. Общая схема его размещения показана на карте (см. рис. 9).

По имеющейся геологической информации, продуктивные газоносные пласты в пределах Юзовского участка сформированы уплотненными песчаниками, а не сланцевыми породами. Природный газ уплотненных песчаников, который Шелл планирует добывать в своих украинских проектах на суше, залегает на глубине 3-5 км. Его планируют добывать с помощью вертикальных и наклонных скважин. Горизонты с питьевой водой, как правило, находятся здесь на глубине до 700 м. При условии правильного построения скважины в месте ее контакта с этими подземными водами загрязнение водоносных горизонтов исключено.

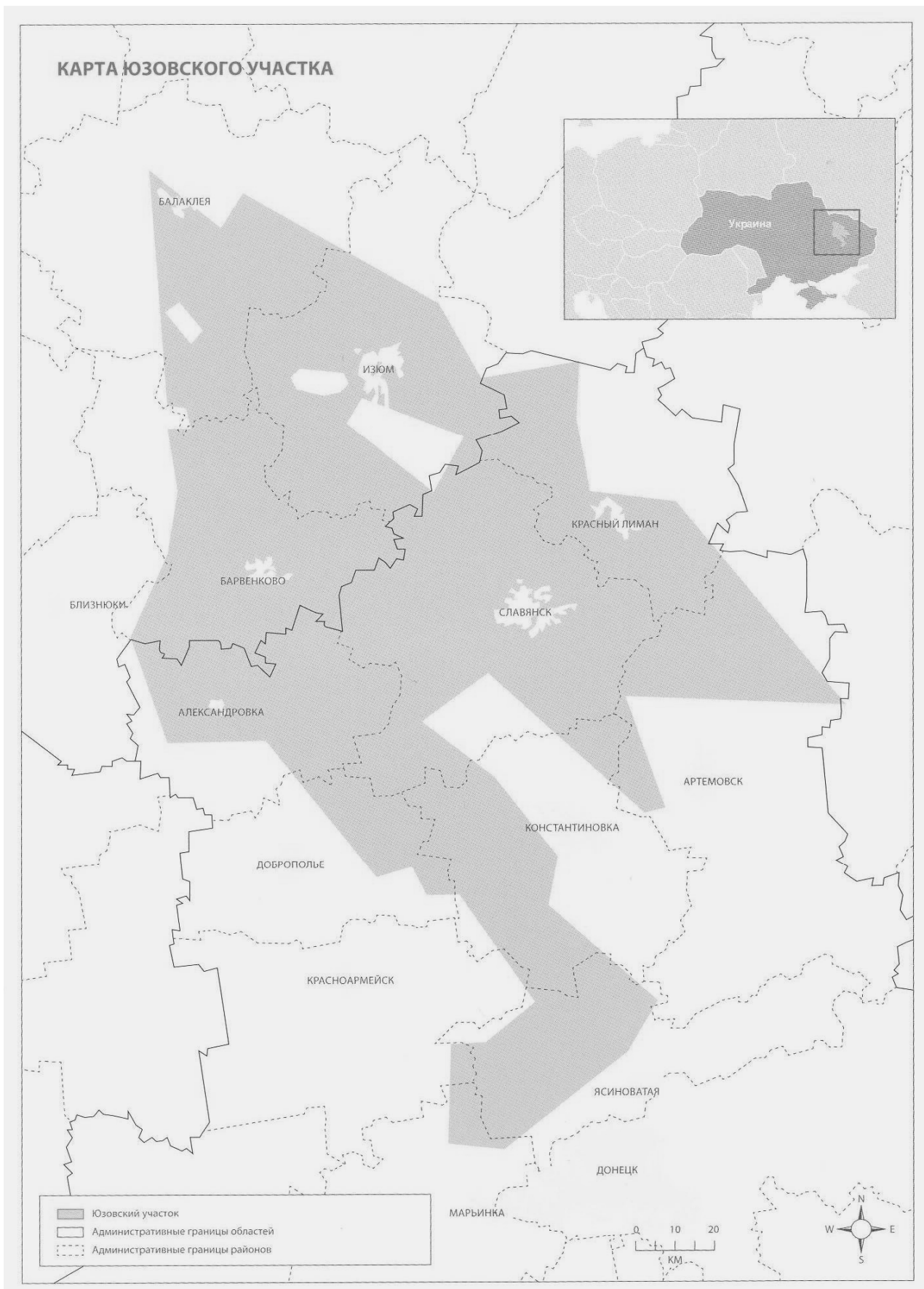


Рис. 9. Карта Юзовского участка

Нужно подчеркнуть, что проект этот не является неожиданностью. Обсуждение проекта в регионе началось еще в 2010 г., когда Донецкий областной совет дал свое согласие на то, чтобы Юзовский участок был выставлен на открытый конкурс с целью привлечения инвесторов для его разработки. Уже тогда рассматривались экологические аспекты проекта. Компания Шелл как один из участников конкурса занимала позицию открытости. Она выступала организатором круглых столов, семинаров, конференций на данную тематику, приглашала иностранных экспертов, встречалась с представителями экологических организаций. Право на подписание соглашения Шелл выиграла в мае 2012 г., обойдя другие компании по качеству своей заявки, в том числе и вопросам охраны окружающей среды. Об этом неоднократно писали украинские СМИ.

Ведущим фактором освоения всех этих источников углеводородов являются *экономические показатели*, позволяющие обосновывать принятие решения по их разработке. В частности по сравнению с традиционно осваиваемым природным газом и нефтью. Это большая специальная проблема, которая не будет здесь рассматриваться. Ясно лишь, что на первых этапах освоения финансовые вложения будут весьма значительными, учитывая возможные перспективы сланцевого газа и газогидратов. Вместе с тем, существует и другая тенденция – получение больших объемов газа из нетрадиционных источников влияет на экономическую целесообразность разработки каких-то уже привычных углеводородов.

В настоящее время мировой газовый рынок находится под сильным влиянием «газовой революции». Более стремительный, чем ожидалось, рост добычи сланцевого газа в США привел к обвалу оптовых цен на газ не только на американском континенте, но и в Европе, так как недопоставленный газ в США из-за роста внутреннего потребления был перенаправлен в европейские страны, что негативно отразилось на поставках Газпрома, цены в

контрактах которого значительно превышали рыночные котировки. Газовая революция привела к значительному изменению соотношения между ценой на нефть и газ. С начала 2009 г. оптовая цена на газ в соотношении к цене на нефть изменилась с 95 % до 31 %.

Основные опасения для российского Газпрома связаны с тем, насколько велика потенциальная угроза развития добычи сланцевого газа в Европе. Эти вопросы имеют ключевое значение для его проектов – освоение месторождений на шельфе, Ямале, и прокладки новых магистральных трубопроводов. Бум этой добычи из нетрадиционных источников газа в США уже привел к отсрочке ввода в строй Штокмановского месторождения как минимум на три года. Вместе с тем, экономисты утверждают, что рынок переоценивает возможные риски.

Ресурсы сланцевого газа в мире составляют около 200 трлн. куб. м; себестоимость добычи в точке производства от 80 до 320 долларов за тысячу кубометров. В среднем это составляет 210 дол./тыс. куб. м. За пределами США геологоразведочные работы на сланцевый газ в основном находятся в начальной стадии. Технологически извлекаемые и коммерчески эффективные запасы сланцевого газа в мире могут составить около 12 трлн. кубометров. Для сравнения: разведанные запасы природного газа в России составляют 48 трлн. куб. м или свыше 33 % мировых запасов традиционного газа (145 трлн. куб. м). При средней себестоимости добычи газа в России, включая расходы на транспорт, на старых месторождениях составляют всего 46 дол./тыс. кубометров. Поэтому в ближайшее время добыча сланцевого газа может рассматриваться не как конкуренция, а как решение местных вопросов.

Добыча сланцевого газа имеет свои особенности, которые нужно знать и учитывать. Он содержится в небольших количествах в самой осадочной породе и в низких концентрациях. Извлечь его можно путем вскрытия больших площадей, используя технологии гидроразрыва

пласта (ГРП) и постоянного бурения большого количества длинных горизонтальных скважин с созданием трещин в скважине через определенные интервалы. Проблема добычи сланцевого газа – низкие, быстро падающие давления. Для небольших запасов приходится рано или поздно строить компрессорные станции. Низкая концентрация газа в породе приводит к тому, что пробуренные скважины быстро сокращают свой дебит – на 30-40% в год.

Учитывая экономику добычи сланцевого газа, долгосрочная разработка месторождений рентабельна лишь при растущих ценах на газ, так как разработка месторождения требует высокого уровня капитальных вложений на протяжении всего срока проекта из-за постоянного роста количества скважин и операций по гидроразрыву пласта, учитывая их резко падающий дебит. Поэтому многие крупные американские компании, занимающиеся разработкой месторождений сланцевого газа, уже столкнулись с финансовыми трудностями, так как при снижающихся ценах на газ на рынке США проекты стремятся к отрицательным значениям. Поэтому некоторые экономисты предполагают, что бум добычи этого газа может смениться не менее драматичным падением интереса к нему.

В числе основных задач успешного освоения рассматриваемых нетрадиционных источников углеводородов необходимо назвать дальнейшее *совершенствование технологии их разработки*. Применительно к шахтному газу необходим учет особенностей строения угольного бассейна, мощностей угольных слоев, глубин залегания и ряда других положений. Разработка сланцевого газа, пока освоенная лишь в США, потребует приспособления к геологическому строению и особенностям тех пород и структур, что будут использоваться для его извлечения.

Что касается газогидратов, то пока схемы их извлечения находятся лишь на стадии проектов и учета природных и экологических условий размещения соответствующих скоплений. Ближе всего к решению вопросов



добычи их в акватории пришла Япония, уже имеющая конкретные результаты. В России, как уже отмечалось ранее, с 1960-х годов начата разработка Мессояхского месторождения в Заполярье Западной Сибири. Украина пока проявляет к этим УВ лишь теоретический интерес (1993).

Технологические особенности разработки сланцевого газа известны лишь в общих чертах. Основные претензии к его добыче сводятся к протесту против использования гидроразрыва. Суть этого процесса заключается в том, что в скважину закачивается технологический носитель на основе пресной воды, песка и с добавлением химреагентов в объеме 1,5-0,49% и под большим давлением – около 700 атм. Гидроразрыв образует поперечные трещины, способствующие выделению метана из вмещающих пород. По мнению геологов, такие вертикальные трещины могут под весом лежащих выше пород со временем «зарубцовываться». Однако частота гидроразрывов приводит к повышению проницаемости сланцевых горизонтов и жестких песчаников, что может быть причиной утечки метана в верхние слои почвы и попаданию его в атмосферу.

Трещины, возникающие вследствие гидроразрыва под давлением, могут иметь длину от нескольких десятков до нескольких сотен метров в зависимости от плотности и однородности пласта, направления гидроразрыва (поперечного или продольного) и заданной программы. Но они не могут быть длиной в несколько километров, что позволило бы достичь водоносного горизонта. Основной упрек противников добычи угольного метана и сланцевого газа заключается в не раскрытии компанией информации о перечне химических реагентов, используемых при гидроразрыве.

Одним из важных преимуществ Украины в вопросах освоения, как привычных газов, так и нетрадиционных источников углеводородов, следует считать существование на ее площади системы подземных газовых храни-

лиц, которые необходимы для годового регулирования потребления природного газа. Они начали активно создаваться в 1960-е годы, и сейчас по их количеству и показателям объема страна находится на третьем месте в мире после США и России. А также развитая система газопроводов. Это, с учетом ее размещения, превращает Украину в важную газотранспортную державу, что позволит регулировать перемещение газа на своей территории.

Технология добычи сланцевого газа, как и любая промышленная технология, подразумевает существование позитивных и негативных сторон. К позитивным моментам относят существующее мнение, что разработку сланцевых месторождений с использованием глубинного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах можно проводить в густонаселенных районах; единственной проблемой будет использование тяжелого транспорта. Значительные сланцевые месторождения газа обычно находятся в непосредственной близости от конечных потребителей. Существовало мнение, что добыча сланцевого газа происходит без потери парниковых газов. Наконец, преимуществом нетрадиционных углеводородов можно считать их очень большие предполагаемые запасы.

К числу негативных сторон получения сланцевого газа обычно относят следующее. Технология гидроразрыва пласта требует больших запасов воды вблизи месторождений; для одного гидроразрыва используется смесь воды (7500 тонн), песка и химикатов. В результате, вблизи месторождений иногда скапливаются значительные объемы отработанной загрязненной воды, которая не утилизируется добытчиками с соблюдением экологических норм. Как показывает опыт работ, сланцевые скважины имеют гораздо меньший срок эксплуатации, чем скважины обычного природного газа. Формулы химического коктейля для гидроразрыва в компаниях, добывающих газ из сланцев, являются конфиденциальными. Наконец, добыча сланцевого газа рентабельна лишь при наличии спроса и высоких цен на газ.

Однако с учетом негативных факторов, связанных с несовершенством технологии добычи и загрязнением окружающей среды, сланцевый газ является наиболее перспективным энергоресурсом в долгосрочных планах. Общий объем сланцевого газа в течение прошедших 10 лет многие эксперты оценивали в 456 трлн. кубических метров. По данным годового отчета Энергоинформационной Администрации, объем запасов сланцевого газа США на 2011 г. составлял 72 трлн. куб. м, из них технически извлекаемые запасы – 24 трлн. куб. м. По их оценкам мировой объем сланцевого газа превышает 187 трлн. куб. м.

По прогнозам специалистов, к 2030 г. сланцевый газ будет занимать 7 % мирового газового рынка. Однако пока добыча растет в основном в Северной Америке, где на его долю приходится 20 % всех доступных газовых ресурсов. Таким образом, сланцевый газ в ближайшие десятилетия, скорее всего, так и останется крайне любопытным и динамичным, но чисто американским феноменом. В мировой революции многие специалисты сомневаются. И менее всего она вероятна в Европе. Вместе с тем, они призывают обратить внимание на попутный нефтяной газ. Для этого нужно лишь разработать технологии и экономические механизмы, способные вывести инвестиции в проекты по утилизации попутного нефтяного газа хотя бы на уровень рентабельности.

Нужно подчеркнуть, что освоение нетрадиционных источников УВ порождает большое количество *политических вопросов и проблем*, особенно многочисленных в связи с использованием сланцевого газа. Они очень разнообразны. Это естественно, так как всякая революция требует изменения политики. В данном случае мы не будем рассматривать, какие выгоды или сложности получат США и Россия от их использования, а обратим внимание лишь на мощный протест против использования сланцевого газа в Украине. Для этого достаточно просмотреть информацию в интернете, где примерно четверть сообщений посвящено экологическим опасениям.

Интересным примером политической борьбы стала Болгария. Социологический опрос, проведенный в ней в январе 2012 г., показал довольно благосклонное отношение болгар к сланцевой проблематике. 65 % опрошенных поддержали разведку сланцевого газа при обеспечении охраны окружающей среды. Но другой опрос, проведенный через два месяца, показал, что 66 % болгар поддерживает запрет, принятый парламентом. И дело не в получении какой-то новой информации по этим вопросам, а обычное столкновение интересов двух российских энергетических монстров – «Газпрома» и «Росатома», планировавшего построить дополнительный реактор в Козлодуде. Речь идет о выборе здесь энергетического направления развития – сланцевый газ или атомная энергетика. И, естественно, неосведомленность о сланцевом газе.

Антисланцевое движение началось и в США, но там причины его развития были совсем иные. Как оказалось, цена на газ на американском рынке в теплотворном эквиваленте стала на порядок ниже цены нефти и нефтепродуктов, приведенной к такому же тепловому эквиваленту. Однако американские домохозяйства в основном все еще остаются потребителями жидких видов горючего. Это стало причиной того, что в Америке активно начали внедрять технологию производства жидких видов топлива из нетрадиционного газа. Все это показывает большое многообразие причин для развития антисланцевого движения.

Еще одним примером политических исканий становится Казахстан. Уже в марте 2013 г. премьер-министр республики К. Масимов поручил искать в стране сланцевый газ. Мотивировкой такого указания стали соображения, что «энергетическая политика меняется». По разведанным запасам нефти и газа Казахстан занимает 13-е место в мире; нефтяная отрасль республики – одно из основных направлений экономики. Премьер-министр сказал, что нужно сосредоточить поиски сланцевого газа, , вокруг крупных угольных месторождений – в Караган-

динской области, в Павлодарском бассейне. И страна готова в кратчайшие сроки провести необходимые геолого-разведочные работы.

Добывать сланцевый газ собирается и Белоруссия. Постановлением от 1 августа 2012 г. она увеличила количество предлагаемых в концессию участков с одного до восьми. Четыре участка расположены на территории Гомельской области, три – в Брестской. Естественно, что такие поиски в пределах Припятского грабена, куда протягивается наш прогиб Большого Донбасса, должны подтолкнуть Украину к сотрудничеству с Белоруссией. Тем более что наш Юзовский участок по геологическому строению близок к Припятскому грабену, входящему в одну структуру, названную авлакогеном.

Повторить достижения США в области добычи сланцевого газа стремится и Китай. По некоторым оценкам, эта страна обладает самыми большими его запасами в мире. Согласно данным Службы энергетической информации США, речь идет о 36,1 трлн. кубометров газа, в то время как в Соединенных Штатах залегает лишь 24,2 трлн. куб. м этого сырья. Среди основных проблем – сложные геологические условия страны: большинство китайских месторождений залегает на глубине 4-6 км. Для гидроразрыва им нужно использовать на 30% больше воды, чем в США, притом, что многие регионы испытывают нехватку водных ресурсов. Эта страна не имеет опыта добычи сланцевого газа и необходимых технологий. И хотя Китай поставил себе задачу добывать в 2020 г. 80 млрд. кубометров, или 23% от общего потребления, сланцевая революция в этой стране, по мнению многих экспертов, не произойдет.

Экологические проблемы освоения нетрадиционных источников УВ будут рассматриваться в следующем разделе. Здесь мы только обратим внимание на то, какие общественные протесты на местах вызывают планы использования сланцевого газа. И это у людей, которые плохо представляют, что это такое и в чем опасность. Создается

иногда впечатление, что это специально организованная программа протеста, которая обусловлена не только экологическими опасениями, но и политическими соображениями. Вероятно, она должна быть обнародована и предложена для обсуждения. А заодно полезно выяснить: кому выгодно, чтобы Украина не получила энергетическую независимость.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ**

Возможность широкого использования для энергетического обеспечения сланцевого газа в настоящее время активно обсуждается в прессе и науке. Уже прочно утвердились представления о «сланцевой революции», с которой связывается много надежд. Кроме безусловных преимуществ и уже полученных результатов в США, у этой идеи много противников, которые основной упор делают на негативные экологические последствия. Хотя конкретных и убедительных возражений обычно ими не приводится. Мы делаем попытку спокойно разобраться в этих вопросах применительно главным образом к интересам Украины.

Мы уже рассмотрели суть понятия сланцевый газ, историю его освоения. Его несомненные преимущества – очень большие ресурсы, по некоторым представлениям. А сложность в том, что пока еще слабо разработана технология добычи, которой владеют лишь США. Практически не изучены геологические условия его размещения в Украине; пока такие представления имеются лишь в самых общих чертах. Вместе с тем, в Украине уже начаты работы по освоению этого сырья. Названы и кратко охарактеризованы Юзовский, Олесский и Скифский участки. Существует также много случаев элементарной неграмотности в используемой терминологии, в том числе и в области экологии, характеристики вмещающих сланцевый газ пород. Для этого достаточно посмотреть соответствующую информацию в Интернете.

Естественный вопрос – чем обусловлен интерес к этой проблеме. Недостаток в стране уже привычного для нас газа и нефти, рост их стоимости, выразительные успехи в добыче сланцевого газа и газов угольных месторождений в США, большой интерес к этому сырью в ряде стран и ряд других положений требует детального изучения всех этих вопросов. Здесь нами будет сделан акцент на экологические проблемы освоения данных углеводородов в Украине: какие они и могут ли они быть причиной для приостановки уже начатых в этом плане работ.

Основные доводы по загрязнению окружающей среды в процессе разработки сланцевого газа, которые приводятся разными специалистами, а также противниками этого направления энергетического обеспечения, следующие: 1) использование для бурения и гидроразрыва большого количества воды, что для восточных регионов Украины может вызвать определенные сложности и нарушения в окружающей среде; 2) загрязнение питьевых подземных вод; 3) применение химикатов для осуществления гидроразрыва слоев; 4) уничтожение почвенного слоя; 5) нарушение гидродинамического режима в недрах, что может спровоцировать землетрясения. Все эти положения или даже угрозы применительно к Украине относительно легко опровергаются.

Восточные регионы Украины относятся к асейсмичным, и ожидать землетрясения в пределах ДДВ и Донбассе – невозможно. Почвенный слой страдает при любом виде добычи полезных ископаемых; поэтому в местах наиболее плодородных почв его принято снимать и возвращать после окончания разработки месторождения. Такой процесс рекультивации уже прочно утвердился в международной и отечественной практике.

Залегание продуктивных сланцевых пород на глубинах, значительно превышающих таковые пресных водоносных горизонтов, также не может считаться сколько-нибудь обоснованным доводом в пользу их загрязнения. Так же как это имеет место при разработке обычных га-

зовых и нефтяных месторождений. Для разработки сланцевого газа может осуществляться повторная закачка вод, часть которых будет взята из глубоких горизонтов. Вопрос может быть лишь по применению химикатов. Но он уже изучался и каких-то принципиальных возражений и угроз пока не поступило. Тем более что конкретных случаев загрязнения недр не зафиксировано.

Определенную или значительную угрозу для окружающей среды представляет массированное применение гидравлического разрыва пласта, поскольку при этом широко используются жидкости на УВ основе и их загустители (сульфид-спиртовая барда и другие производные хорошо растворимой в воде целлюлозы, соли органических кислот, высокомолекулярные соединения – отходы нефтепереработки и др.). Так, в США Агентство по охране окружающей среды требовало в 2003 г. от ряда крупных сервисных компаний прекращения использования дизельного топлива при изготовлении рабочих жидкостей разрыва и жидкостей-песконосителей. Этот пример показывает необходимость регулярного контролирования процесса разработки с точки зрения природоохранной деятельности, экологических нарушений.

Примером решения экологических проблем являются начатые работы компанией Шелл на востоке Украины. Донбасс считается густонаселенным регионом, и при проведении соответствующих работ возникает много вопросов. Нужно учитывать, что проект буровой площадки разрабатывается под каждую отдельную скважину, в зависимости от геологических и ландшафтных условий. Первая поисковая скважина этой компании на Харьковщине занимает площадь всего 220x300 метров. Плодородный грунт на территории площадки был снят и сложен на хранение в специально отведенных местах согласно нормам украинского законодательства. После завершения работ плодородную землю вернут на место, площадку рекультивируют. Компания Шелл использует технологию кустового бурения.



С одной площадки можно бурить до 32 скважин, которые под землей охватывают большую территорию, в то время как на земле влияние таких работ минимизировано. Это позволяет существенно уменьшить воздействие проекта на окружающую среду. В соответствии с украинским законодательством на каждую скважину составляют отдельный технический проект, который в том числе включает раздел оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Этот проект проходит множество согласований, в том числе в областном управлении охраны окружающей среды. Проект прошел также общественные слушания и получил одобрение у местных жителей. Этот пример показывает отношения к ОВОС.

Интересная информация и соображения в связи с экологическими опасениями приводится по результатам пресс-конференции М.М. Добкина, которая была проведена в Киеве (ИА «Укринформ») и освещена И. Гудзь. Глава Харьковской облгосадминистрации рассказал, что лично убедился в безопасности той технологии, что используется для добычи сланцевого газа после посещения мест его разработки в Далласе (США). Он лично наблюдал размещение скважин в десятках и сотнях метров от разных стадионов, гостиницы, взлетно-посадочных полос Далласского аэропорта; каждая из них имеет по несколько гидроразрывов. Что касается запугиваний местного населения, то такие же настроения были и у жителей Техаса десять лет назад. И если пять лет назад газ в США стоил 400 долларов за тысячу кубометров, то сейчас промышленность и местное население могут приобретать его по цене 120 долларов. Естественно, что разработка сланцевого газа повлияла и на инфраструктуру района, способствовала росту его экономики.

Когда мы говорим о негативных экологических последствиях возможной добычи у нас сланцевого газа, то мы упорно забываем, что добыча каменного угля, которую мы планируем сейчас активизировать в связи с недостатком природного газа, наносит окружающей среде намного

больше негативных последствий. Это и горящие терриконы, и шахтные воды, и просадка земной поверхности в местах добычи угля и многое другое. Этот вопрос был предметом наших специальных исследований при разработке учебного курса «Экологическая безопасность в нефтегазопромысловом деле» (2013), подготовке учебных пособий по экологической геологии и других публикаций, и мы можем говорить об этом с полной ответственностью.

Вопрос, возникающий при использовании сланцевого газа, может рождать другой вопрос: почему мы делаем основной сейчас акцент именно на нем, а не газах угольных месторождений. В пределах Украины размещен крупнейший в Европе Донецкий угольный бассейн, для которого извлечение метана должно рассматриваться как важный положительный фактор, как снижение риска его взрыва при работе шахт. Тем более что газоносность наших углей уже достаточно детально изучена (Павлов, 2005; 2011 и др.). Россия уже имеет большой и длительный опыт его добычи, да и в США его добывают сейчас почти вдвое больше, чем сланцевого газа.

Говоря об экологических проблемах освоения нетрадиционных источников УВ, мы обязательно должны выделить вопросы о газогидратах. Широкое распространение их на морских и океанических площадях и пока еще не разработанная технология извлечения ставит много природоохранных вопросов. Особенно в случае освоения их в акватории Черного моря, вблизи Южного берега Крыма, других курортных районов и стран. Если в Японии, начавшей изучать их на окраине Тихого океана, экологическая проблема не так сложна и опасна, то нужно учитывать условия размещения нашей страны. В связи с этим нужно было бы напомнить о постановлении Кабинета Министров Украины 1993 г. о поисках газогидратов в Черном море и «создании эффективной технологии их добычи и переработки». Но пока дальше призывов такие работы не продвинулись.

Одним из недостатков современной науки и прессы следует считать отсутствие грамотно изложенного и доступного для широких слоев населения и сторонников зеленого движения рассказов или информации о сланцевом газе, газах угольных месторождений, газогидратах. Книги такого рода должны снять напряжение в обществе, которое протестует против того, в чем не разбирается. Частично такую цель имеет данная работа. Кроме того, есть необходимость в создании учебных пособий по сланцевому газу, другим нетрадиционным источникам углеводородов или увеличение объема такой информации в курсах «Геология нефти и газа», «Экологическая геология», которые читаются в наших вузах.

В связи с начинающимся активным изучением в нашей стране нетрадиционных источников углеводородов необходимо рекомендовать следующее. Целенаправленное геологическое изучение районов возможного размещения в Украине подходящих объектов. Пока обстоятельные исследования в этой области на академическом уровне выполнены лишь А.Е. Лукиным (2007, 2010, 2011). Вместе с тем, они требуют также больших объемов специального бурения, которые пока начаты лишь на отдельных участках. И составления комплексной программы исследований в этой области, учитывающей экономические и экологические факторы.

В проблемах сланцевой революции в настоящее время очень много политики. Она должна учитываться, но не лежать в основе главного анализа этих УВ. Мы начинаем изучать, чем это обернется для России, являющейся основным поставщиком природного газа в Европу, сколько она потеряет, сколько будет стоить газ и следует ли ожидать его подорожания. Как будут чувствовать себя страны Средней и Центральной Азии, ориентирующие свое развитие на добычу и продажу газа. Такие вопросы должны учитываться или изучаться нами, получающими такой газ, но они не должны лежать в ос-

нове специальных исследований в области нетрадиционных источников УВ.

Единственным серьезным и аргументированным возражением против активного участия нашей страны в «сланцевой революции» может быть лишь анализ экономических показателей для получения этого энергетического сырья. Что выгоднее Украине, испытывающей трудности экономического развития, – начать разработку сланцевого газа или форсировать работы по освоению углеводородов черноморского шельфа. Или продолжить добычу газа в пределах уже активно освоенных нефтегазоносных областей. А может быть, серьезно заняться использованием альтернативных источников энергообеспечения ветровой и солнечной энергии, тепла недр, биотоплива. Или активизировать энергосбережение, что является очень важным для нас в условиях нынешних наших показателей. По всей видимости, все эти положения требуют комплексного изучения и решения; речь может идти лишь о масштабах соответствующих затрат и их рациональном соотношении.

Проблемы освоения сланцевого газа и других нетрадиционных источников УВ имеют еще один аспект, на который обращают внимание А.В. Яблоков, А.Е. Лукин и многие другие исследователи. Освоение их огромных ресурсов существенно упрочит значение природного газа как альтернативы углю и ядерной (урановой) энергетике и, возможно, продлит газовую эпоху в глобальной энергетике вплоть до появления принципиально иных экологически чистых источников энергии. Сланцевая революция и газы угольных месторождений показали, что углеводороды себя еще не исчерпали и требуют лишь совершенствование их добычи, а также рационального использования. Поэтому освоение разных нетрадиционных источников УВ становится переломным моментом в развитии энергетики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общие выводы и заключения по рассмотренным вопросам могут быть сформулированы следующим образом. У нас есть необходимость изучить и систематизировать материал по нетрадиционным источникам углеводородов, которые по ряду достаточно обоснованных представлений могут стать заменой обычному природному газу и нефти уже в ближайшие десятилетия или даже годы. Для Украины, имеющей такие скопления в разных местах и в больших количествах и остро нуждающейся в этом виде горючих ископаемых, их изучение и освоение является особо острым и важным.

Украине необходимо активно изучать все рассмотренные направления освоения нетрадиционных источников углеводородов – сланцевого газа, газов угольных месторождений, газогидратов. Она имеет различные их скопления на своих площадях, а также кадры, которые могут в этой работе участвовать. В настоящее время ставится даже вопрос о целесообразности подготовки в стране и в харьковских вузах, в частности, новых кадров именно такой ориентировки – по освоению нетрадиционных углеводородов. И, соответственно, в создании учебных пособий, ведении научно-технических разработок, разъяснительной работы.

Частично такие работы по изучению и освоению сланцевого газа уже начаты. Менее знакомы специалистам, политикам, экономистам и широкой общественности работы по газам угольных месторождений, которые кроме США достаточно активно осваиваются в России. И газогидратам, к изучению и освоению которых уже приступает Япония и Канада и которыми интересуется Украина. Нам нужна подготовка доступной информации в этой области; частично такую цель имеет предлагаемая работа, дающая пока лишь самые общие сведения в этой области.

Среди главных направлений *дальнейших исследований* и деятельности в данном вопросе для Украины нужно назвать следующее.

*Геологическое изучение* площадей возможного их промышленного скопления с ориентировочным прогнозом или даже подсчетом запасов газа по отдельным участкам. Такие работы обязательно должны сопровождаться бурением, геофизическими и другими специальными исследованиями. А также публикациями на эту тему, обсуждением этих вопросов на специальных совещаниях, конференциях и круглых столах. Целесообразно сравнительное комплексное изучение этих энергоресурсов.

*Разработка технологии* извлечения этих видов горючих ископаемых, учитывая, что этот процесс даже в мировом масштабе лишь недавно начал активно изучаться и развиваться. Одним из направлений такой деятельности может быть привлечение иностранных компаний к такой работе в Украине, что позволит не только совершенствовать этот процесс, но и обновить наше буровое и другое газодобывающее оборудование. Частично такие работы уже начаты, и мы должны быть в них не как пассивные наблюдатели, а как активные участники.

Необходимо активное *международное сотрудничество* в области освоения нетрадиционных источников углеводородов. В том числе, с Россией, которая теоретически может и должна быть противником этих наших начинаний. Но она имеет опыт освоения газогидратов на материковых площадях и активного использования шахтных газов в Кузбассе. Естественным должно быть сотрудничество с Польшей, Белоруссией, другими странами, которые занимаются этими вопросами на соседних площадях или проявляют к ним интерес. А также с Китаем, который очень заинтересован в их освоении.

Необходимо навести *порядок в терминологии*, особенно в области геологии сланцевого газа, характеризующегося приуроченностью к разным породам и геологическим условиям. В средствах массовой информации, а частично и у специалистов, далеких от геологии и газопромыслового дела, демонстрируется недопустимая элементарная неграмотность. Для частичного исправления этого положения в

одном из наших приложений мы помещаем краткий словарь специальных терминов в этой области.

Выявление возможных *экологических последствий*, которые уже в настоящее время вызывают у многих природоведов разного рода опасения; этот вопрос специально рассматривался в данной работе. Исследования такого рода должны быть продолжены. Возможность таких последствий должна быть полно изучена; нужно предложить комплекс мероприятий по охране окружающей среды в связи с планируемым направлением такой деятельности. В том числе, показать, что взрывы и выбросы шахтных газов, горящие терриконы и другие объекты Донбасса, взрывы на нефтегазовых месторождениях являются не менее вредным результатом, чем ожидаемые последствия разработки сланцевого газа.

И *разъяснительная работа* среди населения, которое обычно еще не знает о чем идет речь, но уже протестует. Для иллюстрации такого положения достаточно просмотреть интернет, где сообщается о протестах жителей разных районов Украины. Вероятно, полезным будет изучение опыта США, где начало освоения сланцевого газа также сопровождалось протестами. Соответствующее разъяснение должны получить и специалисты, которые разбираются лишь в отдельных вопросах и проблемах освоения нетрадиционных УВ.

*Экономические расчеты*, которые необходимы для выбора основных направлений деятельности в этой области энергетического обеспечения. Они, как уже неоднократно подчеркивалось, будут лежать в основе направления энергетического обеспечения не только нашей страны, но и в мировом масштабе. Такие расчеты должны делаться с поправкой на то, что все эти расходы будут существенно меняться во времени. И будут разными в разных странах и регионах. Это самостоятельное направление исследований.

Необходимо составление *комплексной программы* деятельности в Украине в этой области, которая преду-

смаatrивала бы не только работы лишь в освоении одного из этих полезных ископаемых, но и сопоставление их, включая сравнение с традиционно уже осваиваемым газом и нефтью. А также согласование такой деятельности в межгосударственном и мировом масштабе. Такая программа должна включать деятельность отдельных НИИ, промышленных компаний, вузов, кадры которых могут участвовать в такой работе, а также местных органов управления, на территории которых они будут производиться.

Предлагаемая работа имеет целью лишь показать возможность использования нетрадиционных углеводородов, а не просто решение проблемы энергообеспечения Украины. Для такого решения нужна более широкая программа, которая учитывала бы необходимость более скромного использования газа, потребление которого в нашей стране является вдвое более высоким, чем в США и странах Европы, внедрение технологий по энергосбережению, разработка региональных программ энергообеспечения, использование возобновляемых источников энергии и многое другое. Частично такие рекомендации уже делались нами, и работа в таком плане продолжается (Соловьев, Кривуля, Самойлов, Фык, 2011; Самойлов, Соловьев, 2013 и др.), и речь может идти лишь об их внедрении.

Нужно подчеркнуть, что человечество в определенном отношении стоит на переломном этапе своего энергетического развития и обеспечения. Подобно тому, как в середине XX ст. оно подключилось к использованию природного газа, сейчас начинает осваивать новые его виды и типы, которые принято называть нетрадиционными. И прогнозные запасы которых намного превосходят имеющиеся нефть и газ. Как будет развиваться энергетическая отрасль в будущем – пока предсказывать трудно. Нашей стране нужно не просто ждать результатов каких-то поисков и решений или накладывать мораторий на какие-то исследования и работы, но и по возможности активно в них участвовать.



## ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Авдеева А. М., Зося А.Н. К вопросу о скоплениях (залежах) свободных углеводородных газов в угленосных отложениях Юго-Западного Донбасса. Тез. докл. к Международной научно-практической конференции «Регион – 2003: стратегия оптимального развития». – Х., 2003. – С. 202-203.

2. Академик о сланцевом газе для Украины. Интервью П. Гожики, академика, директора Института геологических наук НАН Украины корреспонденту «Бульвара Гордона».

3. Ананенков А.Г., Мастепанов А.М. Газовая промышленность России на рубеже XX и XXI веков: некоторые итоги и перспективы. – М. : ООО «Газойл пресс», 2010.

4. Бакалдина А.П. Роль метаморфизма углей в формировании их метаноносности. – В кн.: Природные газы Земли и их роль в формировании земной коры и месторождений полезных ископаемых. Материалы Второго Всесоюзн. совещ. – К. : Наук. думка, 1985. -С.122-128.

5. Богданов Ю.А., Черняков А.М. Вероятная причина газовых выбросов в шахтах Донбасса и возможные пути их изучения // Доп. НАН України. – 2009. – № 12. – С. 104-111.

6. Булат А.Ф., Звягильский Е.А., Лукинов В.В. и др. Углепородный массив Донбасса как гетерогенная среда. – К. : Наук. думка, 2008. – 411 с.

7. Бык С.Ш., Фомина В.И. Газовые гидраты // Успехи химии. – 1968. – Т. 37, № 6. – С. 1097-1135.

8. Валяев Б.М. Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений // Газовая промышленность. Спец.выпуск. – 676/2012.

9. Величко А. Газовые посланцы. Топливо будущего. – «2000» от 25.01.2013.

10. Высоцкий В.И. Перспективы освоения ресурсов сланцевого газа. Приложение к журналу «ТЭК. Стратегия развития». 2010, № 2.

11. Высоцкий В.И. Ресурсы сланцевого газа и прогноз их освоения // ИнфоТЭК. – 2011. – № 1.

12. Высоцкий И.В., Высоцкий В.И., Оленин В.Б. Нефтегазоносные бассейны зарубежных стран // 2-е изд., перер. и доп. – М. : Недра, 1990. – 405 с.

13. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины / А.В. Анциферов, А.А. Голубев, В.А. Канин, М.Г. Тиркель, Г.З. Задара, В.И. Узнюк, В.А. Анциферов, В.Г. Суярко. Т. I Геология и газоносность Юго-Западного и Южного Донбасса. – Донецк: Вебер, 2009. – 456 с. Т. II. Углеобразование и газовые месторождения Северо-Восточного Донбасса, окраин Большого Донбасса, Днепровско-Донецкой впадины и Львовско-Волынского бассейна. – Донецк: Вебер, 2010. – 477 с.

14. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части СССР / Под ред. А.И. Кравцова. – М. : Недра, 1979. – 627 с.

15. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Т.3. Генезис и закономерности распределения природных газов угольных бассейнов и месторождений СССР / Под. ред. А.И. Кравцова. – М. : Недра, 1980. – 218 с.

16. Газообильность каменноугольных шахт СССР. Эффективные способы искусственной дегазации угольных пластов на больших глубинах. – М. : Наука, 1987. – 199 с.

17. Газообильность каменноугольных шахт СССР. Газообильность каменноугольных шахт Северо-западной части Донецкого бассейна. – М. : Наука, 1989. – 223 с.

18. Гафаров Н.А., Глаголев А.И. Нетрадиционные газовые ресурсы Западной Европы: оценки потенциала и геологоразведка // Газовая промышленность. Спец. выпуск. – 676/2012.

19. Геллер Е., Мельникова С. Зона неопределенности // Приложение к журн. «ТЭК. Стратегия развития». – 2010. – № 2.

20. Геология и геохимия природных горючих газов. Справочник // Под ред. И.В. Высоцкого. – М. : Недра, 1990. – 315 с.

21. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Нефтегазоносность. – К., Наук. думка, 1989. – 201 с.

22. Геология и нефтегазоносность Украины: Учебное и справочное пособие / В.О. Соловьев, А.Н. Васильев и др. – Х. : Курсор, 2007. – 294 с.

23. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения юга европейской части СССР. – М. : Госгеолтехиздат, 1963. – 1210 с.

24. Гефер Г. Нефть и ее производные. – Спб. ; М. : Вольф, 1908 – 315 с.

25. Гинсбург Г.Д., Соловьев В.А. Субмаринные газовые гидраты. – Спб. : ВНИИОкеангеология, 1998. – 216 с.

26. Гнипп Л.В. Состав, распределение природных газов и их генезис на территории Северного Донбасса. – Природные газы Земли и их роль в формировании земной коры и месторождений полезных ископаемых. Материалы Второго Всесоюзн. совещ. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 113-122.

27. Гончар М. Гидроразрыв для власти // Зеркало недели. Украина. – 2012. -№ 17.

28. Горючие сланцы / перевод с англ. – Л. : Недра, 1980. – 260 .

29. Гудзь І. Сланцева революція: другого Чорнобиля не буде. – Слобідський край. – 2013. – С. 3.

30. Гурский Д.С., Михайлов В.А., Чепиль П.М. и др. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины. – Мін. ресурси України. – 2010. – С. 3-8.

31. Десяткин А.С., Стрельченко В.В. Оценка и прогноз основных геолого-промысловых характеристик

угольных пластов для добычи метана // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 18-21.

32. Дмитриевский А.Н. Проблемы освоения нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья // Приложение к журн. «ТЭК. Стратегия развития». – 2010. – № 2.

33. Дмитриевский А.Н., Высоцкий В.И. Сланцевый газ – новый вектор развития мирового рынка углеводородного сырья // Газовая промышленность. – 2010. – № 8.

34. Дядин Ю.А., Гуцин А.Л. Газовые гидраты // Соросовский образоват. журн. – 1998. – № 3. – С. 55-64.

35. Жикаляк М.В. Чи може бути в розрізу вугленосної товщі Донбасу гігантське газове родовище? // Мінер. ресурси України. – 2008. – № 4. – С. 16-18.

36. Забигайло В.Е., Широков А.З. Проблемы геологии газов угольных месторождений. – К. : Наук. думка, 1972. – 172 с.

37. Задара Г.З., Мурич А.Т. Распределение тяжелых углеводородов и редких газов в каменноугольных отложениях Среднего Донбасса. – Вопросы геологии, минералогии и геохимии угленосных отложений СССР. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского ун-та, 1975. – С. 116-126.

38. Золотых С.С., Карасевич М.М. Проблемы промышленной добычи метана в Кузнецком угольном бассейне. – М. : ИСПИН, 2002. – 570 с.

39. Инербаев Т.М. и др. Динамические, термодинамические и механические свойства газовых гидратов структуры I и II. – Российский хим. журн. – 2003. – Т. 48, № 3. – С. 19-27.

40. Истомина А.Н., Евдощук Н.И. Геодинамические условия формирования Днепровско-Донецкой впадины // Геофиз. журн. – 2002. – № 6, Т.24. – С.143-155.

41. Истомина А.Н. Геодинамика и промышленная нефтегазоносность тектогенных вторичных резервуаров в Днепровско-Донецкой впадине. – Матер. Второй Межд. конф. «Геодинамика нефтегазоносных бассейнов» (19-21 окт. 2004). – М., 2005. – С. 168-176.

42. Истомин В.А., Якушев В.С., Махонина Н.А., Квон В.Г., Чувилин В.М. Эффект самоконсервации газовых гидратов. –Газовая промышленность, спецвыпуск «Газовые гидраты», 2006. –С. 36-46.

43. Истомин В.А., Нестеров А.Н., Чувилин Е.М., Квон В.Г., Решетников А.М. Разложение гидратов различных газов при температурах ниже 273 К. –Газохимия, № 3 (2), сентябрь-октябрь 2008. –М. : «Метапроцесс». –С. 30-44.

44. Кейбал А.В., Васюков В.Н., Кейбал А.А. Особенности использования наклонно направленных скважин при добыче метана из угольных пластов. // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. –С. 30-35.

45. Коллет Т.С., Льюис Р., Такаши У. Растущий интерес к газовым гидратам. – Schlumberger, Нефтегазовое обозрение. – 2001. – Т. 6, № 2. – С. 38-54.

46. Колтун Ю.В. Генерація вуглеводнів у флішових відкладах внутрішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – № 3. – С. 148-153.

47. Кононов Н.И. и др. О перспективах нефтегазоносности каменноугольных отложений межнадвиговой зоны Донбасса // Труды Волгоградского научно-исследоват. ин-та нефтяной и газовой пром-сти. – 1969. – Вып. 14. – С. 178-180.

48. Коржубаев А., Хуршудов А. Эхо «сланцевой революции» // Нефть России. – 2010. – № 9.

49. Коржубаев А.Г., Филимонова И.В., Эдер Л.В. Сланцевый газ в системе газообеспечения: сырьевая база, условия освоения и прогноз добычи // Газовая промышленность. Спец. выпуск. – 676/2012.

50. Корреляция угленосных формаций Львовско-Вольнского и Люблинского бассейнов / Шульга В.Ф., Здановский А., Зайцева Л.Б. и др. –К., 2007. – 250 с.

51. Кошелец А.В. Предложения по государственному стимулированию добычи метана из угольных пластов в России на основе зарубежного опыта. // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. –С. 14-17.

52. Кравцов А.И. Геологические условия газоносности угольных, рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых. – М. : Недра, 1968. – 330 с.

53. Кривуля С.В., Фык М.И., Камалов Н.И. К вопросу изучения особенностей освоения нетрадиционных ресурсов газа в свете современных технологий // Питання розвитку газової промисловості. Зб. наукових праць. -Вип. XXXIX. -Х., 2011. -С. 235-243.

54. Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журн. Всес. хим. о-ва. – 1986. – Т.31, № 5. – С. 540-547.

55. Кузнецов Ф.А., Истомина В.А., Родионова Т.В. Газовые гидраты: исторический экскурс, современное состояние, перспективы исследований. –Российский хим. журн. – 2003. – Т. 48, № 3. – С. 5-18.

56. Кулік О. Нова газова революція: сланцевий газ // Нефть и газ. – 2010. – № 5. – С. 52-63.

57. Куприенко П.Я., Макаренко И.Б., Старостенко В.И. и др. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса // Геофиз. журн. – 2010. – Т. 32, № 6. – С.177-179.

58. Кэрролл Дж. Гидраты природного газа / Пер. с англ. – М. : «Технопресс», 2007. – 316 с.

59. Лепігов Г.Д., Орлів С.І., Гулій В.М. Гігантське газове родовище в Донбасі // Мінер. ресурси. – 2008. – № 3. – С. 32-33.

60. Лукин А.Е. Литогеодинамические факторы нефтегазоаккумуляции в авлакогенных бассейнах. – К. : Наук. думка, 1997. – 224 с.

61. Лукин А.Е. О происхождении нефти и газа (геосинергетическая концепция природных углеводородно-генерирующих систем) // Геол. журн. – 1999. – № 1. – С. 30-42.

62. Лукин А.Е. Феномен пограничных стратонов и его значение для решения ключевых проблем его теоретической и прикладной геологии // Геол. журнал. – 2003. – № 2. – С. 7-26.

63. Лукин А.Е. Девон Днепровско-Донецкой впадины (тектоно-седиментационные комплексы, формации, генетические типы отложений и литогеодинамика) // Геол. журн. – 2006. – № 2-3. – С. 26-47.

64. Лукин А.Е. О роли процессов газогидратообразования в формировании нефтегазоносных бассейнов // Геол. журн. – 2007. – № 2. – С. 7-29.

65. Лукин А.Е. Искусственные углеводородные месторождения и геологические предпосылки их создания в нефтегазоносных регионах Украины // Геол. журн. – 2010. – № 1. – С. 42-57.

66. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // Геол. журн. – 2010. – № 3. – С. 17-33.

67. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Вольно-Подолії и Северо-Западном Причерноморье // Геол. журн. – 2010. – № 4. – С. 7-24.

68. Лукин А.Е. Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена // Геол. журн. – 2011. – № 1. – С. 21-41.

69. Лукин А.Е. Природа сланцевого газа в контексте проблем нефтегазовой литологии // Геология и полез. ископаемые Мирового океана. – 2011, № 1. – С. 32-54.

70. Люгай Д.В., Якушев В.С., Перлова Е.В. Экспертная оценка ООО «Газпром ВНИИГАЗ» ресурсов нетрадиционных источников углеводородного сырья и перспектив их добычи. Доклад. II Международная научно-практическая конференция «Мировые ресурсы и запасы газа, и перспективы технологии их освоения» (WGRR-2010). Москва, 28.10.2010.

71. Маєвський Б., Євдошук М., Лозинський О. Нафтогазоносні провінції світу. – К. : Наук. думка, 2002. – 403 с.

72. Макогон Ю.Ф. Образование гидратов в газоносном пласте в условиях многолетней мерзлоты // Газовая промышленность. – 1965. – № 5. – С. 14-15.

73. Макогон Ю.Ф. Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы // Рос. хим. журн. – 2003. – Т. 48, № 3. – С. 70-79.

74. Макогон Ю. Ф. Газогідрати – додаткове джерело енергії України. Ч. I. Характеристика та глибини залягання газогідратних покладів // Нафтова і газова промисловість. – 2010. – № 3. – С. 48-51. Ч. II. Розвідка та розробка газогідратних покладів. – № 4. – С. 52-54.

75. Мастепанов А.М., Ковтун В.В. Метан угольных пластов в газовом балансе КНР: состояние и перспективы // Газовая промышленность. Спецвыпуск. – 672/2012.

76. Международный тектонический словарь: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Денниса, Г. Муравски, К. Вебера. – М. : Мир, 1991. – 190 с.

77. Менілітові сланці Карпат / Порфір'єв В.Б., Грінберг Й.В., Ладиженський М.Р. та ін. К. : Вид-во АН УРСР, 1963. – 265 с.

78. Миронов К.В. Разведка и геолого-промышленная оценка угольных месторождений. – М. : Недра, 1977. – 253 с.

79. Мурич А.Т. История геологического развития и перспективы нефтегазоносности северной зоны мелкой складчатости Донецкого бассейна // Геология нефти и газа. – 1973. – №3. – С. 34-40.

80. М'ясоєдова Ю.В. Можливості та обмеження при розробці родовищ сланцевого газу // Газ сланцевих товщ і щільних колекторів. – 2010. – № 3. – С. 131-133.

81. Нетрадиційний газ: як скористатися шансом? Дослідження, реалізоване аналітичним центром «Діксі Груп» за підтримки компанії «Шелл» в Україні. 2012. – 80 с.

82. Нефть, газ, модернизация общества / под общ. ред. Н.А. Добронравина, О.Л. Маргания. – СПб. : «Экономическая школа» ГУ-ВШЭ, 2010. – 522 с.



83. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М. : Недра, 1979. – 271 с.
84. Орлов О.О., Омельченко В.Г., Локтев А.В. Сланцевий і вугільний газ та інші джерела енергоносії в майбутньому. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2012. – 152 с.
85. Павлов С.Д. Пути освоения газов угольных месторождений. – Х. : Колорит, 2005. – 336 с.
86. Павлов С.Д. Шахтный метан: перспективы добычи и использования // Компрессорное и энергетическое машиностроение. 2011. – № 3 (25) – С. 7-9.
87. Перспективные нефтегазоносные провинции Соединенных Штатов Америки. – М. : Недра, 1974. – 627 с.
88. Попов В.С., Джамалова Х.Ф. и др. О перспективах промышленной газоносности Кальмиус-Торецкой и Бахмутской котловин. – Развитие газовой промышл. СССР. Сб. научн. тр. УкрНИИГаза. Выпуск V. – Х., 1970. – С. 26-36.
89. Проблемы геологии нефти и газа / В.О. Соловьев, И.В. Высочанский, С.В. Кривуля и др. – Х., 2010. – 124 с.
90. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. – М.: МГУ, 2002. – 383 с.
91. Пучков Л.А., Сластунов С.В. Освоение углегазовых месторождений // Газовая промышленность. – 2010, № 7. – С. 26-29.
92. Саркисян С.Г., Котольников Д.Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. – М. : Недра, 1981. – 183 с.
93. Сластунов С.В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений. – М. : МГГУ, 1996. – 441 с.
94. Словарь по геологии нефти и газа. – Л. : Недра, 1988. – 679 с.
95. Соловьев В.О. Основные закономерности развития земной коры : Учеб. пособие. – Х. : ХГУ, 1992. – 109 с.
96. Соловьев В.О. Хронология тектонических движений : Фазы, эпохи и циклы тектогенеза. – Х., 2011. – 112 с.

97. Соловьев В.О., Коваль А.Н. Угленакопление и формирование нефтегазоносных бассейнов // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2009. – № 864. – С. 85-88.

98. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Фык И.М. Материковые рифты и нефтегазоносность. – Х. : Курсор, 2011. – 44 с.

99. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Фык И.М. Материковый рифтогенез и нефтегазоносность // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2010. – № 924. – С. 78-83.

100. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Пивоваров А.В., Фык И.М. Геологическая природа дилатансогенных структур ДДВ // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2011. – № 986. – С. 72-76.

101. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Фык И.М. Сравнительно-геологический метод при изучении структур Украины и Средней Азии // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2011. – № 986. – С. 76-80.

102. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Самойлов А.Н., Фык И.М. Энергетические ресурсы Украины // Вісник МСУ, економічні науки. – 2011. – Т. XIV, № 1. – С. 163-175. № 2. – С. 82-111.

103. Соловьев В.О., Кривуля С.В., Самойлов А.Н., Фык И.М. Геология и нефтегазоносность Туркменистана. – Х. , 2012. – 135 с.

104. Соловьев В.О., Терещенко В.А., Фык И.М., Яковлев А.О. Геология нефти и газа : Учебное пособие. – Х., 2012. – 148 с.

105. Ставицький Е., Голуб П., Тхоровська Н. Щодо перспектив сланцевого газу в межах Східного нафтогазоносного регіону України // Геолог України. – 2010. – № 3. – С. 103-107.

106. Ставицький Е.А., Голуб П.С. Результати комплексних досліджень та обґрунтування перспективних зон і полігонів для пошуків сланцевого газу. // Мін. ресурси України. – 2011. – № 2. – С. 4-12.

107. Суярко В.Г., Фик М.І., Барановська Н.Ю. Геологічні особливості розробки сланцевого газу в умовах Доне-

цької складчастої споруди // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2012. – № 1033. – С. 54-58.

108. Формации горючих сланцев / Отв. ред. С.С. Бауков, В.А. Котлуков. –Таллин: Валгус, 1973. – 158 с.

109. Хайдина М.П. Современные проблемы добычи метана из угольных отложений // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 12-13.

110. Храпкин С.Г., Голубев А.А., Нашкерский Л.А. и др. Ресурсы углеводородных газов Донбасса и их промышленное освоение / Научно-технический журн. экологии и ресурсосбережения. – К. : Наук. думка, 1994. –С. 21-28.

111. Хрюкин В. Оценка перспектив разработки месторождений сланцевого газа на территории России // Приложение к журн. «ТЭК. Стратегия развития». – 2010. – № 2.

112. Хрюкин В.Т., Сторонский М.Н., Швачко Е.В. и др. Типизация метанугольных месторождений (на примере Кузбасса) с оценкой возможности применения различных технологий интенсификации газоотдачи угольных пластов // Наука и техника в газовой промышленности. – 2009. – № 3. – С. 22-30.

113. Черников А.Г. Состояние и возможности геофизики при решении задач количественной оценки параметров метаноносности угольных пластов // Газовая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 22-25.

114. Швачко Е.В., Хрюкин В.Т., Гребенкин В.М. и др. Газовая зональность и прогноз газоносности Талдинского метанугольного месторождения. –Матер. работы совещ. «Геологические и геодинамические аспекты повышения эффективности добычи шахтного и угольного метана» (20-22 сент. 2006 г.). – СПб. : ВНИМИ, 2007. – С. 121-136.

115. Шульга В.Ф., Лукин А.Е., Лелик Б.И. Ископаемые знаки выделения газа в угленосных отложениях Львовско-Волынского бассейна // Геол. журн. – 2000. – № 4. – С. 7-14.

116. Эдер Л.В. Нефтегазовый комплекс Туркменистана // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – № 2.

117. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия черных сланцев. – Л. : Наука, 1988. – 272 с.

118. Юзовский проект: разведка и добыча природного газа уплотненных песчаников. Ответы на ваши вопросы, март 2013. – К. : «Шелл» в Украине. -27 с.

119. Язев В. Сланцевый газ. Легенда требует изучения // Приложение к журн. «ТЭК. Стратегия развития». – 2010. – № 2.

120. Яйло В.В., Бондаренко А.Д., Васильченко В.Н., Рубинский А.А. О возможности использования динамики концентрации газа для прогноза газодинамических явлений // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сб. научн. трудов МакНИИ. 1999. – С. 62-74.

121. Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Нетрадиционные ресурсы углеводородов – резерв для восполнения базы нефти и газа России. –Нефтегазовая геология. Теория и практика: электр. научн. журн. – 2009. – Т. 4, № 1.

122. Якушев В.С. О конкурентноспособности нетрадиционных источников углеводородов на региональных рынках // Газовая промышленность. Спец. выпуск. – 676/2012.

123. Якушев В.С., Перлова Е.В., Истомина В.А. и др. Ресурсы и перспективы освоения нетрадиционных источников газа в России. – М. : ИРЦ Газпром, 2007.

**ПРИЛОЖЕНИЯ:**  
**Хронология основных событий, знаменующих  
изучение и освоение нетрадиционных  
источников УВ**

**1694 год.** Правительством Англии был выдан первый патент на получение из черных (горючих) сланцев путем сухой перегонки масла, смолы и дегтя.

**1778 год.** Джон Пристли впервые получил гидрат газа в процессе барбокаротажа  $\text{SO}_2$  через воду при атмосферном давлении и температуре, близкой к  $0^\circ\text{C}$ . Через 33 года аналогичным образом гидрат хлора получил Гемфри Деви, первым назвав эти кристаллы гидратом.

**1821 год.** В сланцевых отложениях были выявлены пористые породы с большим содержанием органики, необходимой для образования нефти и газа. Первая коммерческая газовая скважина в сланцевых породах была пробурена тогда в США Вильямом Хартом, которого в той стране считают «отцом природного газа». С началом активного промышленного освоения нефти, а затем и газа из обычных нефтегазовых месторождений, интерес к сланцевому газу был практически потерян. О нем вспомнили лишь в 1980-е гг.

**1866 год.** Французским химиком М. Бертло были высказаны взгляды, что углеводороды образовались в глубоких недрах Земли из минеральных веществ, послужившие позднее развитию представлений о неорганическом их происхождении.

**1877 год.** Д.И. Менделеевым была сформулирована первая научная гипотеза происхождения нефти и газа; она получила название карбидной, так как предполагала образование углеводородов за счет реакции подземных вод с углеродом, имеющимся в карбидах металлов.

**1887 год.** Д.И. Менделеев, изучая технологию добычи угля и данные о пожарах в шахтах Донбасса и Урала, пришел к выводу о возможности газификации угля на месте его залегания путем сжигания угля под землей

и выведения посредством скважин продуктов сжигания на поверхность в виде газов для дальнейшего использования.

**1934 год.** Е. Гаммершмидт опубликовал результаты обследования газопроводов США, работа которых усложнялась формированием пробок в зимнее время. Базируясь на лабораторных исследованиях, он показал, что твердые пробки состоят не из льда, а из гидрата транспортируемого газа. Это содействовало резкому росту интереса к газогидратам. В.И. Вернадский (1934) впервые в мировой науке разработал основы биогеохимии нефти. Он показал, что соединения углерода, принимающие участие в строении каустобиолитов и в том числе нефти, представляют собой неразрывную часть геохимической системы круговорота углерода в земной коре, в которой живому веществу биосферы принадлежит основная роль.

**1943 год.** Первое допущение о существовании газогидратных скоплений в районах вечной мерзлоты Канады сделал проф. Мичиганского университета Д. Катц. В 1946 г. аналогичное допущение высказал проф. И.Н. Стрижов. Через 17 лет Ю.Ф. Макогон после визита в Якутию, где в 1963 г. была пробурена Мархинская скважина, раскрывшая разрез пород с температурой 0°C на глубине 1450 м, также высказал гипотезу о существовании газогидратных скоплений в охлажденных пластах.

**1947 год.** В США был произведен первый гидроразрыв. В СССР гидроразрывы пластов стали использоваться с 1952 на месторождениях Волго-Уральского региона, Северного Кавказа, Азербайджана и Туркменистана. В Украине для добычи полезных ископаемых начал применяться гидроразрыв в 1957.

**1948 год.** По первому газопроводу Кохтла-Ярве (Эстония) – Ленинград начал поступать сланцевый газ, извлекаемый из кукерситов.

**1953 год.** Академиком С.А. Христиановичем совместно с Ю.П. Желтовым в Институте нефти АН СССР

была разработана теоретическая база технологии гидро-разрыва.

**1965-1966 годы.** Ю.Ф. Макогон, проведя первые экспериментальные изучения условий образования гидратов природного газа в пористой среде в МИНХиГП им. И.М. Губкина, опубликовал эти материалы. Полученные результаты показали возможность образования гидратов в пористой среде земных недр, что было признано открытием.

**1968-83 годы.** Буровым судном «Гломар Челленджер» проводилось исследование дна Мирового океана, которое имело особое значение для нефтяного геологического изучения его дна. За это время было пробурено 514 глубоководных скважин; с 1974 г. в таких исследованиях принимали участие ученые СССР.

**1969 год.** Выявленное первое газогидратное месторождение Мессояха в Заполярье (Западная Сибирь) введено в промышленную разработку; первая перспективная добыча здесь начата в 1964 г.

**1970 год.** В Государственный реестр открытий СССР было внесено открытие «Свойство природных газов находиться в твердом состоянии в земной коре» под № 75 с приоритетом от 1961 г., сделанное советскими учеными В.Г. Васильевым, Ю.Ф. Макогоном, Ф.Г. Требиным, Н.В. Черским, А.А. Трофимуком; это стало толчком для геологических исследований.

**1970-е годы.** В СССР начато активное изучение газов угольных месторождений; появился ряд крупных сводок по этой проблеме.

**1972 год.** Сотрудниками ВНИИГАЗа А.Г. Ефремовой и Б.П. Жижченко при донном пробоотборе в глубоководной части Черного моря визуально наблюдались в кавернах извлеченного со дна грунта вкрапленники гидратов, похожие на иней. В 1980 г. А.Г. Ефремова, работая в экспедиции по донному пробоотбору в Каспийском море, также впервые в мире установила гидратоносность южной части этой акватории.

**1975 год.** Глубоким бурением, проведенным судном «Гломар Челленджер», установлена высокая перспективность акватории Черного моря для поисков газогидратов.

**1981 год.** В пределах ареала развития газоносности черных сланцев в Пермской впадине США была пробурена скважина глубиной до 750 м, которая знаменовала начало принципиально нового этапа работ по освоению ресурсов сланцевого газа.

**1984 год.** Е.В. Захаровым и С.Г. Юдиным была проведена важная работа по перспективам поиска гидратосодержащих отложений в Охотском море; после этого появилась серия работ об обнаружении в данной акватории гидратосодержащих отложений при сейсмопрофилеировании, донном пробоотборе и даже визуальном наблюдении.

**1992 год.** С этого времени начала использоваться технология сочетания вертикального и горизонтального бурения, применяемая при разработке сланцевого газа.

**1993 год.** Кабинет Министров Украины принял постановление о поисках газогидратов в Черном море и «создании эффективной технологии их добычи и переработки».

**2001 год.** В России начато проведение работ по широкомасштабной добыче метана из угольных пластов Кузнецкого бассейна в Кемеровской области; в 2009 г. на Талдинском месторождении, которое официально осваивается как метанугольное, начата опытная эксплуатация семи разведочных скважин.

**2008 год.** Произошел технологический прыжок – добыча газа из сланцев вышла на промышленный уровень, а США заняли первое место в мире по добыче газа, перегнав Россию. В 2009 г. сланцевый газ составил в США 14%, а газ угольных месторождений 26% от общего объема газовой добычи. Это позволило говорить о своеобразной «сланцевой революции».

**2010 год.** 31 марта в Российском государственном университете им. И.М. Губкина прошел однодневный ме-



ждународный семинар «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы».

Комитет Госдумы РФ по энергетике 25.03.2010 провел круглый стол на тему «Перспективы освоения ресурсов сланцевого газа»; участники этого совещания рекомендовали правительству провести оценку газсланцевого потенциала России, изучить передовые технологии его добычи и оценить возможность и перспективы освоения его в стране.

В августе 2010 в Киевском институте проблем управления имени Горшенина состоялся круглый стол «Перспективы добычи сланцевого газа в Украине».

В конце октября 2010 подписан Меморандум между правительством Украины, НАК «Нафтогаз Украины» и Министерством энергетики РФ, группой компаний «ТНК-ВР» по разведке и добыче сланцевого газа в Донецком регионе. Проект рассчитан на 25 лет; через пять-семь лет «ТНК-ВР» планировал выйти на объем добычи в 5 млрд. кубометров газа.

2 декабря в рамках Форума «Нефтегазовый диалог» ИМЭМО РАН проведен семинар «Революция сланцевого газа: риски и возможности для России».

**2011 год.** В марте проведены официальные переговоры Украины и США о начале совместной разработки сланцевых газов и метановых газов угольных месторождений.

**2012 год.** Польский институт международных дел обнаружил доклад «Перспективы добычи и эксплуатации сланцевого газа в Украине», в котором говорится о необходимости усиления взаимодействия между Польшей и Украиной в разведке и разработке мощного месторождения сланцевого газа в их пограничном районе.

В 2012 г. исследовательское судно Chikyu («Земля»), принадлежащее японскому агентству морских геологических наук и технологий, приступило к бурению глубоководных скважин в Тихом океане в 70-80 км южнее п-ова Ацуми. В январе 2013 ученым удалось достать первый метан с километровой океанской глубины.

Украина в этом году провела три конкурса на заключение СРП: по Юзовскому (Донецкая и Харьковская области), Олесскому (Львовская и Ивано-Франковская области) и Скифскому участку на Черном море.

**2013 год.** В Давосе 24 января при участии В.А. Януковича компания Шелл (Shell) подписала с Правительством Украины соглашение на разведку, разработку и добычу углеводородов на Юзовском участке, расположенном на территории Донецкой и Харьковской областей, сроком на 50 лет. США и Британия 25.03.2013 подписали 20-летнее соглашение по импорту сжиженного сланцевого газа; первый американский газ должен поступить в Соединенное королевство в 2018.

### **Краткий словарь основных терминов**

**Аргиллит** (от греч. глина) – сцементированная осадочная горная порода глинистого состава. От глин А. отличается большей твердостью и неспособностью размокать в воде. А. часто или всегда являются покрышками нефтегазовых залежей. Образуется за счет уплотнения, обезвоживания и цементации глин под давлением и в условиях повышения температур. Обычно такие условия для перерождения (диагенеза) существуют в зонах глубокозалегающих горизонтов платформенного чехла или в складчатых сооружениях.

Аспидные сланцы – умеренно метаморфизованные глинистые породы, легко распадающиеся на твердые тонкие плитки и содержащие значительное количество углистого вещества. Используются для изготовления черепиц и грифельных досок. В Центральной зоне Большого Кавказа и на его склонах выделяется свита А.с. раннеюрского возраста.

**Асфальтены** – высокомолекулярные соединения, входящие в состав нефти (нередко до 4-5%) с молекулярной массой до 2000-3000. Существенно увеличивают вязкость нефти и фильтрационные ее свойства.

**Битуминозные сланцы** – глинистые или мергелистые разновидности битуминозных пород с листоватой структурой. Понятие это обычно противопоставляется понятию «углистые сланцы», что по существу равноценно противопоставлению сапропелитовых и гумусовых разновидностей органического вещества соответствующих пород.

**Битумы** – твердые или жидкие смеси углеводородов и их производных. Это обобщенное название бескислородных углеводородов. Различают Б. природные (например, вязкие, подвергшиеся выветриванию нефти) и искусственные, получаемые из остатков от перегонки нефти, крекинга и очистки масел (т.н. нефтяные битумы, представленные нефтью, озокеритом, асфальтом). Могут играть большую роль как резерв в получении нефтепродуктов, асфальта и др.

**Газогидраты** (газовые гидраты) – белое кристаллическое вещество, похожее на лед или рыхлый снег, состоящее из молекул углеводородного газа и нескольких молекул воды. Представляют собой твердый раствор, в котором растворитель – кристаллическая решетка, построенная из молекул воды, а растворенное вещество – молекулы газа, поглощенные внутренними полостями этой решетки. Образуется из молекул газа и воды в определенных термодинамических условиях. В технологических процессах добычи и транспортировки газа образование Г. приводит к негативным последствиям. В природных условиях, например в придонных осадках морей и океанов, Г. могут образовывать значительные по объемам залежи. Впервые такое вещество было получено в 1778; в 1934 Г. были выявлены при обследовании газопроводов США. В 1940-е существование Г. начало предполагаться в районах вечной (многолетней) мерзлоты, а в 1969 было введено в промышленную эксплуатацию месторождение Мессояха в Заполярье. В настоящее время выявлено около 230 газогидратных залежей. Около 9-12% поверхности дна Мирового океана считаются перспективными для выявления и освоения коммерчески эффективных залежей Г. Они из-

вестны и в акватории Черного моря в пределах территориальных вод Украины (в 20 км к югу от Ялты). Естественно, что пока не разработанная технология их добычи и экологические факторы не позволяют форсировать использование этого энергетического сырья. Но промышленное их изучение должно производиться, что уже делает Япония.

**Газоконденсаты** – природная система взаиморастворенных газообразных и легкокипящих жидких нефтяных углеводородов, которые находятся в термодинамических условиях земных недр в газообразном или парообразном фазовом состоянии. Охлаждение и снижение давления до атмосферного приводит к выпадению из этой системы жидкой фазы – конденсата.

**Газы природные**, или естественные – газы, которые в свободном и растворенном или сорбированном виде содержатся в горных породах и водах. Эти газы отличаются от промышленных, получаемых на различных нефтеперерабатывающих и химических заводах. Г.п. содержатся в нефтяных и газовых залежах и месторождениях; выделяются также из болот, почв, вулканов. Горючие Г.п., состоящие главным образом из углеводородов метанового ряда, встречаются в виде больших скоплений (обычно вместе с нефтью), находятся в форме отдельных залежей и присутствуют в нефти в растворенном состоянии. В Г.п. помимо углеводородов, углекислоты и азота, встречаются сероводород, редкие и благородные газы и некоторые другие примеси. В составе горючих газов обычно преобладает метан, но имеются также этан, пропан, бутан, а также пары легких жидких углеводородов. В некоторых случаях нефтяные газы содержат много азота (до 30-40%). Газы угольных месторождений состоят преимущественно из метана с небольшой примесью азота и углекислого газа. Газы, выделяющиеся из минеральных вод, болотные, почвенные, вулканические и другие имеют свои особенности.

**Газы угольных месторождений** – широко распространенные и хорошо известные природные скопления.

Свою известность они приобрели в связи с частыми взрывами в пределах работающих шахт. Они состоят преимущественно из метана с небольшой примесью азота и углекислого газа. В последнее время интерес к таким газам проявлен в связи с возможностью промышленного их получения; в США в 2009 они составили четверть государственной добычи. Интерес к ним существует также в России и Украине, которая планирует начать их масштабное освоение. Кроме задач энергетического обеспечения, извлечение Г.у.м. позволит снизить риски взрыва шахтного газа на работающих предприятиях. Синонимом Г.у.м. могут считаться термины шахтный газ, угольные газы.

**Гидроразрыв**, гидравлический разрыв пласта (ГРП) – метод воздействия на пласт, заключающийся в создании на забое скважины высоких, сопоставимых с геостатическими, давлений. Он приводит к нарушению скелета породы, образованию трещин и увеличению порового объема пласта, что повышает производительность скважин. Обычно сопровождается внедрением в пласт химических реагентов (например, ПАВ), способствующих сохранению фильтрационно-емкостных свойств пород. ГРП может использоваться для повышения отдачи УВ из скважины, или быть обязательным процессом при разработке сланцевого газа. У некоторых специалистов и очень большого числа защитников природы он вызывает серьезные экологические опасения.

**Глинистые сланцы** – сланцеватые метаморфизованные породы глинистого состава, не размокающие в воде. Являются породой, переходной от осадочной к метаморфической. Легко расщепляются на пластинки. Глинистые минералы в них под воздействием метаморфизма частично перешли в серицит, биотит и др. слюды, в хлорит. В зависимости от примесей выделяют углистые, горючие и др. Г.с.

**Глины** – распространенная группа рыхлых осадочных пород, сложенных преимущественно глинистыми минералами (размер частиц менее 0,001 мм). Характеризуются особыми свойствами: легко размокают, в

увлажненном состоянии они пластичны, при высыхании затвердевают, а при обжиге твердеют и теряют способность размокать. Образуются на суше и в водоемах; имеют континентальное (каолины) и морское происхождение. Учитывая происхождение и особые свойства глинистых пород, их принято отделять от обломочных (терригенных). Среди главнейших глинистых минералов различают группы каолинита, гидрослюд, монтмориллонита, палыгорскита, сапонита. Имеют высокие сорбционные способности. Все это определяет широкое использование Г. – для приготовления кирпича и фаянса, очистки различных продуктов (нефти, масел, вод), обезжиривания тканей, в металлургии, медицине, при изготовлении мыла, бумаг. Ископаемые глины используются для приготовления буровых растворов. Глинистые породы составляют, по разным данным, от 60 до 80% общей массы осадочных пород. Г. обычно являются идеальным водоупором, разделяющим также скопления углеводородов.

**Горючие сланцы** – осадочная порода, глинистая, известковистая, кремнистая, тонкослоистая; при выветривании листоватая или массивная. Содержит органическое вещество (кероген) в количестве от 10-15 до 60-80%. Обладают способностью в тонкой пластинке или куске загораться от спички, издавая специфический запах горячей резины. Горючая часть сланцев сапропелевая или гумусово-сапропелевая. При нагревании Г.с. без доступа воздуха до 500<sup>0</sup>С или с доступом воздуха до 1000<sup>0</sup>С их органическое вещество разлагается с выделением нефтеподобной смолы (сланцевого масла), сухих горючих газов и воды. По добыче и переработке Г.с. СССР занимал первое место в мире; их скопления известны в Прибалтике, Украине, Белоруссии, Поволжье, Узбекистане и Якутии. Существовало более 20 крупных проектов разработки Г.с. с целью получения из них синтетического жидкого топлива.

**Диагенез** – преобразование осадка в осадочную горную породу в процессе уплотнения и физико-химического уравнивания среды. Обычно выделяют ранний Д.,

когда главными являются окислительно-восстановительные процессы, и поздний Д., когда решающую роль играет выравнивание концентрации ионов в поровых водах, приводящее к образованию конкреций.

**Кероген** – в первоначальном значении понималось как органическое вещество горючих сланцев, генерирующее при сухой перегонке деготь. Позднее термин распространился на органическое вещество горючих (сапропелевых) сланцев; керогеновые сланцы противопоставлялись углестым (гумусовым) сланцам. В настоящее время термин используется для обозначения органического вещества горючих сланцев, а также сингенетичного породе рассеянного органического вещества любого генетического типа.

**Кливаж** – способность пород раскалываться на пластинки и призмы по густо развитой системе параллельных поверхностей, секущих слоистость или согласных с ней. Некоторые исследователи рассматривают К. как разновидность сланцеватости. Существует большое количество типов и форм проявления К.

**Кукерсит** – горючий сланец раннесилурийского возраста, образующий залежи в Эстонии и примыкающей части России. Материнским веществом его керогена послужил сапропелитовый материал с преобладанием синезеленых водорослей. Кероген их имеет состав: 72-76% углерода и 8,5-9% водорода; при перегонке дает большое количество дегтя. Активно разрабатывался в СССР как высококачественный горючий сланец и применялся в качестве сырья для получения жидкого и газообразного топлива.

**Менилитовые сланцы** – осадочная порода, слоистая, сланцеватая, темно-коричневая, почти черная; слагает большую часть разреза менилитовых свит Карпат. Названы они по породообразующему минералу – менилиту из группы полуопалов. Содержат органическое вещество (кероген) в количестве 20-30%. Разности, наиболее богатые керогеном, являются низкокачественными горючими сланцами и могут представлять некоторый промышленный интерес при комплексном использовании органиче-

ской части (твердое топливо, газ, смолы, аммиак, фенолы и др.) и минерального вещества – цемент и др.

**Озокерит** (горный воск) – минерал нефтяного происхождения, представляющий собой природную смесь твердых углеводородов парафинового ряда с большим или меньшим количеством жидких нефтяных масел и смолистых веществ. Цвет его от светло-желтого до почти черного. Известно большое количество местных названий О. и его разновидностей.

**Парафин** – смесь предельных углеводородов состава  $C_{19}H_{40}$  –  $C_{35}H_{72}$ , с температурой плавления 50-70°C. Входит в состав нефти. Высокое содержание П. приводит к технологическим осложнениям при добыче и транспортировке нефти из-за его отложений на стенках труб.

**Песчаные породы** – осадочные обломочные горные породы. Они бывают рыхлыми (пески) и сцементированными – песчаники. Последние скреплены цементом, чаще глинистым или карбонатным. По размерам зерен различают крупнозернистые П.п. (1-0,5 мм), среднезернистые (0,5-0,25 мм) и мелкозернистые (0,25-0,1 мм). По минеральному составу П.п. разделяются на мономинеральные (один компонент составляет более 95%), олигомиктовые и полимиктовые, или многоминеральные. Породы эти достигают наибольшей пористости (до 40-50%, обычно 10-25%), что позволяет считать их наилучшими коллекторами. П.п. занимают промежуточное положение среди обломочных горных пород между валунно-галечными и алевритовыми.

**Сапропель** – озерный ил, органо-минеральные осадки озерных водоемов. Образуется в результате разложения низших водных организмов (растительных и животных) преимущественно в анаэробных условиях; эти отложения получили название сапропелитов. Представляет собой торфяную стадию каустобиолитов сапропелитового ряда. В органической теории происхождения нефти признается исходным материалом для ее образования.

**Сланцеватость** – расслаивание или листоватость, проявляемая в метаморфических или метаморфизованных по-



родах, которая обусловлена формированием таблитчатых, чешуйчатых или вытянутых минералов. С. иногда рассматривают как одну из разновидностей кливажа; это явление сопровождается образованием сланцев и складчатости.

**Сланцевый газ** – метан, содержащийся в плотных породах преимущественно глинистого состава (алевролиты, аргиллиты, сланцы). Его основным источником являются не горючие сланцы и сапропелиты, а черные сланцы зоны мезокатагенеза, характеризующиеся слабой проницаемостью (обычно не более 6%). Первая попытка начать их освоение была предпринята в США (1821). После начала освоения обычного природного газа о С.г. забыли, и начали проявлять к нему интерес лишь с 1970-х. В 2009 добыча газа из таких пород в США составила 14%. Пока технология добычи С.г. разработана лишь в этой стране; она сложна и сводится к бурению системы скважин вертикального и горизонтального направления с последующим гидроразрывом пласта. Но интерес к получению такого нетрадиционного сырья проявляют многие страны, в том числе Украина, где газоносные сланцевые породы развиты широко. Имеющиеся результаты и развиваемые на этой основе представления позволяют некоторым специалистам говорить о «сланцевой революции».

**Сланцы** – общее название метаморфических пород слабых и средних степеней метаморфизма. При ударе раскалываются на тонкие плитки по плоскости сланцеватости. Образуются из преимущественно глинистых пород. По составу и структуре различают глинистые, аспидные, горючие, кремнистые, медистые, углистые, менилитовые, кристаллические (средняя и частично сильная степень метаморфизма), слюдистые, хлоритовые сланцы. Особый интерес к их изучению в последнее время обусловлен возможностью получения сланцевого газа.

**Углеводороды** (УВ) – органические соединения, твердые, жидкие и газообразные, состоящие из углерода (С) и водорода (Н) и не содержащие в значительных коли-

чествах других элементов. Имеют сложную схему деления (ароматические, метановые, нафтеновые и др.); обособляют также УВ ациклические и изоциклические (циклические). УВ – основной компонент большинства нефтей и горючих газов. Часто термин используется как обобщенный синоним нефтегазовых соединений.

**Углистые сланцы** – уплотненные сланцеватые углистые породы, содержащие значительное количество органического вещества гумусового или гумусово-сапропелевого характера, которые встречаются среди сильно метаморфизованных угленосных толщ. Содержание органического вещества составляет в них от 20 до 50%.

**Черные сланцы** определяются Я.Э. Юдовичем (1988) как водноосадочные горные породы, обычно темные, пелитоморфные и сланцеватые, обогащенные сингенетичным органическим веществом преимущественно аквагенного и отчасти терригенного типа. В Украине Ч.с. характерны для Северо-Восточного нефтегазодобывающего региона (Донбасс, Вольно-Подолье и Львовско-Волынский угольный бассейн, Западное Причерноморье); их отличают от горючих сланцев Карпатского региона. Ч.с. образуют иногда своеобразные черносланцевые комплексы. Термин этот, широко распространенный в англоязычной геологической литературе, считают недостаточно определенным.

**Эпигенез** – вторичные процессы, приводящие к изменению пород после их образования (например, уплотнение, перекристаллизация). Обычно его понимают как поздний диагенез, более высокая степень диагенетических изменений. Но ряд специалистов предлагает считать его термином свободного пользования, не связанного со стадией литогенеза. Различают Э. глубинный, гипергенный и гипогенный, прогрессивный и регрессивный.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| Нетрадиционные источники углеводородов .....   | 5  |
| История изучения .....   | 12 |
| Сланцевый газ .....  | 19 |
| Газы угольных месторождений .....  | 28 |
| Газогидраты .....  | 35 |
| Особенности размещения, преимущества<br>и сложности добычи нетрадиционных<br>источников УВ ..... | 41 |
| Экологические проблемы освоения .....  | 54 |
| Заключение .....   | 61 |
| Литература .....   | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ:  |    |
| Хронология событий, знаменующих изучение<br>и освоение нетрадиционных источников УВ .....        | 77 |
| Краткий словарь основных терминов .....  | 82 |

Навчальне видання

**СОЛОВЬОВ Володимир Остапович**  
**ФІК Ілля Михайлович**  
**ВАРАВІНА Олена Павлівна**

**НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА  
ВУГЛЕВОДОРОДІВ:  
ПРОБЛЕМИ ЇХ ОСВОЄННЯ**

*Навчальний посібник*

(російською мовою)

Відповідальний за випуск *Д.Ф. Донський*

Авторська редакція

Комп'ютерна верстка *Н.В. Журавльова*