

## МОБИЛЬНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКОВ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЛАНЦЕВ В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ

С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, Н.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, И.Н. Корчагин<sup>3</sup>, Д.Н. Божежа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

<sup>2</sup>Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

<sup>3</sup>Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: korchagin@karbon.com.ua

Анализируются результаты экспериментального применения технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для обнаружения и картирования в зонах распространения сланцевых пород локальных участков скопления повышенных концентраций углеводородов (нефти, газа, газоконденсата). С использованием этой мобильной и оперативной технологии обработаны спутниковые снимки крупных поисковых участков и блоков на территориях распространения сланцевых комплексов в Украине, Польше, Румынии, Литве и Англии. В пределах обследованных участков обнаружены и закартированы аномальные зоны типа “залежь газа” (“залежь газа, нефти”). По параметрам (площади и максимальным значениям оценок пластового давления флюидов в коллекторах) многие аномальные зоны можно считать локальными участками для первоочередного детального изучения геофизическими методами и разбуривания. По сути это зоны “Sweet spots”. Начало освоения углеводородного потенциала на обследованных площадях с обнаруженных аномальных зон позволит существенно уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду. Установлено, что прогнозируемые продуктивные горизонты могут располагаться как выше, так и ниже сланцевых комплексов, поэтому при поисках скоплений углеводородов в районах распространения сланцевых пород целесообразно изучать практически весь (доступный для разбуривания) интервал разреза. Согласно результатам экспериментов, апробированная мобильная технология частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ дает возможность оперативно обнаруживать и картировать зоны “Sweet spots” в пределах распространения сланцевых пород.

**Ключевые слова:** мобильная технология, аномалия типа “залежь”, нефть, газ, газоконденсат, сланцы, угленосные породы, разломная зона, спутниковые данные, прямые поиски, обработка данных ДЗЗ, интерпретация.

**Введение.** Проблема поисков, разведки и добычи нефти и газа из нетрадиционных коллекторов (пород угленосных формаций, сланцев, плотных песчаников, кристаллических комплексов и массивов) в настоящее время исключительно актуальна, обсуждается в академической научной среде и специалистами нефтегазового сектора мировой экономики. Однако если на Северо-Американском континенте уже идет активная и полномасштабная добыча нефти и газа из такого типа коллекторов, то в других регионах мира (в том числе в Европе) процесс освоения данного типа нетрадиционных ресурсов находится на начальной стадии.

Проводя на протяжении более чем 10 лет активную и целенаправленную апробацию мобильных и оперативных методов “прямых” поисков скоплений нефти и газа в различных регионах мира, авторы неоднократно их использовали для поисков скоплений углеводородов (УВ) в коллек-

торах нетрадиционного типа. Некоторые результаты масштабных экспериментов, выполненных уже в текущем году проанализированы в предлагаемой статье. Акцент при этом сделан на поиски нефти и газа в различных регионах распространения сланцевых комплексов Центральной и Восточной Европы (рис. 1) [28]. Проведенные работы можно классифицировать как мелкомасштабные исследования рекогносцировочного характера. Подобного рода экспериментальные исследования с применением частотно-резонансной технологии обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) осуществлены в районах распространения сланцев следующих регионов:

- а) Западная Украина – Олесская лицензионная площадь;
- б) Польша (балтийское побережье) – лицензионные участки 27 (Darnica), 28 (Lebork), Karwia и 29 (частично);

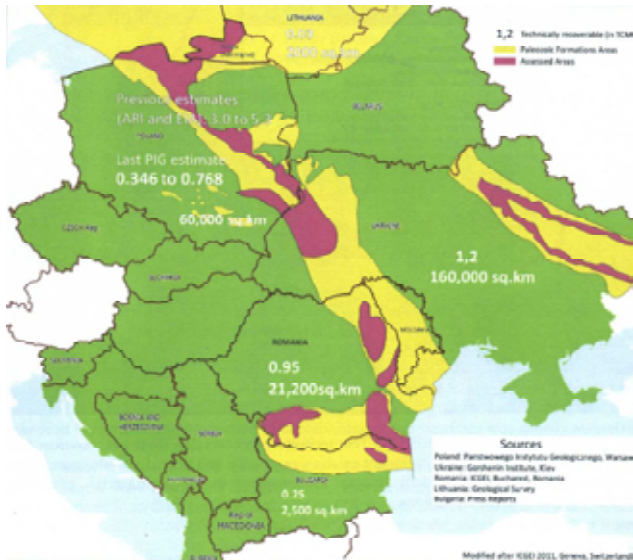


Рис. 1. Карта-схема оценки ресурсов газа в сланцевых породах (коллекторах) Центральной и Восточной Европы [28]

- в) юго-восточная часть Польши — лицензионные участки 337–339 и 359;
- г) восточная часть Румынии — лицензионный блок Барлад.

В статье для сопоставления приведены результаты применения этой же мобильной технологии на других поисковых площадях, а также на известных месторождениях нефти и газа в пределах Волыно-Подольской плиты и Карпатского региона.

**Основная цель выполненных экспериментальных исследований** — изучение возможности применения мобильного метода частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ для обнаружения и картирования в зонах распространения сланцевых пород локальных участков скопления повышенных концентраций нефти, газа, газоконденсата, в пределах которых из пробуренных скважин могут быть получены промышленные (коммерческие) притоки УВ. Другими словами, цель работ — исследование возможности оперативного обнаружения и картирования так называемых зон “Sweet spots” [2, 25].

**О целесообразности проведения исследований.**

Необходимость проведения исследований по указанной проблеме обусловлена следующими принципиальными позициями.

1. Успехи США в сфере поисков, разведки и добычи нефти и газа из нетрадиционных коллекторов — сланцев, плотных песчаников, пород в угленосных бассейнах.
2. Активное и целенаправленное изучение районов распространения сланцев в Европе и других регионах мира.
3. Проведение поисковых работ и бурение скважин с целью обнаружения залежей газа в нетрадиционных коллекторах в Украине (Юзовская и Олесская поисковые площади).

4. Не вполне удачные результаты работ по поискам и добыче газа из сланцев в Польше, которую можно считать лидером в этом направлении в Европе. Целесообразно обратить внимание на такое информационное сообщение [35]: “Польша ведет масштабные исследовательские работы по поискам сланцевого газа. Katarzyna Pliszcz, польский правительственный чиновник, заявила в декабре 2013 г., что пробурена уже 51 скважина, в 24 из них проведены работы по ГРП (гидроразрыв пласта). Но ни одна из них (пробуренных скважин) пока не находится в промышленной эксплуатации...”.
5. Активное противодействие планируемым работам по поискам и добыче сланцевого газа в европейских странах экологических структур и организаций, а также территориальных громад.
6. Значительный опыт авторов статьи в области применения мобильных геофизических методов для поисков и разведки скоплений УВ в различных нефтегазоносных регионах, в том числе в коллекторах нетрадиционного типа [10, 15, 18–23].

**О мобильных методах и технологиях.** Возможности и отличительные особенности используемых мобильных методов охарактеризованы во многих публикациях [9–24, 33]. Отметим, что используемые авторами мобильные методы по сути являются “прямыми методами” поисков нефти и газа. Более того, в последних публикациях акцентируется также внимание на том, что эти методы работают в рамках новой парадигмы геофизических исследований — “вещественной” [17]. Разработанные в ее рамках технологии и методы (в том числе другими коллективами [5, 29]) направлены на поиск конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества — нефти, газа, газоконденсата, золота, цинка, урана и т. д.

По материалам традиционных геофизических исследований строятся физические модели изучаемых участков: скоростная, плотностная, магнитная, температурная и др. В дальнейшем, в результате геологической интерпретации физических моделей среды в разрезе выделяются тектонические элементы, структуры, объекты, с которыми могут быть связаны (или не связаны) определенные виды полезных ископаемых.

Отмеченные особенности традиционных и “прямых” методов дают основание утверждать, что прямое (прямолинейное) сопоставление результатов, полученных традиционными методами, с материалами “прямых” методов в принципе некорректно. Во многих случаях такие материалы не будут соответствовать друг другу, и их следует рассматривать только как дополняющие!

Представленные ниже результаты получены с использованием мобильной технологии частотно-

резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ [13,14, 17].

**Олесская поисковая площадь (Украина).** Координаты контура Олесской площади взяты из документа, обнаруженного на одном из сайтов Интернета. Контур площади нанесен на карту месторождений и структур Западного нефтегазового региона Украины (по состоянию на 01.01.2004 г.), а также на тектоническую схему Западно-Украинского битумонафтогазового региона, заимствованную из публикации. Эти графические материалы использовались при обработке данных ДЗЗ в пределах отдельных участков площади.

Для увеличения масштаба обработки данных ДЗЗ, а значит, информативности (детальности) полученных результатов исследованная площадь была разбита на пять отдельных фрагментов (участков). Спутниковые снимки отдельных участков обработаны в масштабе 1 : 150 000.

Иная геолого-геофизическая информация в процессе проведения экспериментальной обработки данных ДЗЗ в пределах площади исследований не использовалась.

Все обнаруженные и закартированные на обследованной площади аномальные зоны пред-

ставлены на рис. 2 в демонстрационной форме, т. е. без координатной привязки к конкретным участкам. Всего обнаружено и закартировано 2 аномальные зоны (11 и 12) типа “нефтяная + газовая + конденсатная залежь” (рис. 2) и 12 аномальных зон типа “газовая залежь”. Аномальные эффекты на резонансных частотах нефти и конденсата в пределах обследованной площади зафиксированы только в пределах аномальных зон 11 и 12. Площади обнаруженных аномальных зон, а также максимальные значения пластового давления флюидов в коллекторах в контурах аномалий указаны на рис. 2.

Акцентируем внимание на следующем. Всего обнаружено и закартировано 14 аномальных зон, из них 10 зон попадают в пределы лицензионной площади полностью, 3 закартированные аномалии пересекают контур участка обследования, 1 аномальная зона обнаружена и закартирована за его пределами.

Общая площадь всех закартированных аномальных зон по изолинии 0 МПа составляет 484 км<sup>2</sup>, по изолинии 15 МПа – 228 км<sup>2</sup>. По отношению к площади лицензионного участка (6369 км<sup>2</sup>) это составляет 7,29 и 3,58 % соответственно.

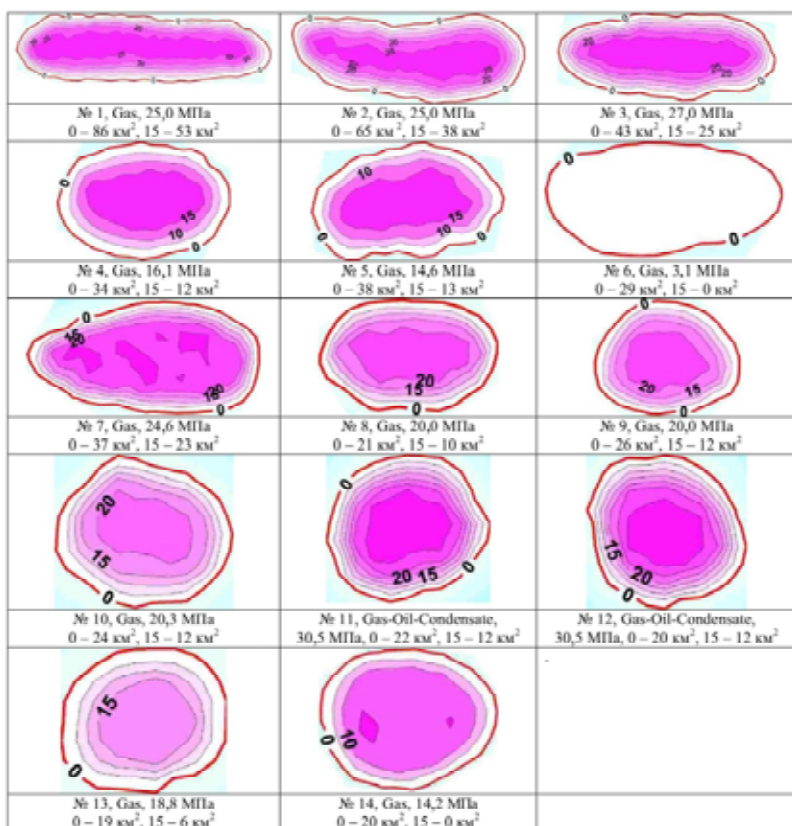


Рис. 2. Схематическое представление аномальных зон типа “газ” и “газ + нефть + конденсат”, обнаруженных и закартированных в пределах Олесской лицензионной площади. Обозначения: № 13 – номер аномальной зоны; Gas (Gas-Oil-Condensate) – тип флюида; 18,8 МПа – максимальное значение комплексного параметра пластового давления в пределах аномальной зоны; 0–19 км<sup>2</sup> – площадь аномальной зоны по изолинии 0 МПа; 15–6 км<sup>2</sup> – площадь аномальной зоны по изолинии 15 МПа

**Лицензионные участки 27 (Damnica), 28 (Lebork), Karwia и 29 (Польша).** Поскольку в настоящее время в пределах Олесской площади (Украина) пробуренных скважин на газ в сланцах нет, возникла необходимость провести обработку данных ДЗЗ на поисковых участках, где такие скважины имеются (рис. 3). Информация о подобных участках обнаружена на сайте компании 3Legs Resources plc [40].

Спутниковые снимки участков расположения лицензионных блоков обработаны в масштабе 1 : 125 000 (рис. 4). Отметим, что площади, которые охватывают эти снимки, больше площадей лицензионных блоков.

Всего на обследованных участках обнаружено и закартировано 7 аномальных зон типа “газ” (“газ + конденсат”) с относительно высокими значениями пластового давления флюидов в коллекторах и 5 аномальных зон с невысокими значениями (рис. 4).

На *участке 27* (766 км<sup>2</sup>) обнаружено 4 аномальные зоны с пластовыми давлениями от 3,6 до 42 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 96 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа –

29 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обследованного спутникового снимка (1150 км<sup>2</sup>) это составляет 8,35 и 2,52 % соответственно.

В районе расположения *блока 28* (1055 км<sup>2</sup>) обнаружено 4 аномальные зоны с пластовыми давлениями от 6,0 до 40,3 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 50 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 12 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обследованного снимка (1200 км<sup>2</sup>) это составляет 4,17 и 1,0 % соответственно.

На *участке расположения блока 29* (230 км<sup>2</sup>) обнаружено 4 аномальные зоны с пластовыми давлениями от 13,5 до 42,0 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 47 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 21 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обработанного снимка (1050 км<sup>2</sup>) это составляет 4,48 и 2,0 % соответственно.

Обратим внимание на следующее.

1. Ни одна из пробуренных в пределах обследованных участков скважин не попала в контуры обнаруженных и закартированных аномалий.
2. Пробуренная в апреле 2014 г. скважина Lublewo LEP-1ST1H (см. рис. 3) с горизонтальным

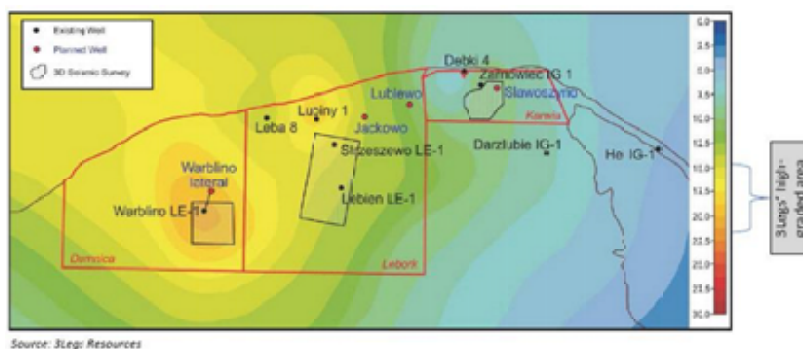


Рис. 3. Контуры лицензионных участков 27 (Damnica), 28 (Lebork), Karwia и положение пробуренных скважин в их пределах (Польша)

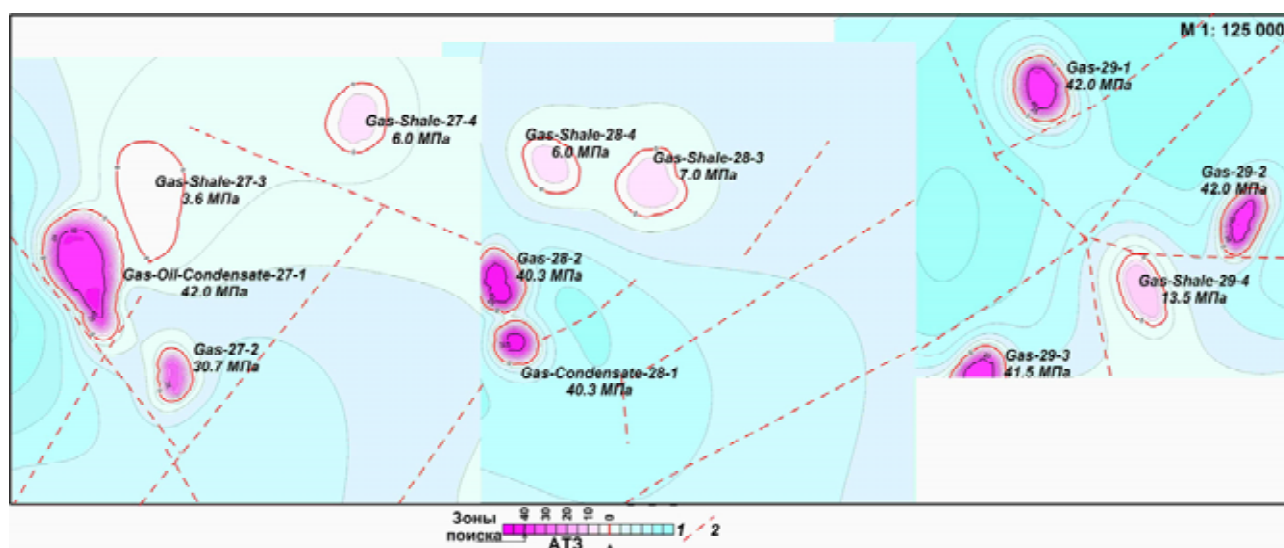


Рис. 4. Карта аномальных зон типа “газовая залежь” на лицензионных участках 27 (Damnica), 28 (Lebork), Karwia и 29 (фрагмент), по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных: 1 – шкала значений комплексного параметра пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение, по спутниковым данным

стволом 1512 м расположена в безаномальной зоне. Вероятность получения в этой скважине промышленных (коммерческих) притоков газа даже после проведения запланированных 20 этапов ГРП близка к нулю.

3. Вертикальная скважина Slawoszyno (см. рис. 3) расположена вне контуров обнаруженных аномалий. Получение в ней коммерческих притоков газа также проблематично.

**Лицензионные блоки 337–339 и 359 (Польша).**

Участки расположены на юго-востоке Польши. Их приближенное положение показано на рис. 5. Обработка данных ДЗЗ каждого блока выполнена отдельно. Масштабы обработки – 1 : 150 000 и 1 : 200 000.

Всего в пределах четырех блоков обнаружено и закартировано 29 аномальных зон типа “газ” и “газ + нефть”. Среди них есть зоны с высокими значениями пластового давления флюидов в коллекторах и с низкими.

На участке расположения блока 337 (1230 км<sup>2</sup>) обнаружено 8 аномальных зон с пластовыми давлениями от 12,5 до 49,0 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 245 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 90 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обследованного спутникового снимка (2750 км<sup>2</sup>) это составляет 8,91 и 3,27 соответственно.

В районе расположения блока 338 (1200 км<sup>2</sup>) обнаружено 11 аномальных зон с пластовыми давлениями от 2,0 до 40,8 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 188 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 43,2 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обследованного снимка (2100 км<sup>2</sup>) это составляет 8,95 и 2,06 % соответственно.

На участке расположения блока 339 (1200 км<sup>2</sup>) обнаружено 5 аномальных зон с пластовыми давлениями от 1,3 до 47,3 МПа. Общая площадь аномалий по изолинии 0 МПа – 48,5 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 7,6 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обработанного спутникового снимка (1900 км<sup>2</sup>) это составляет 2,55 и 0,40 % соответственно.

В районе расположения блока 359 (850 км<sup>2</sup>) обнаружено 4 аномальные зоны с пластовыми давлениями от 16,5 до 46,5 МПа. Общая площадь

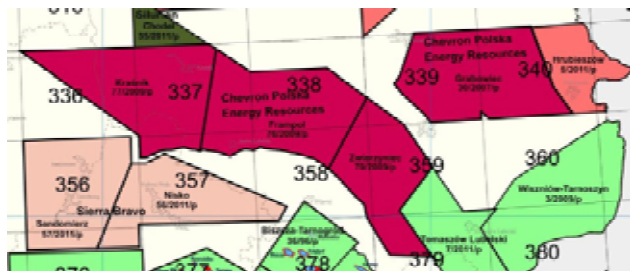


Рис. 5. Фрагмент карты лицензионных блоков на территории Польши. Обработаны спутниковые снимки территории, в пределах которых расположены лицензионные участки 337–339 и 359

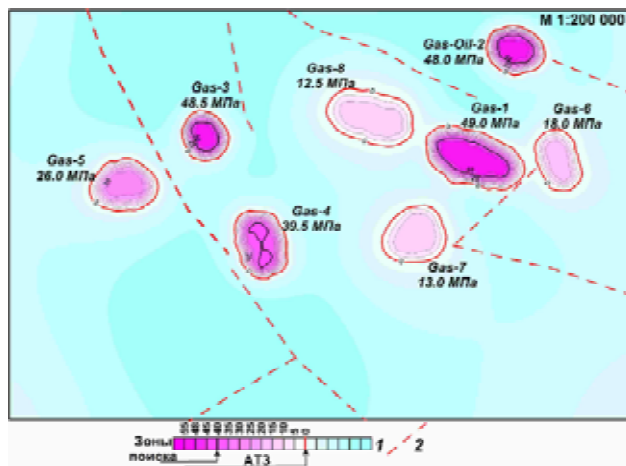


Рис. 6. Карта-схема аномальных зон типа “газовая залежь” на одной из лицензионных площадей в Польше, по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных: 1 – шкала значений комплексной величины пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение, по спутниковым данным

аномалий по изолинии 0 МПа – 68,8 км<sup>2</sup>, по изолинии 20 МПа – 4,8 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обработанного снимка (2100 км<sup>2</sup>) это составляет 3,28 и 0,23 % соответственно.

Результаты обработки в пределах наиболее перспективного лицензионного блока из четырех обследованных представлены на рис. 6.

Пробуренные в пределах четырех блоков скважины не попадают в контуры обнаруженных аномальных зон.

**Лицензионный блок Барлад (Румыния).** Приближенные координаты контура блока Барлад заимствованы из рис. 7, обнаруженного на одном из сайтов Интернета. На рис. 8 представлен фрагмент спутникового снимка блока (взятого из сайта Интернета). С этого снимка точки скважин перенесены на результирующую карту обнаруженных и закартированных аномальных зон. С целью увеличения масштаба обработки данных ДЗЗ исследованная площадь была разбита на три отдельных фрагмента (участка). Спутниковые снимки этих участков обработаны в масштабе 1 : 200 000.

Другие геолого-геофизические сведения по району работ в процессе проведения экспериментальной обработки данных ДЗЗ не использовались.

Обнаруженные и закартированные в пределах обследованной площади аномальные зоны представлены в демонстрационной форме, т. е. без координатной привязки к конкретным участкам площади обследования (рис. 9). Всего обработано три снимка общей площадью 11300 км<sup>2</sup>.

На обследованных площадях обнаружено и закартировано 27 аномальных типа “газовая залежь”. Аномальные эффекты на резонансных частотах нефти и конденсата зафиксированы только в пределах трех аномальных зон (10, 13 и 19, рис. 9).



Рис. 7. Положение лицензионного блока Барлад (Румыния) [Интернет-ресурс]



Рис. 8. Положение проектных скважин в пределах лицензионного блока Барлад (Румыния) [Интернет-ресурс]

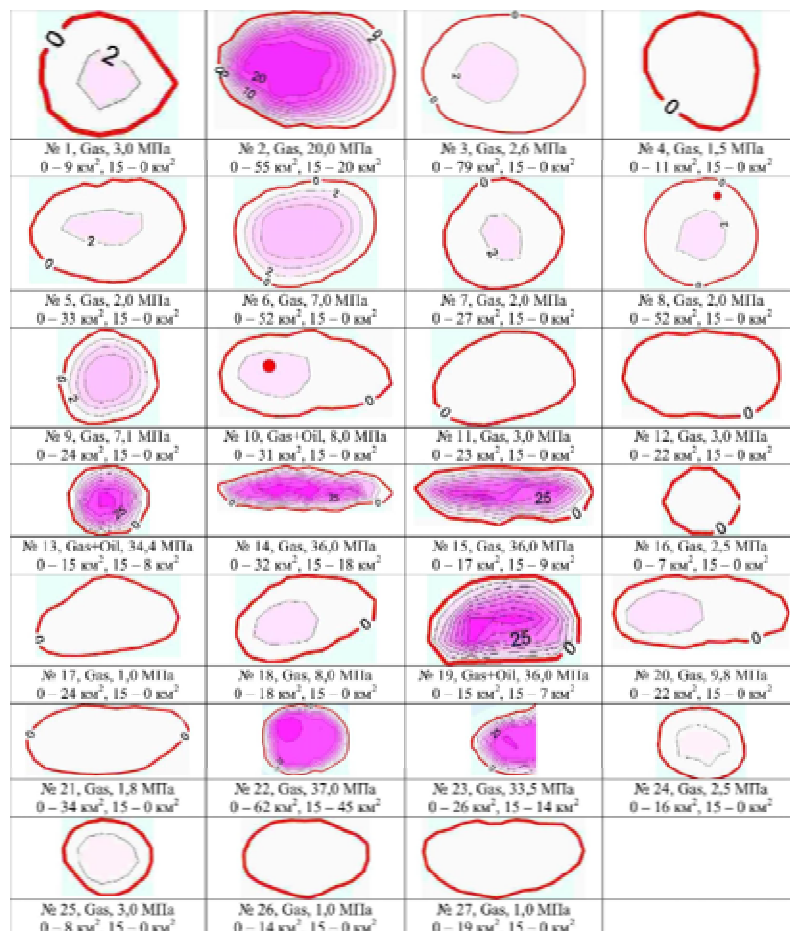


Рис. 9. Схематическое представление аномальных зон типа “газ” и “нефть + газ”, обнаруженных и закартированных в пределах лицензионного блока Барлад (Румыния). Обозначения: № 22 – номер аномальной зоны; Gas (Gas + Oil) – тип флюида; 37,0 МПа – максимальное значение комплексного параметра пластового давления в пределах аномальной зоны; 0–62 км² – площадь аномальной зоны по изолинии 0 МПа; 15–45 км² – площадь аномальной зоны по изолинии 15 МПа

Отметим также, что 4 аномальные зоны обнаружены и закартированы за пределами блока Барлад.

Общая площадь всех закартированных аномальных зон по изолинии 0 МПа составляет 747 км<sup>2</sup>, по изолинии 15 МПа – 121 км<sup>2</sup>. По отношению к площади обработанных снимков (11 300 км<sup>2</sup>) это равно 6,61 и 1,07 % соответственно.

По данным проведенных исследований в пределах блока Барлад, первоочередного внимания (детального изучения) заслуживают аномальные зоны 2, 13–15, 19, 22 и 23. Определенный интерес представляют также аномальные зоны 6, 9, 10, 18, 20. В их пределах могут быть проведены детальные исследования с целью оценки возможности обнаружения скоплений газа в верхней части разреза до глубины 1000 м.

Остальные аномальные зоны на данном этапе изучения блока внимания не заслуживают по результатам проведенных исследований.

К сожалению, у авторов не было информации о координатах проектных скважин Paltinis, Pungesti, Ropeni. Перенос их координат на карту аномальных зон со спутникового снимка (см. рис. 8) неточен. Кроме того, авторам неизвестны проектные глубины скважин, а также глубины залегания целевых горизонтов.

Запроектированная скважина Paltinis попала в аномальную зону 8. Однако по полученным данным ее бурение в этом месте нецелесообразно ввиду низкого пластового давления. К тому же на участке аномальные отклики зафиксированы не на всех резонансных частотах газа.

Скважина Pungesti попадает в аномальную зону 10 с более высокими оценками значений пластового давления. Если принять во внимание гидростатический принцип, то в пределах этой аномалии заслуживает детального изучения верхняя часть разреза до глубины 800–900 м. Более определенно перспективы рассматриваемой зоны могут быть оценены при проведении детальных исследований. Тем не менее на данном этапе работ можно констатировать, что целесообразность проведения гидроразрывов пластов в интервале разреза на глубинах свыше 900–1000 м вызывает сомнение.

Скважина Ropeni попадает на край одной из наиболее перспективных аномальных зон. Однако ее положение относительно аномалии не является оптимальным.

Наиболее перспективны (по полученным данным) на обнаружение промышленных скоплений УВ центральная и северная части блока Барлад.

**Поисковый участок в Прибалтике.** Согласно карте-схеме оценки ресурсов газа в сланцевых породах (коллекторах) Центральной и Восточной Европы [28] (см. рис. 1), в зону развития сланцев попадает Прибалтика. Ранее, в 2013 г., с использованием методики оценки максимальных значе-

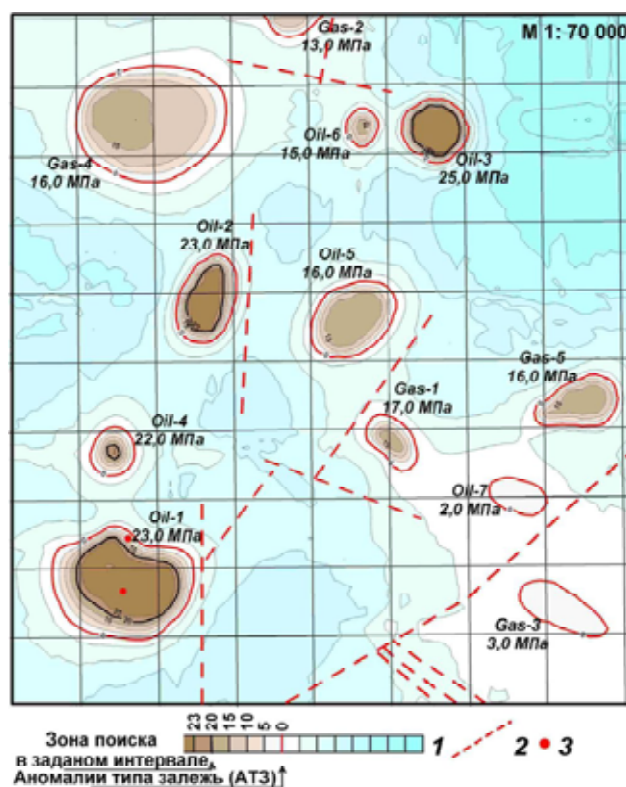


Рис. 10. Карта аномальных зон типа “залежи нефти и газа” на фрагменте площади в Прибалтике, по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение; 3 – скважина

ний пластового давления выполнена обработка данных ДЗЗ рекогносцировочного характера в масштабе 1 : 70 000 небольшого фрагмента территории Литвы в районе известного нефтяного месторождения (рис. 10). Участок обследования выбран на карте, опубликованной в статье [41]. Известное нефтяное месторождение расположено в левом нижнем углу рис. 10.

В процессе обработки на обследованной площади установлено наличие мелких аномальных зон, а также разломов. Для их уверенного обнаружения масштаб обработки данных ДЗЗ нужно увеличить до 1 : 20 000. По полученным оценкам пластовых давлений можно предположить наличие двух перспективных горизонтов. Нижний горизонт залегает в интервале глубин 2000–2150 м, здесь выделено три зоны, перспективные на нефть. В верхнем горизонте (1400–1500 м) могут быть обнаружены скопления газа и нефти в сланцевых коллекторах.

**Основные выводы.** Результаты оперативно выполненных экспериментальных исследований на локальных участках распространения сланцев в Восточной Европе (Олесская поисковая площадь, (Украина) лицензионные блоки на севере и юго-востоке Польши, а также в Румынии, небольшой участок в Литве) дают возможность констатировать следующее.

1. В пределах обследованных лицензионных блоков обнаружены и закартированы аномальные зоны типа “залежь газа” (“залежь газа, нефти”). Параметры некоторых аномальных зон (их площади и максимальные значения оценок пластового давления флюидов в коллекторах) позволяют классифицировать их как перспективные объекты, вероятность получения промышленных (коммерческих) притоков УВ из которых относительно высокая.
2. Обнаруженные аномальные зоны следует считать локальными участками для первоочередного детального изучения геофизическими методами и разбуривания. **Это по сути зоны “Sweet spots”.**
3. Начало освоения обследованных лицензионных блоков с обнаруженных аномальных зон позволит, в целом, **существенно уменьшить (сократить) вредное воздействие (экологическую нагрузку) на окружающую среду.**
4. Оценки максимальных пластовых давлений в обнаруженных и закартированных аномальных зонах варьируют в достаточно широком интервале. Поскольку можно сделать вывод, что прогнозируемые продуктивные горизонты залегают как выше, так и ниже сланцевых комплексов, при поисках скоплений УВ в областях распространения сланцевых пород целесообразно изучать практически весь (доступный для разбуривания) интервал разреза.
5. Аномальные зоны с очень низкими пластовыми давлениями флюидов в коллекторах не следует считать объектами первоочередного детального изучения.

**Главный вывод** – мобильная технология частотно-резонансной обработки и интерпретации (декодирования) данных ДЗЗ позволяет оперативно обнаруживать и картировать зоны “Sweet spots” в пределах распространения сланцевых пород.

**Возможные дополнительные исследования.** Обработка данных ДЗЗ в пределах обследованных участков проведена в достаточно мелком масштабе. Первый этап исследований следует считать рекогносцировочным. Обнаруженные и закартированные аномальные зоны являются объектами для первоочередного детального изучения геофизическими методами (в том числе мобильными). Авторы не рекомендуют использовать выделенные на данном этапе аномальные зоны для выбора мест заложения поисковых скважин.

Второй этап применения мобильных методов – обработка данных ДЗЗ в пределах выделенных на первом этапе аномальных зон в более крупном масштабе. Это позволит детализировать и уточнить контуры аномальных зон и закартировать пропущенные перспективные объекты небольших размеров. В более крупном масштабе отдельные крупные аномальные зоны могут

распасться на несколько локальных. При использовании технологии частотно-резонансного сканирования данных ДЗЗ могут быть получены оценки (приближенные) глубин залегания и мощностей целевых продуктивных горизонтов (аномально поляризованных пластов (АПП) типа “газ”, “нефть” и “конденсат”). Примеры обработки данных ДЗЗ в крупном масштабе приведены в работе [23].

На третьем этапе обнаруженные и закартированные аномальные зоны могут быть детализированы наземными геоэлектрическими методами становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [9–11, 17, 33]. Применение метода ВЭРЗ позволит оценить глубины залегания и мощности продуктивных горизонтов. Зондирование по площади дает возможность рассчитать площади распространения продуктивных горизонтов, их объемы, а также оценить приближенно потенциальные ресурсы нефти и газа в пределах отдельных аномальных зон.

Результаты наземных геоэлектрических исследований по точности и детальности превосходят результаты обработки данных ДЗЗ.

Примеры проведения всех трех этапов исследований приведены в статье [23].

**Дополнительные результаты работ.** Для сопоставления материалов, полученных в пределах развития сланцев на территории Украины и юго-востоке Польши, ниже дан анализ результатов применения указанной мобильной технологии на других поисковых площадях, а также на известных месторождениях нефти и газа в пределах Воыно-Подольской плиты и Карпатского региона.

**Район Лопушнянского нефтегазового месторождения.** Одним из перспективных участков на обнаружение скоплений нефти и газа являются отложения в поднадвиговой части Лопушнянской зоны Покутско-Буковинских Карпат. Здесь открыто Лопушнянское нефтегазовое месторождение, а сейсмическими исследованиями выделена серия локальных структур.

Для частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ в пределах этой зоны был подготовлен спутниковый снимок участка в масштабе 1 : 150 000. Со структурной карты площади обследования на снимок были нанесены контуры выделенных структур (в том числе Лопушнянской), что позволило более тщательно и детально проанализировать аномальные зоны при декодировании данных ДЗЗ.

В результате обработки спутникового снимка участка площадью 1672 км<sup>2</sup> обнаружено и закартировано 7 аномальных зон типа “нефть + газ” и “газ” (рис. 11). Все аномальные зоны, выявленные на обследованной площади, в демонстрационном формате представлены на рис. 12 (аномалия 7 закартирована на территории Румынии).



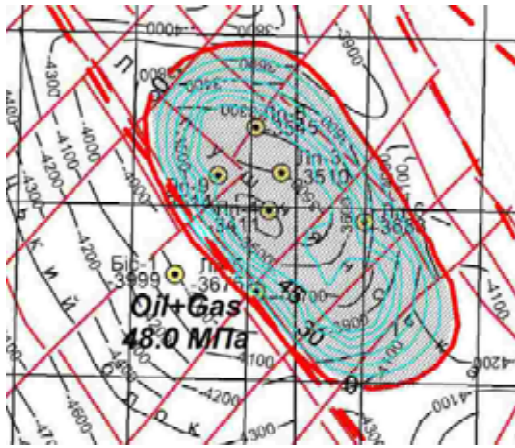


Рис. 11. Аномальная зона типа “нефть + газ” в районе Лопушнянского месторождения на структурной карте участка, по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ

В целом, на обследованной площади выделенных сейсморазведкой структур оказалось значительно больше, чем обнаруженных аномальных зон типа “нефть” и “газ”. Дальнейшее детальное изучение структур, в пределах которых обнаружены аномалии типа “нефть (газ)”, повысит эффективность геофизических работ и успешность поискового и разведочного бурения.

**Север Волыно-Подольской плиты.** В 2013 г. проведена частотно-резонансная обработка данных ДЗЗ участка площадью 8200 км<sup>2</sup>, расположенного севернее Олесской поисковой площади. Приблизженные координаты участка: широта – от 50°35' до 51°18', долгота – от 24°20' до 25°48'.

При обработке спутникового снимка были обнаружены аномальные зоны с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах (рис. 13). Поскольку масштаб обработки данных ДЗЗ очень мелкий (1 : 300 000), небольшие по площади аномальные зоны в этом масштабе были пропущены, в том числе известное газовое месторождение “Локачи”.

В связи с указанным спутниковый снимок района расположения месторождения “Локачи”,

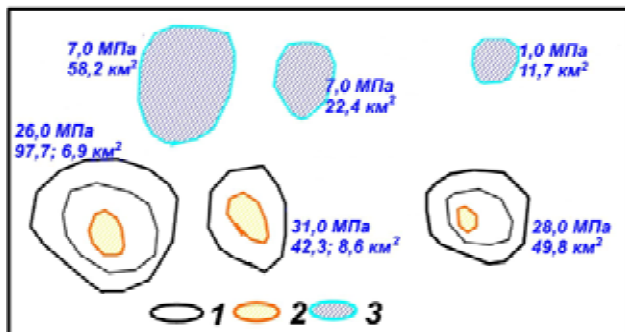


Рис. 13. Аномальные зоны, обнаруженные и закартированные на обследованном участке (север Волыно-Подольской плиты): 1 – контур “нефтегазовой” аномальной зоны типа “нефтегазовая” залежь; 2 – контур аномальной зоны типа “свободный газ”; 3 – структурная аномальная зона (“вода + газ”)

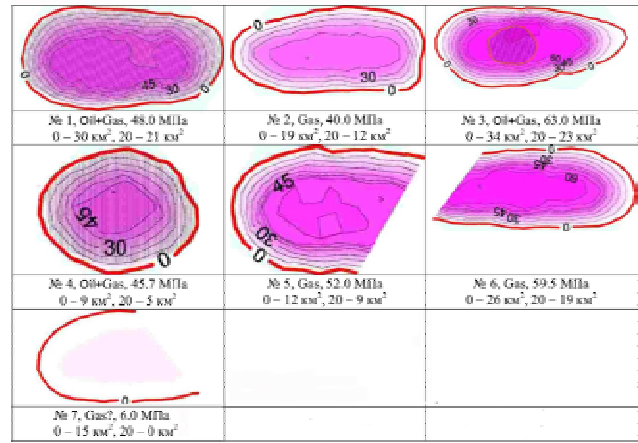


Рис. 12. Схематическое представление аномальных зон типа “газ” и “нефть + газ”, обнаруженных и закартированных в районе расположения Лопушнянского нефтегазового месторождения. Обозначения: № 4 – номер аномальной зоны; Gas (Oil + Gas) – тип флюида; 45,7 МПа – максимальное значение комплексного параметра пластового давления в пределах аномальной зоны; 0 – 9 км<sup>2</sup> – площадь аномальной зоны по изолинии 0 МПа; 20 – 5 км<sup>2</sup> – площадь аномальной зоны по изолинии 20 МПа

а также Семиренской (северо-восточнее месторождения) и Павловской (юго-западнее) структур обработан в более крупном масштабе – 1 : 100 000. В результате кроме самого месторождения аномальные зоны типа “залежь газа” обнаружены также над Семиренской и Павловской структурами.

Площади обнаруженных аномалий и значения пластового давления флюидов в их пределах следующие: Семиренская – 5,4 км<sup>2</sup>, 10,1 МПа; Локачинская – 10,1 км<sup>2</sup>, 9,67 МПа; Павловская – 3,9 км<sup>2</sup>, 29,0 МПа.

Согласно результатам работ, в пределах обследованной крупной площади может быть обнаружено и закартировано значительное количество небольших аномальных при обработке спутниковых снимков этого района в более крупном масштабе.

**Район Лудинской структуры.** В 2003 г. в пределах Лудинской поисковой площади (Владимир-Волынский р-н, Волинская обл., излучина р. Западный Буг на границе с Польшей) были проведены наземные геоэлектрические исследования мобильными методами СКИП и ВЭРЗ [9–11, 17, 33].

На время проведения работ в пределах площади было пробурено девять скважин глубиной порядка 1600 м и одна глубокая скважина 1-Лд до отметки 3510 м. Перспективы нахождения скоплений УВ связываются здесь с отложениями кембрия, силура и среднего девона. Ресурсы газа оценивались в 1500 млн м<sup>3</sup>.

Съемкой методом СКИП выявлены и оконтурены геоэлектрические аномалии типа “залежь УВ”, общая площадь которых составляет 45 км<sup>2</sup>.

Работы методом ВЭРЗ выполнены на 4 станциях: у устья пробуренной скв. 1-Лудинская; в точке заложения проектной поисковой скв. 10-Лудинская;

на станции GPS 680-Лудинская; на станции GPS 143-Бортновская. В разрезе кембрия по скв. 1-Лудинская методом ВЭРЗ выявлена аномальная зона типа “залежь газа” в интервале глубин 2700–3000 м, которая соответствует интервалам газоносности по результатам бурения и промысловой геофизики – 2704–2735 и 2949–2986 м.

После проведения работ началось бурение разведочной скв. 15, в районе которой работы методом ВЭРЗ не проводились. В начале ноября 2003 г. здесь были выполнены дополнительные исследования методом ВЭРЗ. По результатам зондирования, в интервале глубин 2540–2860 м фиксируются четыре аномальные зоны типа “залежь газа”. Позже полученные результаты зондирования были сопоставлены с данными бурения и геофизического исследования скважин.

К сожалению, по результатам опробования скв. 15 промышленные притоки газа в ней не получены. В связи с этим в сентябре 2014 г. была выполнена обработка данных ДЗЗ участка расположения Лудинской структуры с целью обнаружения и картирования в пределах аномальной зоны, закартированной наземной съемкой СКИП в 2003 г., локальных участков с относительно повышенным пластовым давлением флюидов в коллекторах (если таковые на обследованной площади имеются). Масштаб обработки данных ДЗЗ – 1 : 50 000 – самый мелкий масштаб детализационного режима дешифрирования.

На начальном этапе дешифрирования данных ДЗЗ были установлены относительно низкие значения оценок пластового давления флюидов в коллекторах в пределах ранее закартированной аномальной зоны.

Далее в пределах обследованной аномалии были обнаружены три локальных участка скопле-

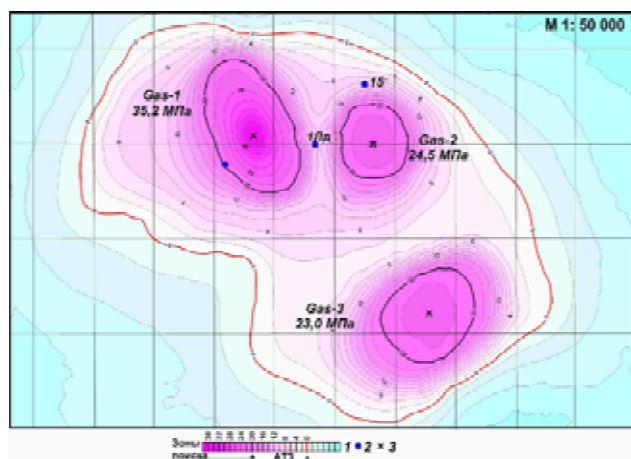


Рис. 14. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “газоконденсатная залежь” на Лудинской поисковой площади (Украина), по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных: 1 – шкала максимальных значений комплексного параметра пластового давления, МПа; 2 – скважина; 3 – центральная точка аномальной зоны

ния отрицательных электрических зарядов в приповерхностном слое атмосферы.

И, наконец, на заключительном этапе в зонах скопления отрицательных электрических зарядов была выполнена оценка пластовых давлений газа в коллекторах (рис. 14). Результаты обработки позволяют констатировать следующее.

1. В пределах закартированной наземной съемкой аномалии выделено 3 локальные аномальные зоны с относительно высоким пластовым давлением газа в коллекторах: Gas-1 (35,2 МПа), Gas-2 (24,5 МПа), Gas-3 (23,0 МПа).
2. Пробуренные глубокие скважины (1Лд и 15) не попадают в контуры аномальных зон с высоким пластовым давлением газа, чем, скорее всего, и объясняется отсутствие коммерческих притоков газа.
3. Глубина остальных пробуренных скважин не превышает 1600 м. В связи с этим если некоторые из них и попадают в контуры зон с высоким пластовым давлением, то с учетом гидростатического принципа они могут быть не добурены до продуктивных горизонтов с относительно высоким пластовым давлением.
4. Глубины залегания отдельных АПП типа “газ” (прогнозируемых залежей газа), а также оценки пластовых давлений в них могут быть определены модифицированным (усовершенствованным) методом ВЭРЗ [9]. Практический пример зондирования с оценкой значений пластового давления газа в отдельных пластах приводится в работе [22].
5. Приблизленно (с меньшей точностью) глубины залегания отдельных АПП, а также оценки пластовых давлений в них могут также быть получены с помощью специальной процедуры (метода) вертикального сканирования данных ДЗЗ. В частности, такие оценки получены для площадки бурения скв. Беляевская-400 на газ в плотных песчаниках.
6. В случае установления методом ВЭРЗ в зонах повышенного пластового давления АПП типа “газ” с пластовыми давлениями выше гидростатического вероятность получения в них промышленных притоков газа в пробуренных скважинах существенно возрастет.
7. В принципе, оценки пластовых давлений флюидов позволяют локализовать участки заложения поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, а следовательно, и уменьшить их количество.
8. Наличие участков с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах Лудинской структуры повышает также вероятность обнаружения аналогичных зон в других структурах района. При этом повышаются перспективы обнаружения промышленных скоплений УВ.

**Поисковый участок в угольном бассейне Англии.** Краткое описание строения участка (400 км<sup>2</sup>), представленное исполнителям работ, сводится к следующему: “Территория проекта содержит участки около 16 старых угольных шахт. Каждая шахта разрабатывала один или несколько угольных пластов на глубинах до 1000 м. Области смежных выработок в каждом пласте имеют в целом неправильную форму. Простираются по латерали каждой отработанной выработки изменяется от 100 м до 1000 м. Все пласты (а следовательно, и все выработки) постепенно погружаются вниз с запада на восток. Мощности угольных пластов, из которых велась добыча, варьируют в интервале 1–3 м. Последующее обрушение выработок превратило их в зоны с высокой проницаемостью, мощностью 10–20 м и с пористостью около 25%. Эти проницаемые зоны могут быть залиты водой или могут быть заполнены воздухом, метаном, диоксидом углерода или смесью этих газов”.

На первом этапе исследований авторы поставили перед собой следующую, более объемную по сравнению с предложенной задачей: с использованием частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ обнаружить и закартировать в пределах участка обследования максимальное количество аномальных зон типа “залежь газа”, “залежь нефти”, “залежь конденсата” во всем интервале разреза.

Выше уже отмечалось, что участок расположен в угленосном бассейне, коллекторы которого также относятся к нетрадиционным. В связи с этим проведенные исследования в Англии можно (и даже следует) считать естественным продолжением работ по изучению возможностей применения мобильных геофизических методов для поисков скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (в том числе в сланцах) на поисковых блоках в Украине, Польше и Румынии.

Для увеличения масштаба обработки обследованный участок был разбит на два фрагмента – северный и южный. Спутниковые снимки этих фрагментов поместились на лист формата А3 в масштабе 1 : 50 000. Каждый фрагмент обрабатывали отдельно. На последнем этапе обработки полученные результаты были “соединены” в одну карту (рис. 15, показаны все обнаруженные и закартированные в районе обследованной площади аномальные зоны). Обнаруженные аномальные зоны нанесены также на спутниковый снимок участка работ.

Как свидетельствует практический опыт авторов, в угольных бассейнах аномалий достаточно много и они небольшие по площади (рис. 15).

В используемом при обработке данных ДЗЗ масштабе 1 : 50 000 линейные размеры поисковых аномалий, которые могут быть уверенно выделены, равны примерно 500 м. Для обнаружения бо-

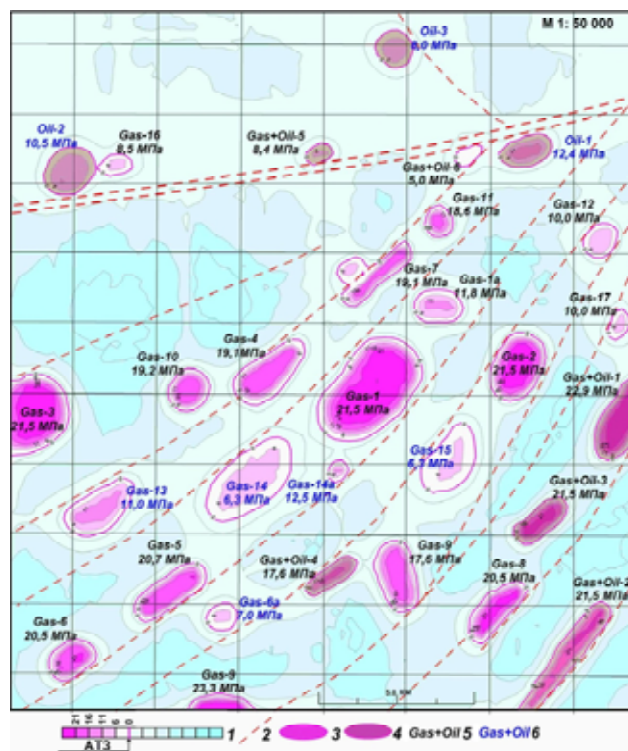


Рис. 15. Карта аномальных зон типа “нефтегазовая залежь” на поисковой площади в Англии, по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных: 1 – шкала максимальных значений комплексного параметра пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение, по спутниковым данным; 3 – аномальная зона типа “газовая залежь”; 4 – аномальная зона типа “нефтяная и нефтегазовая залежь”; 5 – наиболее перспективная поисковая зона; 6 – слабоперспективная поисковая зона (непромышленные ресурсы)

лее мелких аномалий обследованную площадь надо разбивать на более мелкие фрагменты – в масштабе 1 : 15 000 и крупнее.

Оценки комплексного параметра пластового давления изменяются в пределах закартированных аномалий в достаточно широком интервале: от 5,0 до 23,3 МПа, и служат некоторым ориентиром (с учетом гидростатического принципа) относительно определения глубин, до каких целесообразно проводить поиски залежей УВ.

На рис. 15 подписи синим цветом обозначают аномальные зоны, в пределах которых вероятность получения коммерческих притоков УВ по результатам первого этапа исследований оценивается как очень низкая. В контурах этих аномалий залежи УВ могут быть в небольших по мощности коллекторах. К тому же в рассматриваемых зонах аномальные эффекты (отклики) на некоторых частотах не регистрировались.

Обнаруженные и закартированные аномальные зоны следует считать проекциями прогнозируемых скоплений УВ на земную поверхность. На следующих этапах исследований зоны могут быть детализированы при обработке данных ДЗЗ в более крупном масштабе, а также при проведении наземных работ методами СКИП и ВЭРЗ.

Выделенные аномальные зоны могут быть обусловлены ловушками литологического типа, расположенными вдоль зон тектонических нарушений (субвертикальной миграции флюидов). В целом, аномальных зон достаточно много. При обработке данных ДЗЗ в более крупном масштабе (1 : 15 000 и крупнее) их количество может увеличиться за счет пропущенных мелких аномалий.

К результатам исследований на поисковом участке в Англии вполне применимы выводы, сформулированные выше по материалам исследований в Украине, Польше и Румынии. Полученные результаты дают основания утверждать, что в Англии имеются предпосылки для значительного увеличения объемов добычи нефти и газа на суше как из традиционных коллекторов, так и из нетрадиционных (угленосных пород, сланцев, плотных песчаников). Темпы этого увеличения могут быть ускорены, если принять стратегию комплексного освоения ресурсов, т. е. одновременно из традиционных и нетрадиционных коллекторов. Такая стратегия может быть реализована наиболее оптимальным образом, если на начальном этапе ее практической реализации оперативно осуществить оценку потенциальных ресурсов УВ каждой лицензионной площади (блока) с использованием мобильных методов “прямых” поисков скоплений нефти и газа. В качестве таковых можно использовать и применяемые авторами методы.

Результаты, полученные на этапе оперативной оценки потенциальных ресурсов УВ в пределах отдельных лицензионных участков и блоков, позволят формировать оптимальную последовательность разработки обнаруженных (прогнозируемых) залежей и целенаправленно создавать в процессе ее реализации необходимую инфраструктуру для добычи УВ из всего разреза!

К этому добавим, что в статье [4] достаточно убедительно доказывается предположение, что успехи США по добыче УВ из нетрадиционных коллекторов (угленосных пород, сланцев и плотных песчаников) как раз и связаны с освоением ресурсов УВ в интервале всего доступного для бурения разреза!

**Участок в районе распространения сланцев Utica и Marcellus (США).** Изложенные выше материалы исследований на локальных участках распространения сланцев в Центральной и Восточной Европе, на наш взгляд, неокончательные. Некоторая неопределенность состоит в том, что в пределах обследованных блоков не осуществляется промышленная добыча нефти и газа. В связи с этим авторами выполнена аналогичная обработка данных ДЗЗ локальной площади в районе развития сланцев, где в настоящее время активно ведется промышленная добыча УВ. Выбору такого участка для дополнительных исследований спо-

собствовала статья [39], в которой обсуждаются результаты исследований верхней части разреза на локальном участке в районе распространения известных сланцевых комплексов Utica и Marcellus. Геологическое строение района работ вкратце описано следующим образом [39, с. 99]: “Сланцы Utica и Marcellus сформировались в Аппалачском бассейне на востоке США в ордовике и девоне соответственно. Сланцевый комплекс Marcellus распространен в виде обширного ареала на большей части северо-востока США; его мощность составляет 240 м в Восточной Пенсильвании, к западу она уменьшается. В Северной Пенсильвании глубина залегания сланцев варьирует от 1200 м на севере до 2400 м на юге.

В дополнение к сланцам Utica и Marcellus, в Аппалачах находится огромный угольный бассейн, занимающий площадь почти 160 000 км<sup>2</sup> между Северной Пенсильванией и Центральной Алабамой. Тектоническое и структурное развитие региона привело к формированию системы разломов и трещин, вдоль которых природный газ и нефть могли мигрировать к поверхности в течение длительного геологического времени.

В некоторых случаях эти естественным образом мигрирующие углеводороды могли накапливаться в ловушках мелких структур, глубина залегания которых варьирует от 250–1000 м. Эти структуры представляют угрозу при бурении в приповерхностных горизонтах для большинства операторов (и являются вторичными целевыми горизонтами для других)”.

Обратим внимание на то, что по геологическому строению рассматриваемый район подобен обработанному участку угольного бассейна в Англии.

На начальном этапе исследований спутниковый снимок описанного в статье [39] локального участка был обработан в масштабе 1 : 50 000. В результате на обследованной площади обнаружено и закартировано 4 аномальные зоны типа “oil + gas” с относительно повышенным пластовым давлением в коллекторах (от 16,2 до 17,2 МПа), а также 12 аномальных зон с невысоким пластовым давлением (от 5,0 до 9,2 МПа). Эти аномальные зоны обозначены на рис. 16, как “shale gas”.

На втором этапе работ были обработаны данные ДЗЗ более крупной площади района в масштабе 1 : 125 000. Дополнительно обнаружено достаточно много аномальных зон типа “oil + gas” и “shale gas”. Контуры аномальных зон, обнаруженных на первом этапе работ, скопированы на рис. 16. Значительное количество аномальных зон характеризуется относительно невысоким пластовым давлением. В пределах одной из аномальных зон с низким пластовым давлением (6,0 МПа) возле пробуренной скважины выполнено вертикальное сканирование данных ДЗЗ с целью оценки

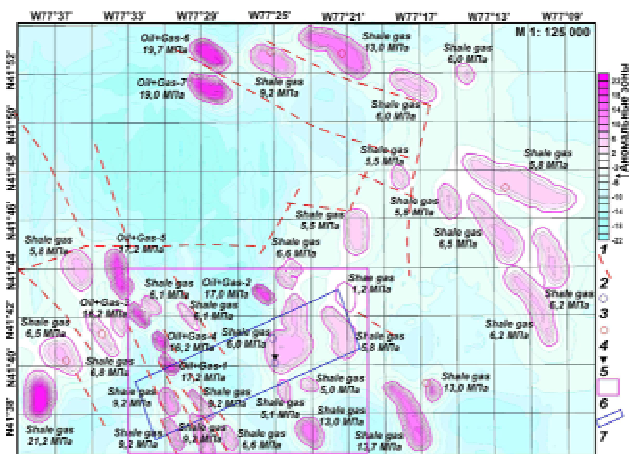


Рис. 16. Карта аномальных зон типа “нефтегазовые залежи” на поисковой площади в США (Пенсильвания, Tioga County), по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных: 1 – шкала максимальных значений комплексного параметра пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение, по спутниковым данным; 3 – скважина компании-оператора участка; 4 – новая скважина другой компании; 5 – точка вертикального сканирования данных ДЗЗ; 6 – площадь обследования в масштабе 1 : 50 000; 7 – участок обследования в статье [39]

глубин залегания и мощностей перспективных на обнаружение газа горизонтов. В результате получены следующие значения глубин, м: 1) 305–323; 2) 550–587; 3) 1075–1090; 4) 1920–1928; 5) 1955–1962; 6) 2290–2420.

Оценивая проведенные в Аппалачском бассейне исследования, в целом можно констатировать, что результаты обработки данных ДЗЗ в районе распространения сланцев Utica и Marcellus подтверждают ранее сформулированные выводы для обследованных участков в Украине, Польше, Румынии, Англии. Добавим также, что обнаруженных аномальных зон здесь несколько больше.

И, наконец, у авторов появились также основания для предположения, что успехи США в области добычи нефти и газа из нетрадиционных коллекторов обусловлены, в том числе, бурением большого количества (тысячи и десятки тысяч) скважин.

Применение мобильных и оперативных методов “прямых” поисков скоплений УВ в районах распространения сланцевых плеев в США (а также в других странах) будет способствовать значительному повышению коэффициента успешности бурения (увеличению количества скважин с коммерческими (промышленными) притоками УВ).

**Обсуждение результатов.** Отметим, что в текущем году авторы с использованием мобильных методов (прежде всего, технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ) выполнили серию интересных проектов в различных регионах мира.

Во-первых, это оперативная оценка перспектив нефтегазоносности локального участка буре-

ния параметрической и поисковых скважин на лицензионной площади в Республике Казахстан. На данное время там уже пробурена одна параметрическая скважина (она оказалась сухой, как и прогнозировалось по результатам дешифрирования данных ДЗЗ), вторая скважина (тоже с минимальным значением вероятности получения промышленных притоков УВ) находится в процессе бурения.

Во-вторых, проведены детальные исследования с использованием дистанционного и наземных геоэлектрических методов на месторождении нефти в Украине, находящемся на поздней стадии разработки, с целью выбора оптимального направления бурения наклонных стволов из старых добывающих скважин.

В-третьих, оперативно выполнена оценка перспектив нефтегазоносности 4 участков проведения 3D сейсмических работ в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря [24].

Кроме того, выполнены исследования демонстрационного характера в различных регионах мира: Ливии, США, России (п-ов Ямал, Ханты-Мансийский округ – Югра, Московская синеклиза), Грузии. Получены интересные результаты, заслуживающие внимания научных сотрудников и специалистов нефтяных компаний. Они дают авторам основания в очередной раз акцентировать внимание на следующем.

1. Не секрет, что новые технологии, значительным образом изменяющие правила игры, проходят длинный путь становления и признания нефтегазовым сектором мировой экономики. Основные причины такого “неприятя” инноваций в нефтегазовой сфере наиболее четко и “рельефно” сформулированы в работе [36, с. 37] (в своих публикациях мы неоднократно приводили эту классическую цитату): “История показывает, что ... успешные, существенно изменяющие правила игры технологии ... часто переживают сравнительно трудные времена становления. Фактически сообщество потребителей услуг стремится отвергать их, иногда из-за незнания, иногда из-за страха, но в большей степени в силу того, что такие технологии в большинстве случаев нарушают статус-кво. Они часто, в наилучшем значении этого слова, являются разрушающими технологиями”.

Комментарии к приведенной цитате излишни – основные причины “неприятя” новых технологий, в большой степени изменяющих правила игры, обозначены предельно конкретно и ясно!

2. Выше уже отмечалось, что используемые мобильные методы – это по сути “прямые методы” поисков нефти и газа. Такие методы поисков и разведки скоплений УВ (и не только УВ) позволяют оперативно (важный момент!) получать новую (дополнительную и независимую) информацию о перспективах нефтегазоносности (рудо-

ности) изучаемых лицензионных участков и площадей. Только использование результатов “прямых” методов совместно с материалами традиционных геофизических методов в рамках принципа дополнительности может привести к повышению успешности (информативности) поисковых работ на нефть и газ (и другие полезные ископаемые).

3. Акцентируем внимание и на то, что начиная с 2001 г. авторы неоднократно проводили полевые и камеральные (обработка данных ДЗЗ) эксперименты с целью изучения возможности использования мобильных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ [9–11, 17, 33], а также технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ [13–14, 17] для обнаружения и картирования скоплений свободного газа (метана) в пределах шахтных полей Донбасса. Результаты этих экспериментов представлены в многочисленных публикациях [10, 15]. Они позволяют, в целом, констатировать следующее.

**А.** Обнаруженные и закартированные в пределах шахтных полей аномальные зоны типа “газ” обычно небольшие по площади; оценки пластового давления газа в их пределах также невысокие.

**Б.** В пределах участков шахтных полей, где в горных выработках происходил взрыв метана, на поверхности картируются аномалии типа “залежь газа”. Есть основания считать, что метан взрывается в том случае, если горные выработки попадают в аномальные зоны (зоны скопления свободного газа). Так произошло на одной из шахт Донбасса, где полевые геоэлектрические исследования были проведены до взрыва метана.

**В.** Результаты проведенных исследований на одной из шахт подтверждены бурением. В скважине, пробуренной в контуре одной из аномальных зон, получены притоки газа, в другой, вне контуров аномалий, притоков газа не получено вообще.

4. Целесообразно отметить, что нефтегазовые компании (операторы конкретных лицензионных участков) в настоящее время уделяют недостаточно внимания современным “прямым” методам поисков и разведки скопления УВ. Более активное применение таких методов (в том числе для уменьшения рисков бурения) может намного улучшить финансовые и материальные затраты компаний на поиски и разведку. В частности, на важность применения прямопоисковых методов обращается внимание и в работе [26, с. 19]: “... При составлении программы работ по освоению углеводородного потенциала больших глубин центрального сегмента ДДВ (Днепровско-Донецкой впадины. — Прим. авт.), выделении прогнозных объектов и заложении скважин необходимо сочетать комплексные геолого-геофизические исследования с наиболее эффективными

*прямыми поисковыми методами.* Особое внимание следует уделять геофизическим исследованиям в скважинах, применяя наиболее информативный комплекс каротажа. Необходимо предусмотреть применение передовых методов интенсификации притоков из глубоководных пород-коллекторов. Если в советские времена наряду с высокодебитными бурились малопродуктивные или даже непродуктивные глубокие скважины, то в настоящее время это недопустимо. К счастью, по сравнению с 1970–1980 гг., с одной стороны, *существенно увеличился арсенал прямых поисковых методов и их эффективность* (курсив наш), с другой — повысилось качество бурения, вскрытия продуктивных горизонтов, возросла скорость проходки. Благодаря этому эффективность и темпы освоения углеводородного потенциала больших глубин в мире резко возросли”.

5. Не очень активно “прямые” методы поисков и разведки скопления нефти и газа используются и ведущими сервисными геофизическими компаниями. В секторе геофизических услуг комплексирование традиционно используемых сейсмических методов различных модификаций (ведущий) с электромагнитными и прямопоисковыми может также привести к существенным результатам относительно уменьшения рисков бурения поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин.

6. Неоднозначное (и скорее всего отрицательное) отношение к результатам и материалам “прямых” мобильных методов ощущается и со стороны академической науки. Обратим внимание на два принципиальных аспекта, с которыми это может быть связано. Во-первых, оперативно (в сжатые сроки) картируемые прямыми методами аномальные зоны типа “залежь УВ” (или же более определенно и однозначно — проекции на земную поверхность контуров скопления УВ в разрезе исследуемого участка) во многих случаях быстро (мгновенно) “разрушают” научно обоснованные прогнозы нефтегазоносности конкретных блоков и участков, разработанные (сформулированные) специалистами по материалам традиционных геолого-геофизических исследований. Во-вторых, в настоящее время все еще господствует органическая (осадочно-миграционная) теория образования нефти и газа. Вместе с тем полученные в различных регионах мира с помощью “прямых” методов многочисленные результаты полностью и всецело свидетельствуют в пользу абиогенного (глубинного) происхождения УВ. На втором аспекте проблемы целесообразно остановиться более детально.

Обратимся к данным на рис. 15. Оказывается, что для их описания (обоснования, интерпретации) нет необходимости придумывать что-либо

оригинальное в смысле механизмов формирования прогнозируемых скоплений УВ; вполне достаточно сослаться на публикации сторонников глубинного (мантийного) происхождения УВ и, в частности, на статьи [1–4, 6–8, 25, 26, 30–32].

**А.** Поскольку участок обследования расположен в известном угольном бассейне, обратим внимание на следующий фрагмент (цитату) из статьи Б.Р. Кусова [8, с. 38]: “Анализ особенностей строения угольных пластов, их химического состава и соотношения с вмещающими породами приводит к однозначному выводу о том, что угольные пласты – это древние изливы нефти на дневную поверхность Земли. За время нахождения на поверхности нефть теряет легкие фракции, сгущается, превращаясь в битум, в той или иной степени насыщается терригенным и растительным материалом, который сохраняется в легко опознаваемом состоянии при любых степенях метаморфизма УВ, т. е. нефти, в среде осадочных бассейнов. При интенсивных разовых разливах образуются малозольные (почти без тонштейнов) пласты той мощности, какую может обеспечить рельеф земной поверхности. Наличие тонштейнов в угольных пластах есть свидетельство периодического обогащения изливающейся нефти терригенным материалом, которое носит сезонный характер и указывает на относительную продолжительность процесса поступления нефти на поверхность до ее захоронения под осадками”.

Наличие на обследованной площади в Англии многочисленных разломов, зон повышенной фильтрации подземных вод и дробления пород указывает на то, что изливы нефти на поверхность в соответствующие периоды тектонической активизации вполне реальны. В другие периоды (этапы) активизации за счет внедрения новых порций глубинных флюидов там вполне могли сформироваться небольшие месторождения нефти, газа и газоконденсата, которые, в принципе, и обнаружены и зарисованы по результатам обработки данных ДЗЗ.

**Б.** В дополнение к предыдущей цитате, еще раз целесообразно привести фрагмент из другой статьи Б.Р. Кусова [7, с. 88] по поводу происхождения газа (метана): “Ответ на вопрос в заголовке простой и ясный – все это одно и то же, один и тот же глубинный (мантийный) газ, заполняющий значительные объемы земной коры в процессе глобальной дегазации Земли. Ни угли, ни сланцы, ни другие породы осадочного чехла не являются генераторами метана, а выступают всего лишь в качестве «пристанища» для глубинного газа...”.

**В.** Ниже в этой же статье автор констатирует [7, с. 91]: “... любой участок земной коры может рассматриваться как потенциально перспективный на поиски сланцевого газа (логичнее говорить –

газа в низкопористых и слабопроницаемых породах или – рассеянного газа). Основанием для такого утверждения служит факт глобальной дегазации Земли”.

**Г.** Б.Р. Кусов дает рекомендации и как искать и добывать сланцевый (рассеянный) газ [7, с. 91]: “Практика газовой съемки в различной модификации и с различными целями, а также наблюдения за газопроявлениями при осуществлении хозяйственной деятельности населением показывают, что на поверхности земли (почв, снежного покрова, в мелких, до нескольких метров, скважинах) проявления углеводородных газов, в основном метана, обусловлены диффузионным потоком из месторождений УВ и эффузионным – по разломам. Причем контрастность эффузионного потока по разломам многократно превышает контрастность диффузионного потока из месторождений, контуры которого, как правило, совпадают с контурами месторождений УВ. Кроме того, почти все площадные аномалии, связанные с месторождениями УВ, осложняются аномалиями за счет потоков по разломам. И в то же время все тектонически активные разломы, независимо от наличия или отсутствия вблизи них месторождений УВ, фиксируются контрастными аномалиями газа (метана). Это говорит о том, что насыщение пород земной коры газом от состояния рассеяния в сланцах, углях и т. д. до формирования месторождений с значительными запасами идет по этим разломам. Этот факт должен стать ключевым моментом в формировании идеологии поисков и добычи сланцевого, угольного (рассеянного) газа. Картирование разломов и газовая съемка с последующим бурением скважин в зонах разломов с интенсивным газовым потоком – вот комплекс работ, который может принципиально изменить ситуацию с добычей угольного и сланцевого (рассеянного) газа, а также решить вопрос опережающей дегазации угольных пластов до их вскрытия в шахтах. Скважины в зонах разломов будут работать дольше и с более высокими дебитами, чем даже горизонтальные скважины в слабопроницаемых пластах (сланцах, углях и т. д.)”.

В принципе, показанные на рис. 15 результаты полностью укладываются в сформулированные в приведенных выше цитатах представления их автора (Б.Р. Кусова) об условиях образования газа (УВ) и его (их) концентрации в скоплениях (даже промышленных) разного размера и на разных интервалах (глубинах) разреза.

Акцентируем также внимание на то, что с позиций глубинного происхождения УВ заслуживают также изучения с целью оценки перспектив нефтегазоносности и те регионы Англии, которые с позиций органической теории их образования считаются бесперспективными и в настоящее время в данном направлении детально не изучены.

К этому добавим, что с помощью мобильных методов “прямых” поисков перспективные для разбуривания объекты обнаружены авторами в пределах Украинского щита [12, 20, 23].

Можно также предположить, что ввиду отсутствия на обследованном участке в Англии мощного регионального флюидоупора (покрышки) крупные месторождения газа здесь не сформировались; значительная его часть по проницаемым для флюидов зонам ушла в атмосферу. Небольшие месторождения сформировались на участках локальных покрышек и в тектонически экранированных ловушках.

Такая же ситуация (характер аномальных зон) зафиксирована при проведении поисковых работ в Донбассе и Кузбассе.

**Д.** Принципиально важной представляется также позиция автора статьи об эффективности применения гидравлического разрыва пласта (ГРП) в коллекторах нетрадиционного типа [7, с. 90]: “... главной причиной является не столько низкая проницаемость угольных пластов, сколько отсутствие емкости для значительных (ожидаемых, желаемых) запасов газа в угольных пластах, и в этой части они идентичны сланцам. Короткие сроки работы (от нескольких месяцев до года) даже “удачных” скважин и неэффективность широко применяемого ГРП тому доказательство. Высокая эффективность ГРП в практике разработки нефтяных и газовых месторождений обусловлена значительными запасами газа или нефти в разрабатываемом пласте, главным образом, за счет высоких значений пластового давления и пористости, в отличие от сланцев и угольных пластов. И применяется, в основном, для восстановления (иногда для частичного увеличения) естественной проницаемости только прискважинной зоны пласта.

По этой причине применение ГРП и любых других методов воздействия на прискважинную зону в угольных пластах и сланцах, не имеющих высоких пластовых давлений и высокой пористости (пустотности), не могут обеспечить желаемых (рентабельных) дебитов в течение сколько-нибудь продолжительного времени”.

**Е.** Усиливают изложенное выше и основные выводы статьи [4, с. 117], автор которой констатирует следующее: “. при чрезвычайно низкой собственной газоносности газосланцевых толщ (от 1,2 до 10,5 м<sup>3</sup>/т), обусловленной их исчезающе низкой сорбционной емкостью, пористостью и проницаемостью в диапазоне «нанозначений» [37], любые попытки добычи «сланцевого газа», в соответствии с законами физики и подземной газодинамики, бесперспективны и могут приводить только к «нанорезультатам». Если же феномен резкого увеличения газодобычи в США все же имел место, то объяснить его представляется возможным только признанием:

- эксплуатации ранее законсервированных газовых месторождений из энергетического фонда страны, как это случилось с газовым месторождением Вудфорд, переведенным в последние годы в разряд «газосланцевых» месторождений (см. выше), эксплуатирующихся в основном с помощью наклонных и горизонтальных скважин с гидроразрывом вмещающих пород, что существенно повышает проницаемость и степень проточности глубинных газовых потоков;
- эксплуатации «газосланцевых» месторождений методом перехвата субвертикальных газовых потоков из глубоководных зон современного или недавнего, по геологическим меркам, нефтегазообразования в разрезе типичных нефтегазовых бассейнов США. В этом случае так называемые газосланцевые толщи играют роль относительно газоупорных (газоподпруживающих) покрышек на пути глубинных потоков углеводородов”.

Вполне логичны и обоснованы представления авторов статей о возможности получения коммерческих притоков газа из нетрадиционных коллекторов (угленосных пород, сланцев, плотных песчаников). И опять обратимся к рис. 15. В пределах обследованного участка с помощью “прямого” метода обнаружено и закартировано основное количество (обусловлено масштабом обработки) прогнозируемых скоплений нефти и газа, и притом во всем интервале разреза. Перспективные объекты меньших линейных размеров могут быть обнаружены при проведении детализационных работ. Вполне понятно, что только часть скоплений можно “привязать” к шахтным выработкам; достаточно много скоплений расположено ниже. (Конкретные глубины расположения отдельных залежей могут быть определены методом ВЭРЗ.) В случае реализации в пределах этого участка стратегии освоения прогнозируемых ресурсов со всего разреза (а не только шахтного метана) здесь могут быть получены при добыче объемы УВ промышленного (коммерческого) масштаба.

Приведенные выше две цитаты, в принципе, позволяют также объяснить отсутствие успехов по добыче газа из сланцев в Польше. Стратегия разбуривания только сланцев не позволяет получать коммерческие притоки газа, а приводит лишь к “нанорезультатам” (если разбуривание проводится за пределами зон “Sweet spots”)!

**З.** Заслуживает также внимания информация, приведенная в статье [3, с. 66]: “В целях оценки значимости каналов фильтрации в общем отборе нефти в условиях Западной Сибири были составлены графики распределения накопленных отборов нефти по скважинам по результатам разработки в наилучших поровых коллекторах



(Самотлорское месторождение) и трещинно-кавернозных коллекторах баженовской свиты (Салымское месторождение). Оба приводимых примера обеспечены большим объемом данных, в обоих случаях 40-летний период разработки, 6,5 тыс. и 80 скважин соответственно. Несмотря на существенные различия в генезисе и фильтрационно-емкостных свойствах (ФЕС) коллекторов, в приводимых примерах основная добыча осуществляется 20 % скважин.

По Самотлорскому месторождению приведена удельная добыча (добыча на 1 м эффективного нефтенасыщенного коллектора) в целях получения более точной характеристики свойств коллекторов. Попластовое различие заключается лишь в том, что в лучшем коллекторе (пласт АВ<sub>3</sub>) 20 % скважин отобрали 75 % накопленной добычи, в менее продуктивных пластах (ФЕС ниже) АВ<sub>4-5</sub> и АВ<sub>2-3</sub> эта же доля скважин отобрала 80 % нефти. В трещинно-кавернозных коллекторах баженовской свиты Салымского месторождения по результатам разработки 20 % скважин отобрали 85 % нефти. Таким образом, по результатам разработки независимо от типа коллектора выделяется «золотой фонд скважин», обеспечивший основной объем добычи».

Факты наличия скважин в пределах месторождений Западной Сибири с существенно повышенными («ураганными») значениями накопленной добычи УВ отмечались неоднократно авторами «геосолитонной» концепции образования УВ [1].

**Ж.** В наших последних документах и некоторых статьях [21, с. 371] отмечается: «В презентации [27, с. 14] со ссылкой на вице-президента компании «ДеГольер энд МакНотон» (Даллас, Техас, США) Кретиса Дженкинса приводится следующая цитата: «По данным на 2011 г., только 5 % скважин, добывающих сланцевый газ в США, являются рентабельными». В переписке с авторами статьи Е.В. Перлова сообщила следующее: «При обращении к лектору (Кретису Дженкинсу) с просьбой уточнить соотношение успешных и неуспешных скважин – было сказано, что из общего числа скважин, дающих сланцевый газ, только от 5–15 % скважин обеспечивают 85–95 % объемов добычи сланцевого газа. Из них лишь 5 % рентабельны по себестоимости добычи. На остальные 85–95 % скважин приходится соответственно от 5 до 15 % добычи».

К предыдущим двум цитатам целесообразно добавить такие комментарии.

а) все промышленные месторождения с коллекторами традиционного и нетрадиционного типов формируются, в основном, за счет вертикальной миграции флюидов по ослабленным (разломным) зонам в периоды их (разломных зон) активизации;

б) в слабопроницаемых коллекторах (угленосных породах, сланцах, плотных песчаниках) в результате внедрения напорных флюидов формируются локальные участки вторичных коллекторов с улучшенными свойствами, в пределах которых могут сформироваться месторождения УВ (в том числе промышленного масштаба);

в) приведенные цифры свидетельствуют, что в поровых коллекторах область распространения (проникновения) флюидов по площади (горизонтально) – наибольшая, в трещинно-кавернозных – меньше, а в сланцах – наименьшая; другими словами, область проникновения флюидов по площади определяется ФЕС коллекторов; этот вывод сделан по результатам анализа скважинных данных, он в полной мере подтверждается многочисленными результатами, полученными в результате использования «прямых» методов в различных регионах мира.

7. Целесообразно еще раз отметить, что успешность бурения поисковых скважин в целом невысокая. Приведем некоторые ссылки по этой проблеме.

Выше уже отмечалось о не совсем удачных результатах бурения на газ из сланцев в Польше [35]. Добавим, что информацию о результатах испытания скважины Lublewo LEP-1STIN можно получить на сайте компании-оператора [40]. В частности, после месяца испытаний такие сведения отсутствовали.

В информационном документе [34] сообщается, что оператор блока Барлад (Румыния) завершает работы на скважине в районе Pungesti, так и не добурив ее до проектной глубины 4000 м (пройдено около 3000 м). Причиной могут и быть мощные выступления общественности против проведения гидроразрывов пластов!

Две скважины, пробуренные на газ в плотных песчаниках в ДДВ также не дали результатов [22]. Оценка перспектив газоносности участков бурения этих скважин выполнена частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ [13, 14]. По полученным данным, одна скважина не добурена до продуктивных горизонтов (она также не пройдена до проектной глубины!), а другая расположена в неоптимальном месте – на краю (нулевой изоляции) аномальной зоны типа «залежь газа».

О существующих сложностях и проблемах, возникающих при освоении углеводородного потенциала в акваториях морей и океанов, свидетельствуют результаты бурения параметрических, поисковых и разведочных скважин. Некоторая информация по этой проблеме приведена в статье [24].

У авторов есть основания констатировать, что более активное и целенаправленное применение

“прямых” методов поисков и разведки скоплений УВ (методов, работающих в рамках “вещественной парадигмы” геофизических исследований) для уменьшения рисков бурения скважины может существенно повысить показатель успешности бурения.

**8.** На обследованной в Англии небольшой по линейным параметрам площади (см. рис. 15) обнаружено и закартировано относительно много аномальных зон типа “залежь газа” и “залежь нефти” различного размера и интенсивности. Их существенно больше, чем на обследованных поисковых площадях в районах распространения сланцевых формаций на территориях Украины, Польши и Румынии. Одна из причин указанного – обработка данных ДЗЗ на поисковой площади в Англии проводилась в более крупном масштабе.

**9.** Данные рис. 15, а также многочисленные другие материалы авторов свидетельствуют, что обнаруженные и закартированные аномальные зоны в большинстве случаев примыкают или расположены поблизости зон повышенной миграции подземных вод, дробления пород и разломов. Обычно аномальные зоны с относительно высокими пластовыми давлениями флюидов в коллекторах в зонах тектонических разломов непосредственно методом частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ не фиксируются. В частности, материалы частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ (аномальные зоны типа “залежь УВ”) по лицензионному блоку Ковенант (штат Юта, США) сопоставлены с данными геохимических аномалий. На этом участке интенсивные геохимические аномалии примыкают к аномалиям типа “залежь УВ”. Здесь же, в районе протяженной геохимической аномалии, пересекающей разлом, аномалия типа “залежь УВ” с высокими оценками значений пластового давления флюидов не обнаружена.

В целом, согласно результатам “прямых” методов, бурить поисковые скважины в разломных зонах (зонах повышенной флюидодинамики) непосредственно нецелесообразно.

**10.** Достаточно важным представляется и такой вопрос, как оценка ресурсов УВ, в том числе в сланцах. В этой связи заслуживают внимания предложения авторов статьи [38, с. 656]: “В случае так называемых непрерывных (рассеянных) ресурсов УВ бессмысленно оконтуривать их область распространения на ранней стадии разведки, так как всю площадь развития сланцевых пород (в интервале «газового окна», например) в этом случае можно считать потенциальным сланцевым плеем. Мы предлагаем определять сланцевый плей, как область типа «Sweet spot», которая обнаружена (выделена) многими скважинами и в которой можно спрогнозировать добычу УВ на протяжении достаточно длительного времени

(получить оценки потенциальных объемов добычи УВ)”.

С таким предложением (т. е. оценивать извлекаемые ресурсы газа только исключительно в пределах “Sweet spots” зон) трудно не согласиться. Однако тогда реальные оценки ресурсов могут оказаться намного меньше известных оценок! Тем не менее реальные оценки намного важнее, чем существенно завышенные!

Объективная оценка углеводородных ресурсов как в мировом масштабе, так и в отдельных регионах земного шара дает возможность мировому сообществу в целом (а также отдельным странам) более объективно планировать и проводить в жизнь долгосрочную энергетическую политику.

**11.** Для сторонников глубинного (мантийного) происхождения УВ проблема миграции флюидов имеет принципиальное значение. В частности, в публикации [32, с. 333] констатируется следующее: “Альтернативность и непримиримость биогенного и абиогенного учений о происхождении нефти (при всей надуманности высказываний о якобы происходящем их сближении) обусловлена фундаментальными отличиями взглядов на природу исходного углеводородного вещества (если согласно органическому учению нефть имеет биологическую основу и является «детисшем литогенеза», то согласно неорганическому учению нефть имеет минеральную основу и является детисшем мантийной дегазации) и на процессы формирования его промышленных скоплений, происходящих, согласно органическому учению, на основе латеральной миграции внутри линз осадочных бассейнов, а согласно неорганическому учению, – на основе вертикальной миграции из мантии Земли”.

К представленным результатам добавим следующее. В последнее время авторы с использованием мобильной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ [13–14, 17] оперативно выполнили оценку перспектив нефтегазоносности многих крупных блоков и лицензионных участков в разных регионах земного шара. В процессе проведения этих исследований обнаружено и закартировано более 250 аномальных зон типа “залежь УВ”. Все результаты свидетельствуют об исключительно вертикальной (субвертикальной) миграции флюидов, а следовательно, могут служить одним из доказательств их глубинного (мантийного) происхождения в рамках процесса глобальной дегазации Земли [2, 6–8, 30–32].

**12.** И, наконец, еще раз акцентируем внимание на важность проблемы выделения зон “Sweet spots” [2, 25]. По этому поводу в статье [25, с. 18] сделан вывод: “Выявление «Sweet spots» – по сути прямопоисковая задача”.

Проведенные демонстрационные исследования на поисковых площадях в Украине, Польше,

Румынии и Англии еще раз показали, что мобильная технология частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ (“прямой” метод поисков скоплений нефти и газа) позволяет оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны типа “залежь УВ” (проекции на земную поверхность скоплений нефти и газа в разрезе, более определенно), которые и являются зонами “Sweet spots” в угленосных бассейнах, а также в пределах распространения сланцевых (и не только) пород.

Оперативное обнаружение зон “Sweet spots” дает возможность существенным образом сократить как количество поисковых и разведочных скважин, так и количество гидроразрывов пласта, а значит, и вредное воздействие на окружающую среду.

В целом, есть основания констатировать, что более активное применение мобильных методов “прямых” поисков скоплений УВ в комплексе с традиционными геофизическими технологиями позволит значительно минимизировать экологические риски, связанные с освоением ресурсов нефти и газа в коллекторах нетрадиционного типа (угленосных породах, сланцах, плотных песчаниках). Эта проблема исключительно актуальна для европейских (и не только) стран!

**13.** Выше уже отмечалось, что в пределах обследованного участка в Аппалачском бассейне (США) аномальные зоны типа “shale gas” (см. рис. 16) выявлены и закартированы на резонансных частотах газа, значения которых несколько отличаются от традиционно используемых при обработке данных ДЗЗ с целью обнаружения скоплений газа. Однако такие значения резонансных частот не использовались при обработке и интерпретации данных ДЗЗ на поисковых участках и площадях в Украине, Польше, Румынии и Англии. В этой ситуации, что вполне закономерно, возник вопрос: будут ли регистрироваться аномальные отклики при таких значениях частот в пределах обследованных участков в этих странах? Возникла необходимость в проведении дополнительных экспериментальных исследований. Авторы не стали повторно обрабатывать спутниковые снимки всех ранее обследованных участков, а выбрали один – блок 28 (Lebork) на севере Польши (см. рис. 3).

В результате дополнительной обработки данных ДЗЗ блока 28 с использованием значений резонансных частот, на которых в США выявлены аномальные зоны типа “shale gas”, обнаружилось следующее.

**А.** Аномальные отклики (эффекты) на дополнительных частотах зафиксированы только в пределах двух аномальных зон с высоким пластовым давлением флюидов в коллекторах – 40,3 МПа: “Gas-Condensate-28-1” и “Gas-28-2” (см. рис. 4).

**Б.** В пределах аномальных зон “Gas-Shale-28-3” и “Gas-Shale-28-4” (рис. 4) с относительно низким пластовым давлением аномальные эффекты на этих частотах не проявились.

**В.** Аномальные отклики на рассматриваемых резонансных частотах не были зарегистрированы и в пределах всей остальной площади дополнительно обследованного участка.

Такие результаты позволяют констатировать следующее. В пределах ранее обследованных блоков в Украине, Польше, Румынии и Англии вероятность пропуска перспективных на обнаружение промышленных скоплений УВ объектов (аномальных зон), связанную с использованием не всего спектра резонансных частот газа, можно оценить как очень низкую.

**14.** К предыдущему добавим, что выбор авторами блока 28 (Lebork) на севере Польши для дополнительных исследований связан и с другим принципиально важным обстоятельством.

Так, на момент обработки данных ДЗЗ этого блока на его площади было закончено бурение скважины Lublewo LEP-1ST1H с горизонтальным стволом 1512 м. Приблизительное положение скважины показано на рис. 3. Однако на то время 20 этапов гидроразрыва пласта (по проекту), а также ее испытания не были проведены. Компания-оператор блока 3Legs Resources plc возлагала на эту скважину большие надежды [40]. Дело в том, что и в ранее пробуренных Компанией скважинах на участках 27 (Dannica), 28 (Lebork) и Karwia (рис. 3) промышленные (коммерческие) притоки газа не были получены.

Из сопоставления рис. 3 и 4 следует, что скважина Lublewo LEP-1ST1H расположена в безаномальной зоне. В связи с этим выше был сделан прогноз, что вероятность получения в ней промышленных (коммерческих) притоков УВ близка к нулю!

Информационные сообщения о дальнейших работах на скважине Lublewo LEP-1ST1H представлены на сайте Компании [40]. И, наконец, в сообщении от 17.09.2014 на этом же сайте [40] появились сведения о результатах испытаний скважины после проведения 25 этапов гидроразрыва пласта. К сожалению для Компании 3Legs Resources plc, сделанный выше прогноз авторов подтвердился. В частности, в сообщении констатируется:

- а) коммерческие притоки УВ за время проведенных испытаний (время указано в сообщении) в скважине Lublewo LEP-1ST1H не получены;
- б) анализ полученных данных специалистами и проведенное моделирование свидетельствуют, что вероятность увеличения притоков (до уровня коммерчески значимых) со временем близка к нулю;

в) в связи с отрицательными результатами бурения Компания намерена выйти из проекта освоения ресурсов сланцевого газа в пределах трех блоков 27 (Darnica), 28 (Lebork) и Karwia на севере Польши.

А жаль, в пределах этих блоков частотно-резонансным методом обработки и интерпретации данных ДЗЗ (“прямой” метод поисков скоплений УВ) обнаружено пять аномальных зон (объектов), перспективных на обнаружение скоплений УВ, из которых могут быть получены коммерческие притоки газа и газоконденсата (рис. 4). Еще две перспективные аномальные зоны выявлены за пределами блоков Компании 3Legs Resources plc. На локальных участках в районах обнаруженных аномальных зон детальные поисковые работы целесообразно продолжить, в том числе с использованием мобильных технологий “прямых” поисков и разведки скоплений нефти и газа!

**Заключение.** Выше представлены результаты исследований, которые не сопоставляются с имеющимися геолого-геофизическими материалами по обследованным площадям. Возможные пути формирования прогнозируемых скоплений УВ объясняются авторами с использованием положений и принципов, разработанных специалистами, стоящими на позициях глубинного (эндогенного) образования УВ. Окончательные “акценты” в статье не расставлены. Тем не менее, оценивая полученные материалы в целом, акцентируем внимание на некоторых принципиальных (для авторов) аспектах.

1. Можно смело утверждать, что результаты масштабных экспериментальных исследований в различных регионах Европы, выполненных в относительно короткое время, вносят определенную ясность в понимание проблемы поисков, изучения и разработки промышленных скоплений УВ в коллекторах нетрадиционного типа (в том числе в сланцах).
2. “Прямые” методы поисков и разведки полезных ископаемых (в том числе нефти и газа), разработанные на принципах “вещественной” парадигмы геофизических исследований, могут способствовать существенному ускорению процесса освоения в разных регионах мира углеводородных ресурсов в породах-коллекторах нетрадиционного типа (и традиционных).
3. При изучении и оценке перспектив нефтегазоносности областей (участков, блоков) распространения нетрадиционных коллекторов важно исследовать весь доступный для разбуривания разрез. Скопления УВ (в том числе в промышленных объемах) могут быть расположены (и обнаружены) как выше, так и ниже целевых горизонтов.
4. Оценки ресурсов УВ в сланцевых породах Центральной и Восточной Европы завышены.

5. Результаты исследований на поисковом блоке в Англии подтверждаются сведениями из статьи [39], а также материалами выполненных авторами дополнительных исследований в районе распространения известных сланцевых плеев Marcellus и Utica.

1. *Бембель Р.М.* Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов / Р.М. Бембель, В.М. Мегеря, С.Р. Бембель. – Тюмень: Вектор Бук, 2003. – 344 с.
2. *Валяев Б.М.* Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений / Б.М. Валяев // Газовая промышленность. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. – (Приложение к журналу). – 2012. – С. 9–16.
3. *Глухманчук Е.Д.* Трещинно-блоковая структура месторождений как основная причина низкой эффективности геолого-гидродинамических моделей / Е.Д. Глухманчук, В.В. Крупицкий, А.В. Леонтьевский // Недропользование XXI век. – 2014. – № 3. – С. 64–67.
4. *Кудельский А.В.* Геолого-геохимическая несостоятельность газсланцевого бума / А.В. Кудельский // Геофизический журнал. – 2014. – Т. 36, № 1. – С. 105–118.
5. *Ковалев Н.И.* Опыт практического использования аппаратуры комплекса “Поиск” для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений / Н.И. Ковалев, В.А. Гох, П.Н. Ивашенко, С.В. Солдатов // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 46–51.
6. *Кусов Б.Р.* Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (От метана до алмаза): Монография. Издание второе, дополненное / Б.Р. Кусов. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011. – 195 с.
7. *Кусов Б.Р.* Газ (метан) природный, нефтяной, угольный, сланцевый – что все это? / Б. Р. Кусов // Недропользование XXI век. – 2014. – № 3. – С. 88–91.
8. *Кусов Б.Р.* О некоторых долгоживущих, но в корне ошибочных догмах в геологии / Б.Р. Кусов // Вестник Владикавказского научного центра. – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 35–42.
9. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
10. *Левашов С.П.* Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Р.В. Дегтярь, Д.Н. Божежа // Геофизика. ЕАГО. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
11. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
12. *Левашов С.П.* О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.В. Разин, А.Т. Юзленко // Геоинформатика. – 2010. – № 1. – С. 22–32.

13. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоинформатика*. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
14. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоинформатика*. – 2011. – № 2. – С. 19–35.
15. *Левашов С.П.* Возможности мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скоплений метана в угольных бассейнах и других нетрадиционных горючих ископаемых / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоинформатика*. – 2011. – № 3. – С. 5–25.
16. *Левашов С.П.* Использование мобильных геофизических технологий для оценки перспектив нефтегазоносности крупных блоков и глубинных горизонтов разреза (Прикаспийская впадина, Республика Казахстан) / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоинформатика*. – 2012. – № 4 (44). – С. 5–18.
17. *Левашов С.П.* Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геофизический журнал*. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
18. *Левашов С.П.* О возможности обнаружения скоплений газа в плотных песчаниках мобильными геофизическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, И.С. Пидлисна // *Геодинамика*. – 2013. – № 2 (15). – С. 210–212.
19. *Левашов С.П.* Опыт применения мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скоплений углеводородов в коллекторах нетрадиционного типа / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геолог Украины*. – 2013. – № 3 (43). – С. 141–147.
20. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: опыт применения для поисков залежей углеводородов в кристаллических породах [Электронный ресурс] / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Электрон. журн. “Глубинная нефть”*. – 2013. – Т. 1, № 8. – С. 1117–1141. Режим доступа: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3\\_Levashov-Iakimchuk-Korchagin\\_1-8-2013.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf)
21. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: о возможности их применения для поисков скоплений углеводородов в районах распространения отложений баженовской свиты [Электронный ресурс] / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, И.С. Пидлисна // *Электрон. журн. “Глубинная нефть”*. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 341–382. Режим доступа: URL: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-2-2014/3\\_Levashov-Yakimchuk-Korchagin-Bozhezha-Pydlynska\\_2-3-2014.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-2-2014/3_Levashov-Yakimchuk-Korchagin-Bozhezha-Pydlynska_2-3-2014.pdf)
22. *Левашов С.П.* Оценка перспектив газоносности плотных песчаников на участках бурения глубоких скважин в Днепровско-Донецкой впадине [Электронный ресурс] / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, В.В. Прилуков, И.С. Пидлисна // *Геоинформатика: теоретические и прикладные аспек-*ты: XIII Междунар. конф., 12–15 мая 2014 г. : тезисы докл. – К.: ВАГ, 2014. – 6101. – 6 с. – CD-ROM. – Режим доступа: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=74973>
23. *Левашов С.П.* Результаты детальных геофизических исследований с целью поисков скоплений углеводородов в пределах Украинского щита / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, Д.Р. Шуст // *Геоинформатика*. – 2014. – № 2 (50). – С. 5–21.
24. *Левашов С.П.* Новые результаты рекогносцировочных исследований в Баренцевом море с целью поисков скоплений углеводородов методом частотно-резонансной обработки данных Д33 / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // *Геоинформатика*. – 2014. – № 3(51). – С. 21–32.
25. *Лукин А.Е.* Геофизические методы и проблема выявления нетрадиционных источников природного газа / А.Е. Лукин // *Геол. журн.* – 2014. – № 1. – С. 7–22.
26. *Лукин А.Е.* Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине / А.Е. Лукин // *Геофизический журнал*. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 3–23.
27. *Перлова Е.В.* Коммерчески значимые нетрадиционные источники газа: мировой опыт освоения и перспективы для России (презентация). – 2011. – Режим доступа: [www.nota.potext.ru/tw\\_files2/urls\\_9/111/d-110408/7z-docs/7.pdf](http://www.nota.potext.ru/tw_files2/urls_9/111/d-110408/7z-docs/7.pdf)
28. *Попеску Б.* Восточно-Европейский регион – будущий центр добычи нетрадиционных ресурсов углеводородов? Перспективы Румынии? / Б. Попеску, С. Велициу, Э. Ранет // *Материалы докл. науч.-практ. конф. “Нефтегазовая геофизика – нетрадиционные ресурсы”*, Ивано-Франковск, 20–24 мая 2013 г. – Ив.-Франковск, 2013. – С. 30–32.
29. *Ростовцев В.В.* К большой нефти России / В.В. Ростовцев, В.В. Лайнвебер, В.Н. Ростовцев // *Геоматика*. – 2011. – № 1. – С. 60–62.
30. *Тимурзиев А.И.* К созданию новой парадигмы нефтегазовой геологии на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазонакопления / А.И. Тимурзиев // *Геофизика*. – 2007. – № 4. – С. 49–60.
31. *Тимурзиев А.И.* Закономерности пространственно-стратиграфического распределения залежей нефти и газа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на основе представлений об их глубинном генезисе, молодом возрасте и новейшем времени формирования [Электронный ресурс] / А.И. Тимурзиев // *Электрон. журн. “Глубинная нефть”*. – 2013. – Т. 1, № 11. – С. 1720–1760. – Режим доступа: URL: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5\\_Timurziev\\_1-11-2013.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziev_1-11-2013.pdf)
32. *Тимурзиев А.И.* Мантийные очаги генерации углеводородов: геолого-физические признаки и прогнозно-поисковые критерии картирования; закономерности нефтегазоносности недр как отражение разгрузки в земной коре мантийных УВ-систем // *Природные физико-химические условия и процессы преобразования и мобилизации мантийных C-H-N-O-S систем в углеводороды нефтяного ряда. Исходное вещество и очаги генерации, механизм и каналы вертикальной миграции глубинной нефти* // 2-е Кудрявцевские чтения.

- Матеріали Всерос. конф. по глибокому генезису нафти. – М.: ЦГЭ, 2013. – С. 333–379.
33. Шуман В.Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива / В.Н. Шуман, С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
  34. Chevron pulls out from Pungesti earlier than expected. [Electronic resource] // Mode of access: <http://frackoffromania.wordpress.com/2014/07/09/chevron-pulls-out-from-pungesti-earlier-than-expected/>
  35. Eni is Said to Abandon Polish Shale Aspirations [Electronic resource] // Mode of access: [http://www.nytimes.com/2014/01/15/business/international/eni-is-said-to-abandon-polish-shale-aspirations.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/01/15/business/international/eni-is-said-to-abandon-polish-shale-aspirations.html?_r=0)
  36. Feather K. The rapid adoption of seabed logging / Ken Feather // Scandinavian Oil and Gas Magazine. – 2007. – No. 5/6. – P. 37–38. [Electronic resource] // Mode of access: [http://www.emgs.com/\\_assets/documents/ScandinavianOilandGas0607therapidadoptionofseabedlogging.pdf](http://www.emgs.com/_assets/documents/ScandinavianOilandGas0607therapidadoptionofseabedlogging.pdf)
  37. Katahara K. What is shale to a petrophysicist? / K. Katahara // The Leading Edge. – 2008. – V. 27. – P. 738–741.
  38. Kiersnowski H. Ordovician-Silurian shale gas resources potential in Poland: evaluation of Gas Resources Assessment Reports published to date and expected improvements for 2014 forthcoming Assessment / Hubert Kiersnowski, Ireneusz Dyrka // Przegląd Geologiczny. – 2013. – V. 61, No. 11/1. – P. 639–656.
  39. Snyder H. A multi-physics approach to near-surface characterization over the Marcellus shale / Horace Snyder, Craig Beasley, Chris Friedemann and Carl Kincheloe // First Break. – 2014. – V. 32, No. 8. – P. 99–104.
  40. [Electronic resource] // Mode of access. – 2014. – <http://www.3legsresources.com>
  41. Zdanavičiūtė O. Perspectives of oil field exploration in Middle Cambrian sandstones of Western Lithuania / O. Zdanavičiūtė // Geologija. – 2005. – No. 51. – P. 10–18.

### МОБІЛЬНІ ГЕОФІЗИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПОШУКІВ СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ У РАЙОНАХ ПОШИРЕННЯ СЛАНЦІВ У СХІДНІЙ ЄВРОПІ

С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, М.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, І.М. Корчагин<sup>3</sup>, Д.М. Божежа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем екології, геофізики та геохімії, Лабораторний пров., 1, Київ 01133, Україна

<sup>2</sup>Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України, Лабораторний пров., 1, Київ 01133, Україна

<sup>3</sup>Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: [korchagin@karbon.com.ua](mailto:korchagin@karbon.com.ua)

Проаналізовано результати експериментального застосування технології частотно-резонансної обробки та декодування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для виявлення та картування в зонах поширення сланцевих порід локальних ділянок скупчення підвищених концентрацій вуглеводнів (нафти, газу, газоконденсату). З використанням цієї мобільної та оперативної технології оброблено супутникові знімки великих пошукових ділянок і блоків на територіях поширення сланцевих комплексів в Україні, Польщі, Румунії, Литві та Англії. В межах обстежених ділянок виявлено та закартовано аномальні зони типу “поклад газу” (“поклад газу, нафти”). За параметрами багатьох аномальних зон (площею та максимальним значенням оцінок пластового тиску флюїдів у колекторах) можна вважати їх локальними ділянками для першочергового детального вивчення геофізичними методами та бурінням. По суті це зони “Sweet spots”. Початок освоєння вуглеводневого потенціалу на обстежених площах з виявлених аномальних зон дасть змогу істотно зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище. Встановлено, що прогнозовані продуктивні горизонти можуть розміщуватися як вище, так і нижче сланцевих комплексів, тому під час пошуків скупчень ВВ у межах поширення сланцевих порід доцільно вивчати практично увесь (доступний для буріння) інтервал розрізу. Відповідно до результатів експериментів, за допомогою апробованої мобільної технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних ДЗЗ можна оперативно виявляти та картувати зони “Sweet spots” у межах поширення сланцевих порід.

**Ключові слова:** мобільна технологія, аномалія типу поклад, нафта, газ, газоконденсат, сланці, вугленосні породи, розломна зона, супутникові дані, прямі пошуки, обробка даних ДЗЗ, інтерпретація.

# MOBILE GEOPHYSICAL TECHNOLOGIES: EXPERIMENTAL STUDY OF POSSIBILITY OF APPLICATION FOR HYDROCARBON ACCUMULATIONS PROSPECTING WITHIN AREAS OF SHALE SPREADING IN EASTERN EUROPE

S.P. Levashov<sup>1,2</sup>, N.A. Yakymchuk<sup>1,2</sup>, I.N. Korchagin<sup>3</sup>, D.N. Bozhezha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Laboratory lane, 1, Kyiv 01133, Ukraine*

<sup>2</sup>*Management and Marketing Center of Institute of Geological Science NAS Ukraine, Laboratory lane, 1, Kyiv 01133, Ukraine*

<sup>3</sup>*Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Palladin Ave., 32, Kiev 03680, Ukraine, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

**Purpose.** Exploring the possibility of mobile and operational geophysical technologies using for the detection and mapping within the shale spreading areas of local areas with increased concentrations of hydrocarbon accumulations (oil, gas and gas condensate), within which the industrial (commercial) inflows of hydrocarbons can be obtained from boreholes. Experimental studies conducting within shale complexes spreading in Ukraine, Poland, Romania, Lithuania and England.

**Design/methodology/approach.** Experiments were carried out with the mobile technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data using, which is the “direct” method of oil and gas exploration and operates within the “substantial” paradigm of geophysical investigations [17]. The technologies and methods, developed on the principles of this paradigm, are aimed at the searching a particular (desired in each case) substance – oil, gas, condensate, gold, zinc, uranium, etc.

**Findings.** The anomalous zones of the “reservoir of gas” (“gas, oil”) type were detected and mapped within the surveyed license blocks. Parameters of many anomalous zones (areas and maximum estimates of fluid pressure in the reservoirs) allow us to classify them as promising objects, the probability of industrial (commercial) HC inflows from which is relatively high. The observed anomalies should be considered as priority local areas for detailed study by geophysical methods and drilling. This is essentially the “Sweet spots” zones. The received estimates of maximum values of reservoir pressure within the observed anomalous zones vary in a fairly wide range. This indicates that the projected productive horizons can be located both above and below the shale complexes. Therefore, the practically all (available for drilling) interval of the cross-section should be studied, when for the hydrocarbon accumulations prospecting within areas of shale spreading. Anomalous zones with very low values of fluid pressure in the reservoirs should not be considered as priority targets for detailed study.

**Practical value/implications.** The development of the surveyed license blocks starting from detected anomalous zones will allow, in general, significantly reduce the harmful effects (ecological pressure) on the environment. Mobile technology of frequency-resonance processing and interpretation (decoding) of remote sensing data allows to detect and map operatively the “Sweet spots” zones within the shale and other unconventional reservoirs spreading.

**Keywords:** mobile technology, anomaly of deposit type, oil, gas, gas-condensate, shale, coal-bearing rocks, fault zone, satellite data, direct prospecting, processing of remote sensing data, interpretation.

## References

1. Bembel R.M., Megerya V.M., Bembel S.R. *Geosolitonny: funktsional'naya sistema Zemli, kontseptsiya razvedki i razrabotki mestorozhdeniy uglevodorodov* [Geosolitonny: functional system of the Earth, the concept of exploration and exploitation of hydrocarbons]. Tyumen': Vektor Buk, 2003, 344 p.
2. Valyaev B.M. *Priroda i osobennosti prostranstvennogo rasprostraneniya netraditsionnykh resursov uglevodorodov i ih skoplenij* [Nature and characteristics of the spatial distribution of unconventional hydrocarbon resources and their accumulations]. *Gazovaya promyshlennost', Netraditsionnye resursy nefi i gaza - prilozhenie k zhurnalu* [Gas industry, Unconventional oil and gas resources - supplement to the journal], 2012, pp. 9-16.
3. Gluhmanchuk E.D., Krupizkyi V.V., Leontyevskiy A.V. *Treshhinno-blokovaya struktura mestorozhdenij kak osnovnaya prichina nizkoj jeffektivnosti geologo-gidrodinamicheskikh modelej* [Fracture-block structure of deposits as the main reason of low efficiency of geological and hydrodynamic models]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Nedropolzovanie XXI century], 2014, no. 3, pp. 64-67.
4. Kudelsky A.V. *Geologo-geokhimicheskaya nesostoyatel'nost' gazoslantsevogo buma* [Geological-geochemical inconsistency of gas-shale boom]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2014, vol. 36, no. 1, pp. 105-118.
5. Kovalev N.I., Gokh V.A., Ivashchenko P.N., Soldatova S.V. *Opyt prakticheskogo ispol'zovaniya apparatury kompleksa "Poisk" dlya obnaruzheniya i okonturivaniya uglevodorodnykh mestorozhdenij* [Experience in the practical use of the “Poisk” equipment complex to detect and delineate hydrocarbon deposits]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no. 4, pp. 46-51.
6. Kusov B.R. *Genezis nekotorykh uglerodsoderzhashchikh poleznykh iskopaemykh (Ot metana do almaza): Monografiya. Izdanie vtoroe, dopolnennoe* [Genesis some carbonaceous minerals (From methane to diamond): Monograph. Second edition, expanded]. *Vladikavkaz: IPO SOIGSI*, 2011, 195 p.
7. Kusov B.R. *Gaz (metan) prirodnyj, nefijanoj, ugol'nyj, slancevyj - chto vse jeto?* [Gas (methane) natural, oil-associated gas, coal gas, shale gas - what it all?]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Nedropolzovanie XXI century], 2014, no. 3, pp. 88-91.

8. Kusov B.R. *O nekotoryh dolgozhivushhih, no v korne oshibochnyh dogmah v geologii* [About some long-lived, but fundamentally erroneous dogma in geology]. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra* [Bulletin of Vladikavkaz Scientific Centre], 2014, vol. 14, no. 2, pp. 35-42.
9. Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. *Elektrorezonansnoe zondirovanie i ego ispol'zovanie dlya resheniya zadach ekologii i inzhenernoy geologii* [Electric-resonance sounding method and its application for solving the environmental and engineering geology problems]. *Geologicheskij zhurnal* [Geological journal], 2003, no. 4, pp. 24-28.
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Degtyar R.V., Bozhezha D.N. *Obnaruzhenie i kartirovanie geoelektricheskimi metodami zon povyshennogo gazonasyscheniya na ugol'nykh shakhtakh* [Detection and mapping by geoelectric methods of zones with high gas saturation on the coal mines]. *Geofizika, EAGO* [Geophysics, EAGO], 2006, no. 2, pp. 58-63.
11. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ekspress-tehnologiya "pryamykh" poiskov i razvedki skopleniy uglevodorodov geoelektricheskimi metodami: rezul'taty prakticheskogo primeneniya v 2001-2005 gg.* [Express technology of "direct" prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001-2005]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2006, no. 1, pp. 31-43.
12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Razin D.V., Yuzlenko A.T. *O vozmozhnosti kartirovaniya geoelektricheskimi metodami skopleniy uglevodorodov v kristallicheskikh porodakh* [On the possibility of hydrocarbons accumulations mapping in crystalline rocks by geoelectric methods]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no. 1, pp. 22-32.
13. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Novye vozmozhnosti operativnoj ocenki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshhadej, trudnodostupnyh i udalennyh territorij, licenzionnykh blokov* [New opportunities for rapid assessment of the hydrocarbon potential of exploration areas, difficult of access and remote areas, and license blocks]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no. 3, pp. 22-43.
14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ocenka odnositel'nyh znachenij plastovogo davlenija fljuidov v kollektorah: rezul'taty provedennykh jeksperimentov i perspektivy prakticheskogo primeneniya* [Evaluation of the relative values of fluid pressure in the reservoir: results of experiments and practical perspective]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2011, no. 2, pp. 19-35.
15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Vozmozhnosti mobil'nyh geofizicheskikh tehnologij pri poiskah i razvedke skoplenij metana v ugol'nyh bassejnah i drugih netradicionnyh gorjuchih iskopaemyh* [Capabilities of mobile geophysical technologies during methane accumulations prospecting in coal basins and other unconventional fossil fuels]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2011, no. 3, pp. 5-25.
16. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ispol'zovanie mobil'nyh geofizicheskikh tehnologij dlja ocenki perspektiv neftegazonosnosti krupnykh blokov i glubinykh gorizontov razreza (Prikaspijskaja vpadina, Respublika Kazahstan)* [The use of mobile technologies for geophysical evaluation of petroleum potential of large blocks and cut deep horizons (Caspian Basin, Kazakhstan)]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2012, no. 4 (44), pp. 5-18.
17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij* [Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: a new paradigm of Geophysical Research]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2012, vol. 34, no. 4, pp. 167-176.
18. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pidlisna I.S. *O vozmozhnosti obnaruzhenija skoplenij gaza v plotnyh peschanikah mobil'nymi geofizicheskimi metodami* [On the possibility of gas accumulations detecting in tight sands by mobile geophysical methods]. *Geodinamika* [Geodynamics (Ukraine)], 2013, no. 2 (15), pp. 210-212.
19. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Opyt primeneniya mobil'nyh geofizicheskikh tehnologij pri poiskah i razvedke skoplenij uglevodorodov v kollektorah netradicionnogo tipa* [Experience of the mobile geophysical technologies application during the hydrocarbon accumulations prospecting in unconventional reservoirs]. *Geolog Ukrainy* [Ukrainian Geologist], 2013, no. 3 (43), pp. 141-147.
20. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: opyt primeneniya dlja poiskov zalezhej uglevodorodov v kristallicheskikh porodah* [Mobile geophysical technologies: experience of the application for the hydrocarbons prospecting in crystalline rocks]. *Jelektronnyj zhurnal "Glubinnaja nef't"* [Electronic Journal "Deep oil"], 2013, vol. 1, no. 8, pp. 1117-1141. Available at: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3\\_Levashov-Iakimchuk-Korchagin\\_1-8-2013.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf)
21. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pidlisna I.S. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: o vozmozhnosti ih primeneniya dlja poiskov skoplenij uglevodorodov v rajonah rasprostraneniya otlozhenij bazhenovskoj svity* [Mobile geophysical technologies: about the possibility of application for hydrocarbon accumulations prospecting in areas of Bazhen formation spreading]. *Jelektronnyj zhurnal "Glubinnaja nef't"* [Electronic Journal "Deep oil"], 2014, vol. 2, no. 3, pp. 341-382. Available at: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-2-2014/3\\_Levashov-Yakymchuk-Korchagin-Bozhezha-Pydlynsna\\_2-3-2014.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-2-2014/3_Levashov-Yakymchuk-Korchagin-Bozhezha-Pydlynsna_2-3-2014.pdf)
22. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N., Prilukov V.V., Pidlisna I.S. *Ocenka perspektiv gazonosnosti plotnyh peschanikov na uchastkah burenija glubokih skvazhin v Dneprovsko-Donckoj vpadine* [Assessment of the prospects of tight sandstone gas-bearing within areas of deep wells drilling in Dnieper-Donetsk basin]. *Geoinformatika: teoreticheskie i prikladnye aspekty: XIII Mezhdunarodnaja konferencija, 12-15 maja 2014 g.: tezisy dokl.* [Geoinformatics: Theoretical and applied aspects: XIII International Conference, May 12-15, 2014 : Abstracts] Kyiv, VAG, 2014, 6101, 6 p. Available at: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=74973>
23. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N., Shust D.R. *Rezul'taty detal'nyh geofizicheskikh issledovanij s cel'ju poiskov skoplenij uglevodorodov v predelah Ukrain'skogo shhita* [Results of detailed geophysical investigations for the hydrocarbons accumulations exploration within Ukrainian crystalline shield]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2014, no. 2(50), pp. 5-21.



24. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Novye rezul'taty rekognoscirovochnyh issledovanij v Barecevom more s cel'ju poiskov skoplenij uglevodorodov metodom chastotno-rezonansnoj obrabotki dannyh DZZ* [New results of reconnaissance investigation in Barents sea for hydrocarbon accumulations prospecting by method of frequency resonance processing of remote sensing data]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2014, no. 3(51), pp. 21-32.
25. Lukin A.E. *Geofizicheskie metody i problema vyjavenija netradicionnyh istochnikov prirodnoho gaza* [Geophysical methods and the problem of identifying non-traditional sources of natural gas]. *Geologicheskij zhurnal* [Geological journal], 2014, no. 1, pp. 7-22.
26. Lukin A.E. *Uglevodorodnyj potencial bol'shij glubin i perspektivy ego osvoenija v Ukraine* [Hydrocarbon potential of the great depths and perspectives of its development in Ukraine]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2014, vol. 36, no. 4, pp. 3-23.
27. Perlova E.V. *Kommercheski znachimye netradicionnye istochniki gaza: mirovoj opyt osvoenija i perspektivy dlja Rossii (prezentacija)*. [Commercially significant unconventional gas sources: international experience and prospects for the development of Russia (presentation)]. 2011. Available at: [http://www.nota.potext.ru/tw\\_files2/urls\\_9/111/d-110408/7z-docs/7.pdf](http://www.nota.potext.ru/tw_files2/urls_9/111/d-110408/7z-docs/7.pdf)
28. Popescu B., Veliciu S., Ranete E. *Vostochno-Evropskij region - budushhij centr dobychi netradicionnyh resursov uglevodorodov? Perspektivy Rumynii?* [The Eastern Europe - a future core for unconventional? - the Romanian perspective]. *Materiale dokladov nauchno-prakticheskoi konferencii "Neftegazovaja geofizika - netradicionnye resursy", Ivano-Frankovsk, 20-24 maja 2013 g.*, [Proceedings of the scientific-practical conference "Oil and geophysics - unconventional resources", 20-24 May 2013]. Ivano-Frankovsk, 2013, pp. 30-32.
29. Rostovtsev V.V., Laynveber V.V., Rostovtsev V.N. *K bol'shoj nefti Rossii* [To large Russian oil]. *Geomatika* [Geomatics], 2011, no. 1, pp. 60-62.
30. Timurziyev A.I. *K sozdaniju novej paradigmy neftegazovoj geologii na osnove glubinno-filtracionnoj modeli neftegazoobrazovanija i neftegazonakoplenija* [Towards a new paradigm of Petroleum Geology based on the depth-filtration model of oil and gas origin and accumulation]. *Geofizika* [Geophysics (Russia)], 2007, no. 4, pp. 49-60.
31. Timurziyev A.I. *Zakonomernosti prostranstvenno-stratigraficheskogo raspredelenija zalezhej nefti i gaza Zapadno-Sibirskoj neftegazonosnoj provincii na osnove predstavlenij ob ih glubinnom genezise, molodom vozraste i novejschem vremeni formirovanija* [Laws of spatially-stratigraphic allocation of oil and gas accumulations within the West-Siberian oil-and-gas bearing province on the basis of submissions about their deep origin and the young age and middle-late neogene time of formation]. *Jelektronnyj zhurnal "Glubinnaja neft'"* [Electronic Journal "Deep oil"], 2013, vol. 1, no. 11, pp. 1720-1760. Available at: [http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5\\_Timurziyev\\_1-11-2013.pdf](http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziyev_1-11-2013.pdf)
32. Timurziyev A.I. *Mantijnye ochagi generacii uglevodorodov: geologo-fizicheskie priznaki i prognozno-poiskovye kriterii kartirovanija; zakonomernosti neftegazonosnosti neдр kak otrazhenie razgruzki v zemnoj kore mantijnyh UV-sistem* [Mantle pockets of hydrocarbon generation: geological and physical characteristics and prognostic search criteria mapping; patterns of subsurface oil and gas potential as a reflection of unloading in the crust of mantle hydrocarbon systems]. *2-e Kudryavtsevskie Chtenija. Materialy Vserossijskoj konferencii po glubinnomu genezisu nefti i gaza. Moscow, CGJe, 2013* [2nd Kudryavtsevkiye Reading. All-Russian Conference on the genesis of deep oil and gas. Moscow, CGE, 2013], pp. 333-379.
33. Shuman V.N., Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Radiovolnovye zondiruyushchie sistemy: elementy teorii, sostoyanie i perspektiva* [Radio Wave Sounding Systems: Theoretical Postulates, State, Prospect]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2008, no. 2, pp. 22-50.
34. Chevron pulls out from Pungesti earlier than expected. Available at: <http://frackoffromania.wordpress.com/2014/07/09/chevron-pulls-out-from-pungesti-earlier-than-expected/>
35. Eni Is Said to Abandon Polish Shale Aspirations. Available at: [http://www.nytimes.com/2014/01/15/business/international/eni-is-said-to-abandon-polish-shale-aspirations.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/01/15/business/international/eni-is-said-to-abandon-polish-shale-aspirations.html?_r=0)
36. Feather K. The rapid adoption of seabed logging. *Scandinavian Oil and Gas Magazine*, 2007, no. 5/6, pp. 37-38. Available at: [http://www.emgs.com/\\_assets/documents/ScandinavianOilandGas0607therapidadoptionofseabedlogging.pdf](http://www.emgs.com/_assets/documents/ScandinavianOilandGas0607therapidadoptionofseabedlogging.pdf)
37. Katahara K. What is shale to a petrophysicist? *The Leading Edge*, 2008, vol. 27, pp. 738-741.
38. Kiersnowski H., Dyrka I. Ordovician-Silurian shale gas resources potential in Poland: evaluation of Gas Resources Assessment Reports published to date and expected improvements for 2014 forthcoming Assessment. *Przegląd Geologiczny*, 2013, vol. 61, no. 11/1, pp. 639-656.
39. Snyder H., Beasley C., Friedemann C., Kincheloe C. A multi-physics approach to near-surface characterization over the Marcellus shale. *First Break*, 2014, vol. 32, issue 8, pp. 99-104.
40. Mode of access, 2014, <http://www.3legsresources.com>
41. Zdanavičiūtė O. Perspectives of oil field exploration in Middle Cambrian sandstones of Western Lithuania. *Geologija*, 2005, no. 51, pp. 10-18.

*Поступила в редакцию 24.09.2014 г.  
Received 24/09/2014*