УДК 550.8:553.98

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОПОИСКОВЫХ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

THE FEASIBILITY OF DIRECT-PROSPECTING MOBILE TECHNOLOGIES APPLICATION FOR THE GEOLOGICAL EXPLORATION PROCESS FOR OIL AND GAS ACCELERATION AND OPTIMIZATION

Левашов Сергей Петрович
кандидат физико-математических наук,
заместитель директора,
Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, г. Киев, Украина
geoprom@ukr.net

Якимчук Николай Андреевич
член-корреспондент НАН Украины,
доктор физико-математических наук, профессор, директор,
Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, г. Киев, Украина
yakymchuk@gmail.com

Корчагин Игнат Николаевич
доктор физико-математических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник,
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
г. Киев, Украина
korchagin.i.n@gmail.com

Божежа Дмитрий Николаевич
научный сотрудник
Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, г. Киев, Украина
bozhezha@gmail.com

Аннотация. Анализируются результаты апробации и практического применения мобильной прямопоисковой технологии поисков и разведки скоплений углеводородов (УВ), включающей частотно-резонансный метод обработки и декодирования данных ДЗЗ, а также наземные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ). Мобильные методы разработаны на принципах вещественной парадигмы геофизических исследований, сущность которой заключается в «прямых» поисках искомого в каждом конкретном случае вещества – нефти, газа, золота, урана, воды (минеральной, питьевой, геотермальной), и т.д. Отдельные методы прямопоисковой технологии могут использоваться на различных этапах поисковых работ – рекогносцировочном (оценка перспектив нефтегазоносности крупных поисковых блоков), детализационном (оценка прогнозируемых ресурсов нефти и газа в пределах отдельных, обнаруженных на рекогносцировочном этапе аномальных зон), полевом (наземные полевые исследования геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ с целью уточнения прогнозируемых ресурсов нефти и газа и выбора оптимальных мест заложения поисковых и разведочных скважин). Детально описаны особенности и объемы дополни-

Levashov Sergey Petrovich
PhD (Phys.-Math.), Deputy Director,
Institute of Environment-Related Problems,
Geophysics, and Geochemistry,
Kiev, Ukraine
geoprom@ukr.net

Yakimchuk Nikolay Andreevich
Prof., Corresponding Member of
National Academy of Sciences of
Ukraine, Director,
Institute of Environment-Related Problems,
Geophysics, and Geochemistry,
Kiev, Ukraine
yakymchuk@gmail.com

Korchagin Ignat Nikolaevich
Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof., Leading
Research Assistant, Subbotin Institute of
Geophysics,
National Academy of Sciences of
Ukraine, Kiev, Ukraine
korchagin.i.n@gmail.com

Bozhezha Dmitry Nikolaevich
Research Assistant,
Institute of Environment-Related Problems,
Geophysics, and Geochemistry,
Kiev, Ukraine
bozhezha@gmail.com

Annotation. The results of testing and practical application of mobile direct-prospecting technology of oil and gas accumulations prospecting and exploration are analyzed. The used technology includes the frequency-resonance method of remote sensing data processing and decoding and ground-based geoelectric methods of forming the short-pulsed electromagnetic field (FSPEMF) and vertical electric-resonance sounding (VERS). Mobile methods are developed on the principles of «substance» paradigm of geophysical research, the essence of which lies in «direct» searching for the desired in each case substance – oil, gas, gold, uranium, water (mineral, drinking, geothermal), etc. Some methods of direct-prospecting technology can be used at various stages of prospecting operations – reconnaissance (assessment of petroleum potential of major prospecting blocks), detailing (assessment of prognosis oil and gas resources within the individual anomalous zones, detected at the reconnaissance stage), field works (ground-based field studies by the geoelectric methods FSPEMF and VERS for the prognosis oil and gas resources clarifying and the choice of optimal locations for exploration wells laying). The

тельной информации, которая может быть получена на различных этапах поисковых работ с использованием мобильной технологии.
Работоспособность технологии демонстрируется результатами ее применения в пределах крупных поисковых блоков и локальных участков в Узбекистане, Казахстане, Тунисе, Англии, Украине, западной Африке, Средиземном и Каспийском морях. На локальном участке в Карпатах продемонстрирована целесообразность обработки данных ДЗЗ в крупном масштабе. Обнаруженные аномальные зоны являются, по сути, проекциями на дневную поверхность контуров скоплений УВ в разрезе. Эта информация может использоваться для приближенной оценки ресурсов УВ в пределах обследованных участков и структур. Начало освоения обследованных блоков и участков с обнаруженных аномальных зон позволит, в целом, существенным образом ускорить и оптимизировать поисковый процесс.
Прямопоисковую технологию рекомендуется использовать в комплексе с традиционными геофизическими методами (сейсмическими, в первую очередь). Ее применение может принести значительный эффект при поисках промышленных скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (в том числе и в районах распространения сланцев, пород баженовской свиты, угленосных формаций, кристаллических пород). Мобильная технология может успешно применяться при исследованиях слабоизученных участков и блоков в пределах известных нефте- и газоносных бассейнов, а также для поисков и локализации каналов вертикальной миграции глубинных флюидов на месторождениях УВ и в пределах закартированных аномальных зон типа «залежь УВ».

Ключевые слова: Мобильная технология, аномалия типа залежь, нефть, газ, газоконденсат, шельф, разломная зона, спутниковые данные, прямые поиски, обработка данных ДЗЗ, интерпретация, геоэлектрическая съемка, вертикальное зондирование.

features and volumes of additional information that can be obtained at various stages of exploration works with the mobile technology using are described in detail.
The technology efficiency is demonstrated by the results of its application within the major prospecting blocks and local areas in Uzbekistan, Kazakhstan, Tunisia, England, Ukraine, West Africa, the Mediterranean and Caspian Seas. On the local area in the Carpathians the feasibility of remote sensing data processing in a large scale was demonstrated. Discovered anomalous zones are, in fact, the projections into surface of hydrocarbon accumulations contours in the cross-section. This additional information can be used for the approximate assessments of hydrocarbon resources within the surveyed areas and structures. The development of the surveyed license blocks starting from detected anomalous zones will allow, in general, significantly accelerate and optimize the prospecting process.
It is recommended to use the direct-prospecting technology in combination with traditional geophysical methods (seismic, primarily). Its use can bring significant effect during the commercial hydrocarbon accumulations searching in unconventional reservoirs (including the shale sediments, rocks of the Bazhenov formation, coal-bearing formations, and crystalline rocks). Mobile technology can also be successfully used during prospecting within the poorly studied areas and blocks within the known oil and gas-bearing basins, as well as for search and localization of vertical channels of deep fluids migration on the hydrocarbon fields and within the mapped anomalous zones of the «accumulation of hydrocarbons» type.

Keywords: Mobile technology, anomaly of deposit type, oil, gas, gas condensate, shelf, fault zone, satellite data, direct searching, RS data processing, interpretation, geoelectric survey, vertical sounding.

Введение. Начиная с 2000 г. авторы активно и целенаправленно проводят исследования и эксперименты с целью разработки и внедрения в практику поисково-разведочных работ мобильных и малозатратных технологий «прямых» поисков и разведки различных полезных ископаемых – нефти, газа, золота, урана, воды (питьевой, минеральной, геотермальной), и т.д. На настоящий момент разработаны и апробированы в различных регионах мира мобильные наземные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [10, 13, 24, 27], а также супер-оперативный метод частотно-резонансной обработки и интерпретации (декодирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (спутниковых снимков) [11–13]. Результаты апробации и практического применения как отдельных прямопоисковых методов, так и всей технологии в целом приводятся в многочисленных журнальных статьях и материалах научно-практических конференций, семинаров, симпозиумом [10–17, 24, 27–28].

В связи с существенным падением цен нефть в последние годы в нефтегазовом секторе мировой экономики достаточно актуальной стала проблема ускорения и оптимизации процесса поисков и разведки промышленных скоплений углеводородов (УВ) в коллекторах традиционного и нетрадиционного типа. Сложившаяся неблагоприятная ситуация усугубляется еще и тем, что в настоящее время громадные финансовые средства и материальные ресурсы вкладываются в разработку технологий использования солнечной и ветровой энергии, а также электричества (электромобилестроение). В связи с этим мобильные, малозатратные прямопоисковые технологии могут быть востребованы и использоваться более активно на различных этапах нефтегазопоискового процесса. В статье на примерах решения конкретных поисковых задач демонстрируются потенциальные возможности разработанных мобильных прямопоисковых методов.

Компоненты и особенности прямопоисковой технологии. Мобильная прямопоисковая технология, которая включает метод частотно-резонансной обработки и интерпретации спутниковых снимков и [11–13] и наземные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ [10, 13, 24, 27] активно используется при проведении экспериментальных исследований различного характера. Отдельные компоненты этой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [13], сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества – нефти, газа, газоконденсата, золота, железа, воды, и т.д. Отличительные особенности используемых методов описаны во многих публикациях и отчетах по выполненным исследованиям, в том числе и перечисленных в списке литературы [10–17, 24, 27–28]. В этой статье мы более детально охарактеризуем этапы проведения поисковых работ и результаты, которые могут быть получены при этом.

Поисковые работы мобильными методами частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ и наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ могут проводиться в три основных этапа:

1) частотно-резонансный анализ спутниковых снимков крупных поисковых площадей в относительно мелком масштабе (*исследования регионального характера*);

2) детальный частотно-резонансный анализ спутниковых снимков отдельных площадок (участков) аномальных зон, выделенных на первом этапе (*детализационные работы*);

3) полевые геоэлектрические работы на наиболее перспективных локальных участках, определенных в процессе второго этапа работ (*наземные исследования*).

Региональные исследования. На данном этапе поисково-разведочных работ оценивается перспективность поисковых площадей на наличие залежей углеводородов. Исследования проводятся в следующей последовательности:

1) выделение и прослеживание по площади линейных зон тектонических нарушений (тектонически ослабленных зон);

2) регистрация аномальных откликов на резонансных частотах газа, нефти и газоконденсата с целью обнаружения аномальных зон типа «залежь газа», «залежь нефти», «залежь газоконденсата»;

3) предварительная фиксация (локализация) контуров поисковых объектов и определение их площадей;

4) определение интервалов пластовых давлений залежей нефти и газа для каждой выделенной аномальной зоны;

5) построение карт аномальных участков в изолиниях максимальных значений пластового давления для каждой аномальной зоны.

На региональном этапе исследований частотно-резонансный анализ спутниковых снимков проводится в масштабах 1 : 200 000 – 1 : 150 000. Время обработки одного планшета (спутникового снимка на листе в формате А3) составляет примерно 2–3 дня.

Детализационные работы в пределах выделенных на первом этапе исследований наиболее перспективных участков (аномальных зон) проводятся с использованием частотно-резонансного дешифрирования спутниковых снимков. Критерием отбора перспективных участков для детализации могут быть размеры аномальных зон и наличие нескольких интервалов пластовых давлений в каждой аномальной зоне. В зависимости от размеров аномальных зон для детализации могут использоваться масштабы в интервале 1 : 60000 – 1 : 15000. На данном этапе проведения работ осуществляется:

1. Выделение и прослеживание тектонически ослабленных зон и тектонических нарушений, которые не обнаружены на мелкомасштабных планшетах.

2. Детализация и уточнение контуров аномальных зон, расчет их площадей и определение границ водонефтяного контакта.

3. Построение детальной карты аномальной зоны в изолиниях максимальных значений пластового давления.

4. Проведение вертикального сканирования геологического разреза в точке максимума пластового давления с целью выделения интервалов глубин залегания аномально поляризованных пластов (АПП) типа «нефть», «газ», «вода», «вода+газ», «плотные породы». По результатам сканирования осуществляется построение вертикальной колонки АПП.

5. Через точку с максимальным значением аномальной зоны прокладывается нескольких профилей, вдоль которых размещаются дополнительные точки вертикального сканирования. По результатам сканирования в этих точках строятся колонки и вертикальные разрезы АПП для аномальной зоны.

6. Для наиболее мощных пластов АПП оценивается пластовое давление (пласт АПП считается перспективным при условии, что полученная оценка его пластового давления превышает значение гидростатического давления на этой глубине).

7. Строится карта суммарных мощностей АПП типа «залежи нефти» и «залежи газа».

8. Оцениваются объёмы коллекторов, содержащих нефть и газ.

9. Если перспективный пласт АПП прослеживается на всех точках сканирования, он может быть принят за маркирующий горизонт. В этом случае может быть построена структурная карта по глубинам залегания данного пласта.

10. По построенной структурной карте могут быть сформулированы предположения о типе ловушки УВ (антиклинальная, тектонически экранированная, литологическая ограниченная).

11. Дополнительный анализ результатов второго этапа работ позволяет определить оптимальные объемы полевых геоэлектрических исследований. При необходимости могут быть предложены рекомендации для проведения сейсморазведочных работ по определенным профилям или в пределах всей аномальной зоны.

Детализационные исследования в контурах одной аномальной зоны занимают 4–5 дней.

Полевые работы. По результатам выполнения второго этапа исследований определяются наиболее перспективные аномальные зоны для проведения полевых измерений. Обследование выделенных участков осуществляется наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ.

На этапе проведения полевых работ осуществляются следующие действия:

1. В пределах обследуемых аномальных зон выделяются и прослеживаются мелкие тектонические нарушения, которые могут разделить аномалию (аномалии) на несколько отдельных блоков.
2. Уточняются размеры каждого блока и границы водонефтяных контактов.
3. Площадь аномалии покрывается сетью точек вертикального зондирования. В каждой точке определяются и уточняются интервалы АПП типа «нефть», «газ», «газ+вода», «вода».
4. Для каждого пласта прогнозируемой углеводородной залежи определяется (оценивается) пластовое давление.
5. Проводится построение вертикальных колонок и вертикальных геолого-геофизических разрезов прогнозируемого месторождения.
6. Строятся карты суммарной мощности АПП типа «нефть» и «газ», а также мощности отдельных, наиболее перспективных нефтяных и газовых пластов.
7. Строятся структурные карты по нескольким маркирующим горизонтам.
8. Оцениваются общие потенциальные ресурсы нефти и газа.
9. Определяются точки оптимального заложения поисковых и разведочных скважин.
10. В рекомендованных точках заложения скважин проводится привязка выделенных зон АПП к литологическим разностям геологического разреза.

Время проведения полевых работ составляет 15–20 дней. Обработка результатов полевых исследований и подготовка отчетных материалов занимают 20–30 дней.

Акцентируем внимание на то, что обработка и дешифрирование спутниковых снимков поисковых участков, заимствованных из источников (сайтов) свободного доступа, оперативно проводится в лабораторных условиях, без организации и проведения полевых исследований. В связи с этим эту технологию можно считать супер-оперативной, позволяющей за очень короткое время выполнить оценку перспектив нефтегазоносности (рудоносности, водоносности) поискового участка в любой точке земного шара.

Некоторые наработки в плане теоретического обоснования применяемых методов исследований в тезисной форме сформулированы в статье [25]. На сайте [http://www.geoprom.com.ua/index.php/ru/] размещен видеофильм, в котором демонстрируются особенности проведения работ на различных этапах, а также презентация с многочисленными практическими результатами применения описанных прямопоисковых методов.

Поисковый блок Шахпахты (ВосточныйУстюрт, Республика Узбекистан). При проведении в 2013 г. поисковых работ в пределах блока использовались:

1) координаты контура участка;
2) приближенное положение контура месторождения Шахпахты;
3) координаты продуктивной скважины Джел-1 на месторождении Джел;
4) глубины залегания продуктивных горизонтов в скважине Джел-1, а также пластовые давления флюидов в коллекторах.

Поисковый блок был разбит на четыре фрагмента, спутниковые снимки которых обрабатывались в масштабе 1 : 150000. По результатам частотно-резонансного декодирования четырех снимков построена результативная карта аномальных зон в масштабе 1 : 300000 (рис. 1).

Всего в пределах обследованного блока обнаружено и закартировано 7 аномальных зон типа «газ+конденсат», одна аномальная зона типа «газ» и 7 аномальных зон типа «газ с водой» (рис. 1). Три аномальные зоны полностью не оконтурены, так как выходят за пределы участка обследования. Аномальные зоны типа «газ+конденсат» закартированы также над месторождениями Шахпахты (№ 1, 54,4 км^2) и Джел (№ 2, 77,7 км^2). В контурах обнаруженных аномалий получены оценки максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах. Из рисунка 1 следует, что практический интерес для дальнейшего изучения представляют, в первую очередь, 5 аномальных зон типа «газ+конденсат» (№№ 3–7).

Полученные результаты были сопоставлены с геолого-геофизическими материалами по этому блоку, что предоставило возможность проанализировать положение обнаруженных и закартированных аномальных зон относительно расположения сейсмических профилей, выявленных сейсмическими исследованиями структур и пробуренных скважин.

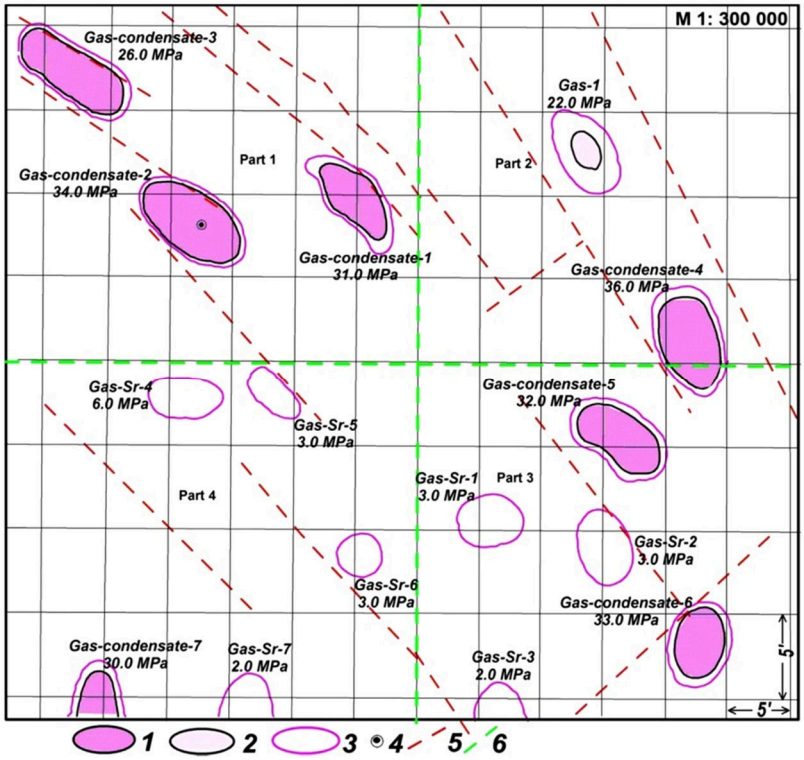

Рисунок 1 – Контуры аномальных зон типа «газоконденсатная залежь» на поисковой площади:
1 – аномальные зоны типа «газоконденсатная залежь», перспективные поисковые зоны;
2 – аномальная зона типа «газовая залежь», малоперспективная зона;
3 – аномальные зоны типа «газ+вода», неперспективные зоны;
4 – положение эталонной скважины; 5 – зоны тектонических нарушений;
6 – контуры раздела площади на отдельные участки

Отличительные особенности результатов обработки можно охарактеризовать следующим образом:

1) в пределах обследованного блока обнаружено дополнительно пять перспективных объектов;
2) аномалии также обнаружены на участках, где плотность сейсмических профилей невысокая, или же сейсмические исследования не проводились вообще;
3) над многими выделенными сейсмическими исследованиями структурами аномальные зоны отсутствуют;
4) некоторые скважины пробурены за пределами аномальных зон;
5) в контурах одной аномальной зоны имеются пробуренные скважины.

Отметим также, что такая же обработка данных ДЗЗ в рекогносцировочном режиме может быть оперативно проведена в пределах всей территории (структурных элементов) Восточного Устюрта.

Район месторождения Уаз (Республика Казахстан)

Месторождения Уаз расположено в пределах блока «Тайсоган». В 2002 г. на площади этого месторождения проведены наземные геоэлектрические исследования с использованием методов СКИП и ВЭРЗ. Результаты этих исследований использовались при проведении дополнительных работ в 2015 г.

Спутниковый снимок участка площадью 21 км^2 подготовлен для обработки в масштабе 1 : 20000. Это относительно крупный масштаб детализационного режима декодирования спутниковых снимков. На снимок дополнительно были вынесены контуры обнаруженных в 2002 г. аномалий, а также пробуренные и проектные скважины (рис. 2).

В процессе проведения обработки спутникового снимка в контурах обнаруженных аномальных зон оценивались максимальные значения пластового давления флюидов в коллекторах (комплексный параметр). На обследованной площади выявлено и закартировано семь аномальных зон типа «залежь нефти» и четыре аномальные зоны типа «залежь нефти и газа» (рис. 2). Красными точками на рисунке 2 показаны центральные точки аномальных зон (максимальных значений комплексного параметра пластового давления). Основные результаты обработки можно резюмировать следующим образом:

1. В пределах обследованной площади дополнительно (к результатам работ 20002 г.) обнаружено пять аномальных зон.

2. В контурах всех закартированных аномалий имеются участки с относительно повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах (12 МПа и выше). В отдельных аномальных зонах значения этого параметра изменяется от 12,0 до 14,5 МПа.

3. Процентное отношение общей площади обнаруженных аномальных зон по изолиниях 0 и 12 МПа к площади обследованного участка равно 21,71 % и 7,19 %, соответственно. Эти значения можно считать достаточно высокими (по сравнению с другими регионами).

4. В пределах аномальных зон типа «залежь нефти и газа» участки скопления газа расположены в краевых частях аномальных зон.

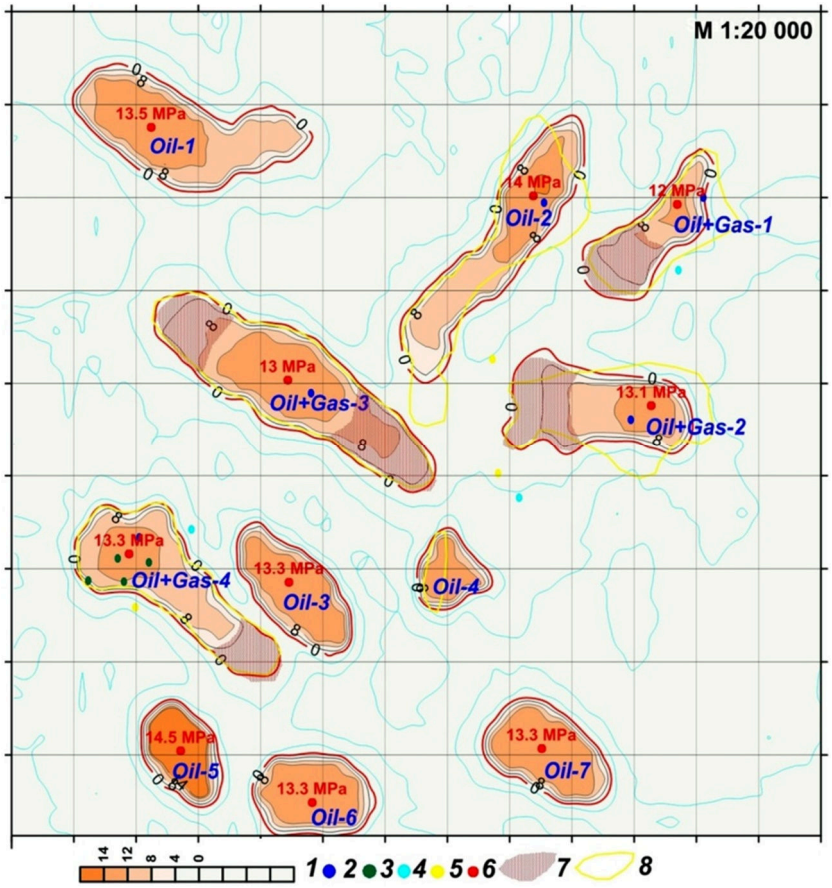

Рисунок 2 – Карта аномальных зон типа «нефтегазовая залежь» в пределах месторождения Уаз лицензионного блока «Тайсоган» (Республика Казахстан) (по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ): 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления флюидов в коллекторах), МПа; 2 – точки ВЭРЗ; 3 – продуктивные скважины; 4 – проектные скважины; 5 – сухие скважины; 6 – центральные точки аномальных зон с максимальными значениями комплексного параметра пластового давления; 7 – зоны газовых аномалий; 8 – контуры аномальных зон по результатам полевых исследований в 2002 г.

Обработка данных ДЗЗ в относительно крупном масштабе участков расположения известных и разрабатываемых месторождений УВ (в том числе и находящихся на поздней стадии разработки) дает возможность выявить и локализоваать новые, перспективные для обнаружения промышленных скоплений УВ объекты (зоны).

Поисковый блок на границе Туниса и Алжира. Исследования в пределах блока проведены с целью практической демонстрации целесообразности применения технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ [5–19] для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности крупных и слабоизученных лицензионных блоков и площадей.

Для подбора оптимальных параметров обработки данных ДЗЗ в этом регионе было принято решение включить в область обследования известные (расположенные поблизости) газовое и нефтяное месторождения. Так, с востока к участку примыкает газовое (газоконденсатное) месторождение Sanrhar, а южнее участка расположено самое крупное в Тунисе нефтяное месторождение El Borma (рис. 3).

Общая площадь участка обследования (включая участки расположения известных месторождений) – 3500 км^2 (рис. 3). Масштаб обработки – 1 : 200 000. Обычно, в таком масштабе обработка данных ДЗЗ носит рекогносцировочный характер. Перспективные на обнаружение УВ объекты небольшого размера в таком масштабе могут быть пропущены, а контуры относительно крупных аномальных зон могут быть определены со значительными погрешностями.

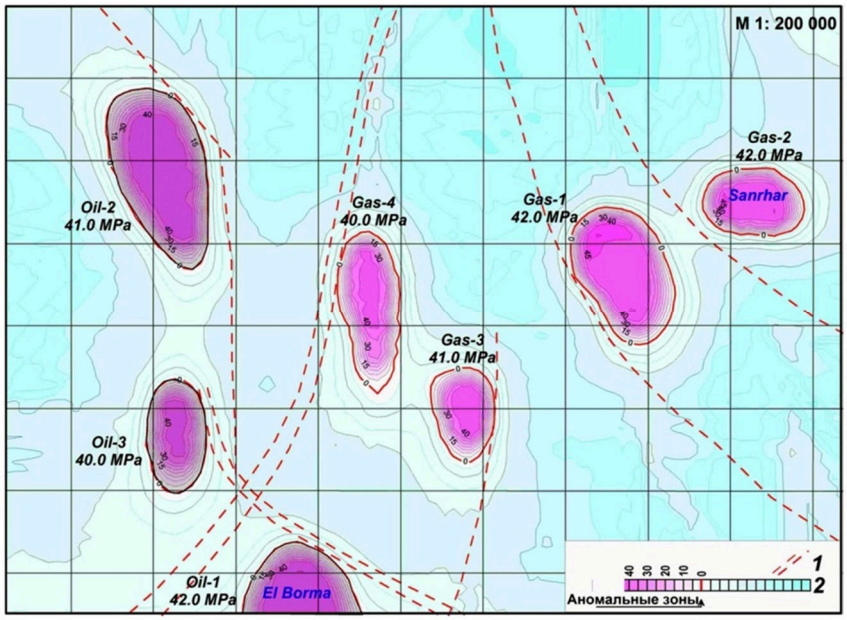

Рисунок 3 – Карта аномальных зон типа «залежь газа» и «залежь нефти» в пределах обследованного участка на территории Туниса и Алжира: 1 – зоны тектонических нарушений; 2 – шкала максимальных значений пластового давления в коллекторах, МПа

Обработка и дешифрирование данных ДЗЗ проводилась и использованием методики оценки значений максимального пластового давления в коллекторах в контурах обнаруженных аномальных зон.

В целом, в пределах обработанной площади обнаружено и закартировано семь аномальных зон типа «залежь нефти» и «залежь газа» (в том числе и две аномалии над известными месторождениями). Результаты проведенных экспериментальных исследований дают основания констатировать следующее:

1. В пределах обследованного поискового блока обнаружены относительно крупные по размерам и интенсивности аномальные зоны типа «залежь газа» и «залежь нефти», которые заслуживают дальнейшего детального изучения и разбуривания.
2. Закартированные аномальные зоны такого же типа над известными месторождениями нефти (El Borma) и газа (Sanrhar) существенно повышают вероятность обнаружения промышленных скоплений УВ в пределах обнаруженных аномальных зон.
3. Результаты обработки данных ДЗЗ позволяют существенно сократить площади проведения сейсмических исследований. Они также могут быть использованы Оператором поискового блока при разработке стратегии геолого-геофизического изучения площади и ее разбуривания.

Поисковый участок на юге Англии (бассейн Weald). В мае 2015 г. была проведена обработка спутникового снимка (масштаб – 1 : 50000, общая площадь снимка – 180 км^2) поискового участка PEDL 137, расположенного в бассейне Weald на юге Англии. В конце 2014 г. в пределах этого участка была пробурена поисковая скважина Horse Hill-1(HH-1), которая стала открывательницей относительно крупного нефтяного месторождения. Обработка была проведена с целью дополнительной демонстрации потенциальных возможностей мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ как при поисках промышленных скоплений УВ, так и при оценке ресурсов нефти и газа на участках обнаруженных месторождений. Результаты выполненных исследований представлены на рисунке 4. В пределах обследованной площади обнаружено 10 аномальных зон типа «залежь нефти» (рис. 4). Площади закартированных аномалий по изолиниям 0 и 10 МПа следующие (в км^2): 1) 2,47, 0,92; 2) 0,68; 0,16; 3) 0,62, 0,16; 4) 2,50, 1,33; 5) 1,42, 0,81; 6) 1,36, 0,62; 7) 1,29, 0,67; 8) 1,85, 0,98; 9) 1,03, 0,45; 10) 1,84, 1,00. Общая площадь всех аномальных зон по изолиниям 0 и 10 МПа равна 15,06 и 7,1 км^2, соответственно. В процентном отношении к площади обследованного участка это составляет 15,06/180 = 8,37 % и 7,1/180 = 3,94 %.

В пределах обнаруженных аномальных зон максимальные значения пластового давления флюидов в коллекторах изменяются от 12,1 до 14,7 МПа.

Другие особенности полученных результатов можно резюмировать следующим образом:

1. Пробуренная продуктивная скважина HH-1 попадает в контуры одной из обнаруженных аномалий (рис. 4).
2. Две другие сухие скважины, пробуренные в пределах обследованной площади ранее, расположены за пределами закартированных аномальных зон.
3. Две локальных аномалии в левом верхнем углу участка обследования зафиксированы над известным нефтяным месторождением Brockham.
4. Две аномальные зоны в правом нижнем углу расположены на площади аэропорта Gatwick.

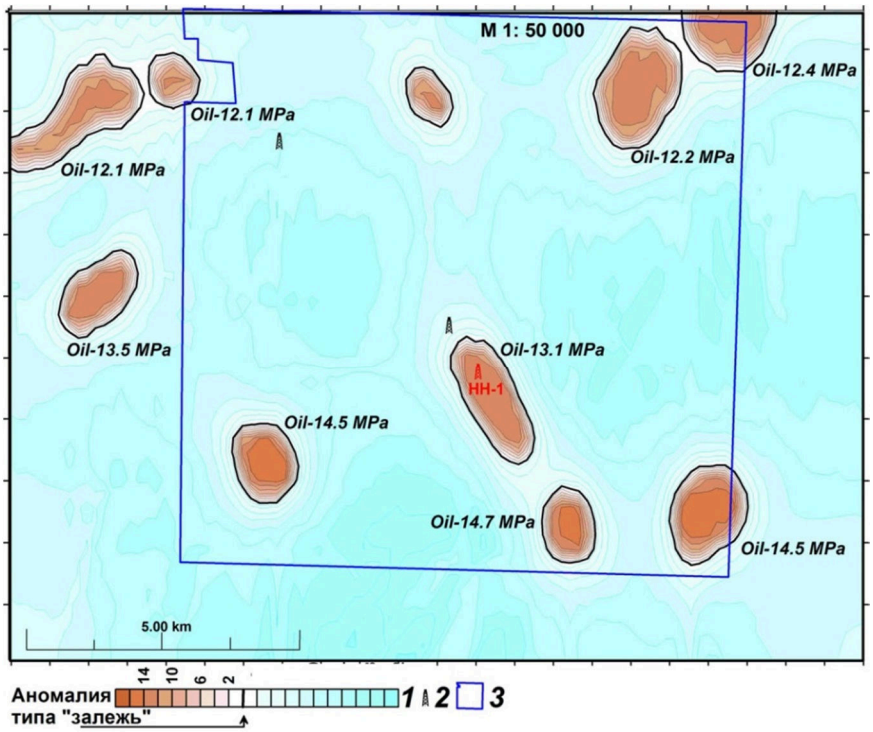

Рисунок 4 – Карта геоэлектрических аномальных зон типа «нефтяная залежь» на поисковом участке PEDL 137 (район продуктивной скважины Horse Hill-1, бассейн Weald, Англия) (по данным частотно-резонансного анализа спутникового снимка): 1 – шкала комплексного параметра максимальной величины пластового давления, МПа; 2 – пробуренные скважины в пределах поискового участка (скважина Horse Hill-1обозначена красным цветом); 3 – контур поискового участка PEDL 137

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для оценки ресурсов нефти и газа в пределах поисковой площади, а также выбора наиболее перспективных участков для дальнейшего детального изучения и разбуривания.

Район месторождения Зохр в Средиземном море. В сентябре 2015 г. прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ была использована для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности локального участка шельфа в районе открытого компанией Эни газового месторождения Zohr в Средиземном море. Для обследования был подготовлен спутниковый снимок участка акватории площадью 2200 км^2 в масштабе 1 : 150000. На этой площади обнаружено и закартировано три аномальные зоны типа «залежь нефти и газа» (рис. 5). Площади обнаруженных аномальных зон и оценки интервала пластовых давлений в их пределах следующие: Oil&Gas-1 – 105 км^2, 37,2–41,8 МПа; Oil&Gas-2 – 104 км^2, 36,3–39,7 МПа; Oil&Gas-3 – 42 км^2, 38,8–40,0 МПа. Суммарная площадь всех аномалий – 251 км^2. В процентах к площади обследованного участка это составляет 251/2200 = 11,41 %.

Аномальная зона в районе месторождения Zohr показана на структурной карте месторождения.

В пресс-релизе компании Эни имеется информация, что в пределах структуры Zohr выявлено и более глубокое меловое поднятие, которое также предполагается разбурить. В связи с этим, а также с учетом регистрации в центральных частях обнаруженных аномалий аномальных откликов на резонансных частотах нефти и газоконденсата на втором этапе работ была проведена дополнительно оценка пластовых давлений в нижних горизонтах разреза примерно до глубины 7 км. Предыдущие оценки получены до глубины порядка 4,2 км.

В результате проведенной обработки в нижней части разреза дополнительно выделено еще два интервала прогнозируемого нефтегазонасыщения! Они приведены (указаны) на рисунке 5 в третьей и четвертой строках под идентификаторами аномальных зон. На этом же рисунке показаны также центральные точки аномальных зон, в которых проводилась оценка значений пластовых давлений. Добавим к этому, что на рисунке 5 в центральных точках аномальных зон указаны максимальные значения пластового давления во всех трех обнаруженных интервалах нефтегазонасыщения. В двух интервалах в нижней части разреза могут быть обнаружены нефть и газоконденсат.

Отметим также, что в 2016 г. в опубликованных статьях и в презентациях на сайтах Интернета появились некоторые дополнительные материалы по месторождению Zohr и этому региону Средиземного моря. Это предоставило возможность сопоставить результаты частотно-резонансной обра-

ботки спутникового снимка, опубликованные в [16], с материалами геолого-геофизических исследований в этом регионе. В частности, на рисунке 5 аномальная зона «Oil&Gas-1», обнаруженная над месторождением Zohr, показана на структурной карте этого месторождения. Добавим также, что на сейсмических разрезах, представленных в некоторых презентациях, можно видеть антиклинальные структуры на участках расположения аномальных зон «Oil&Gas-2» и «Oil&Gas-3».

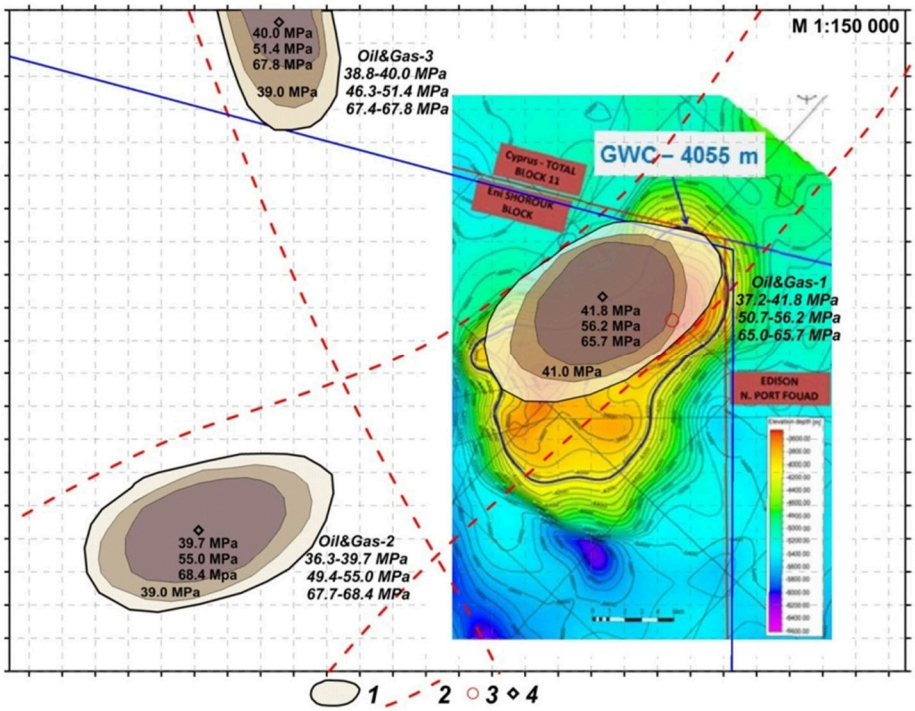

Рисунок 5 – Карта геоэлектрических аномальных типа «залежь УВ» в районе структуры Zohr и пробуренной скважины Zohr 1X NFW (лицензионный блок SHOROUK, шельф Египта):
1 – контуры аномальных зон типа «залежь УВ»; 2 – тектонически ослабленные зоны; 3 – положение скважины Zohr 1X NFW (плавучей буровой платформы); 4 – центральные точки аномальных зон (в них указаны максимальные значения пластового давления в трех интервалах нефтегазонасыщения)

В 2016 г. спутниковый снимок участка расположения аномальной зоны Oil&Gas-3 был обработан частотно-резонансным методом в самом мелком детализационном масштабе 1 : 50000. Площадь обследованного участка моря – 230 км^2. Аномальная зона Oil&Gas-3 оконтурена с севера. Ее площадь по изолинии 0 МПа составляет 46 км^2, а по изолинии 60 МПа – 10,5 км^2. По отношению к площади обследованного участка площадь закартированной аномалии составляет 46/230 = 20 %.

Целесообразно отметить, что площадь полностью прослеженной и оконтуренной аномальной зоны существенным образом не изменилась. Это связано также и с тем, что при увеличении масштаба обработки повышается точность определения контуров аномалий.

В пределах этой аномальной зоны целенаправленно проводились поиски канала вертикальной миграции глубинных флюидов по методике, изложенной в [17]. И такой канал был обнаружен практически в центральной части аномальной зоны. Оценка максимальных значений пластового давления в пределах этой небольшой локальной зоны составили 141 МПа.

Магдалиновский прогиб (Южный борт ДДВ, Украина). В пределах Магдалиновского прогиба проведен большой объем геолого-геофизических исследований, результаты которых обобщены в диссертационной работе [20]. В частности, по результатам обобщения:

а) построена пространственная геоплотностная модель, согласованная с существующим комплексом геолого-геофизических данных о территории исследований и гравитационным полем; б) по материалам геоплотносного моделирования построены прогнозные карты распространения пород с улучшенными коллекторскими свойствами;

в) выделено 15 объектов с улучшенными коллекторскими свойствами в коре выветривания фундамента, в визейских, серпуховских, башкирских и московских отложениях, которые могут быть ловушками углеводородов;

г) рассчитаны начальные ресурсы углеводородов и рекомендованы первоочередные объекты для бурения.

Интерес авторов к этой площади обусловлен тем, что представляется реальная возможность сопоставить результаты обобщения с материалами обработки частотно-резонансной обработки спут-

никовых снимков (рис. 6). К этому необходимо добавить, что Магдалиновский прогиб примыкает к южному краевому разлому ДДВ, вдоль которого расположено значительное количество месторождений нефти и газа (на рисунке 6 закартированные аномальные зоны над месторождениями УВ подписаны). На некоторых из них (Пролетарском, Ульяновском и Голубовском) авторами проводились наземные геоэлектрические исследования методами СКИП и ВЭРЗ.

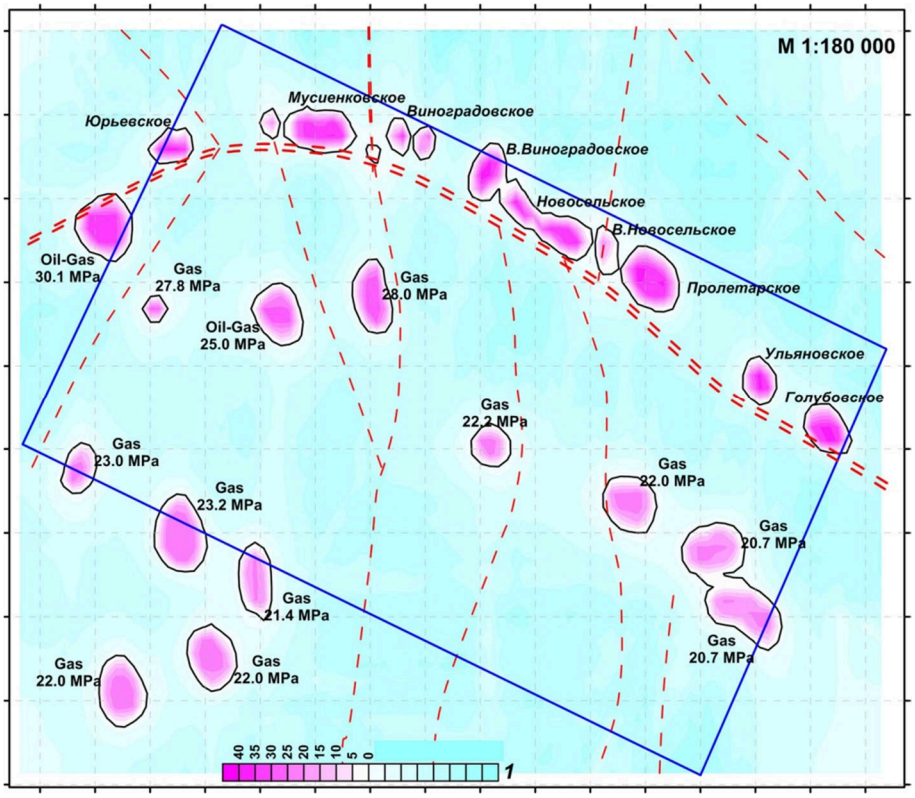

Рисунок 6 – Карта аномальных зон типа «газовая залежь» и «нефтяная залежь» в пределах Магдалиновской поисковой площади (ДДВ, Украина):
1 – шкала максимальных значений пластового давления, МРа

Спутниковый снимок участка расположения Магдалиновского прогиба обработан в мелком, рекогносцировочном масштабе – 1 : 180000 (рис. 6). Результаты частотно-резонансного декодирования сводятся к следующему.

1. Аномальные зоны типа «залежь УВ» зафиксированы над девятью известными месторождениями нефти и газа.

2. На обследованной площади обнаружено и закартировано одиннадцать аномальных зон типа «газ» и две аномалии типа «нефть и газ». При обработке спутниковых снимков участка в более крупном масштабе количество обнаруженных аномалий может увеличиться.

3. Оценки максимальных значений пластового давления в контурах выявленный аномалий изменяются в пределах 20,7–30,1 МПа.

4. Полученные результаты могут быть использованы при выборе локальных участков для детального обследования и мест заложения поисковых скважин.

Наземные исследования на поисковом блоке в Западной Африке. В 2015 г. на площади достаточно крупного поискового блока в Западной Африке проведены практически все этапы поисковых работ. Для демонстрации результатов наземных полевых работ мы приведем несколько графических иллюстраций из материалов геоэлектрических исследований методами СКИП и ВЭРЗ.

В этом регионе на начальном этапе выполнена частотно-резонансная обработка спутникового снимка крупного (существенно) блока в очень мелком масштабе – 1 : 700000. В его пределах обнаружены три очень крупные аномальные зоны типа «Oil&Gas». Следует отметить, что аномальные зоны такой большой площади обнаружены впервые.

Снимок южной части блока обработан в масштабе 1 : 300000. В его пределах закартировано значительное количество относительно небольших по площади аномальных зон типа «Oil&Gas». Семь таких аномалий были выбраны для обследования наземными методами СКИП и ВЭРЗ. Результаты наземной съемки в пределах шести аномалий показаны на рисунке 7.

В контурах трех аномальных зон (Oil&Gas-1b, Oil&Gas-2b, Oil&Gas-5b) в восьми точках вдоль трех профилей проведено зондирование методом ВЭРЗ в интервале глубин 3100–3600 м с целью определения глубин залегания и мощностей АПП типа «нефть», «газ», «вода», «плотные породы», и т.д. Результаты зондирования в каждой точке представлены графически диаграммами и колонками. По результатам зондирования построены также три схематических геолого-геофизических разреза обнаруженных АПП в интервале обследования (рис. 7). Один такой разрез показан на рисунке 8.

Такого же рода полевые работы проведены также и на площади седьмой аномальной зоны. По последним сведениям бурение первой поисковой скважины на блоке планируется в пределах этой (седьмой) аномалии, обследованной наземными методами СКИП и ВЭРЗ.

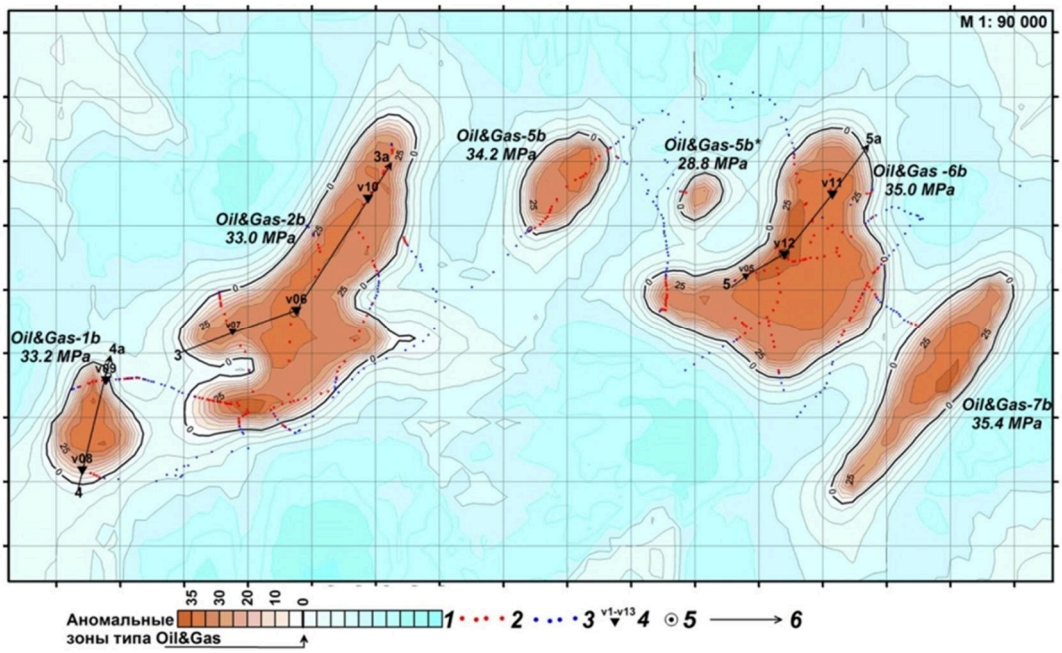

Рисунок 7 – Карта аномальных геоэлектрических зон типа «залежь нефти и газа» на поисковой площади ОМЕГА в Нигерия. Аномалии №№ 1b, 2b, 5b, 5b*, 6b и 7b (по данным полевых работ и частотно-резонансного дешифрирования спутниковых снимков):
1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – положительные значения поля СКИП;
3 – отрицательные значения поля СКИП; 4 – точки вертикального сканирования;
5 – центральные точки аномальных зон; 6 – линии вертикальных разрезов

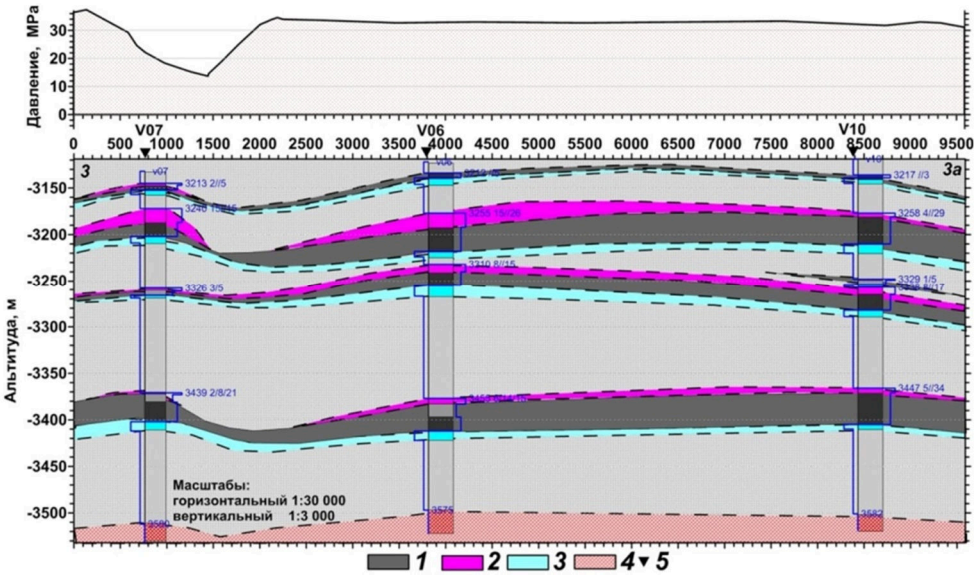

Рисунок 8 – Геолого-геофизический разрез вдоль линии 3-3а.
Профиль 3-3а (по данным вертикального сканирования):
1 – аномально-поляризованный пласт (АПП) типа «нефть»; 2 – АПП типа «газ»; 3 – АПП типа «вода»;
4 – АПП типа «фундамент»; 5 – точки зондирования ВЭРЗ

Район Семиренковского газоконденсатного месторождения (ДДВ, Украина). В 2016 г. авторы начали проводить экспериментальные исследования по поискам и локализации в пределах обнаруженных аномальных зон локальных участков вертикальной миграции глубинных флюидов (участков с очень высокими значениями пластового давления флюидов). На настоящий момент уже обнаружено более десяти таких локальных зон в различных регионах (ДДВ в Украине, Мексиканский залив, Средиземное море, Западная Сибирь, Республика Казахстан, США).Некоторые результаты проведенных исследований в этом направлении опубликованы в статье [17].

Авторы целенаправленно продолжают исследования в этом направлении. Так, в августе 2016 г. с целью обнаружения и локализации вертикальных каналов миграции глубинных флюидов были проведены рекогносцировочные исследования в районе Семиренковского ГКМ.

В региональном тектоническом плане Семиренковское месторождение расположено в пределах приосевой части центрального грабена Днепровско-Донецкой впадины и приурочено к полосе северо-восточного глубинного облегания Лубенско-Белоцерковского мысоподобного выступа фундамента. Геологическое строение Семиренковского поднятия изучалось сейсмическими исследованиями и поисковым бурением. Так, по верхневизейских структурных планах (отражающие сейсмические горизонты $Vв_{23}$, $Vв_{22\text{-}2}$, $Vв_{22\text{-}1}$, $Vв_{21}$) Семиренковское поднятие представляет собой довольно четкую антиклинальную форму, вытянутую в субширотном направлении с несколько незначительной асимметрией крыльев и периклиналей.

В результате оперативно проведенных работ был подготовлен и обработан спутниковый снимок участка расположения Семиренковского месторождения в масштабе 1 : 65000 (рис. 9). В пределах обследованной площади обнаружено две небольшие локальные зоны с относительно высокими значениями пластового давлени – 91,7 и 90,7 МПа. Эти локальные зоны можно считать каналами вертикальной миграции глубинных флюидов (УВ в том числе).

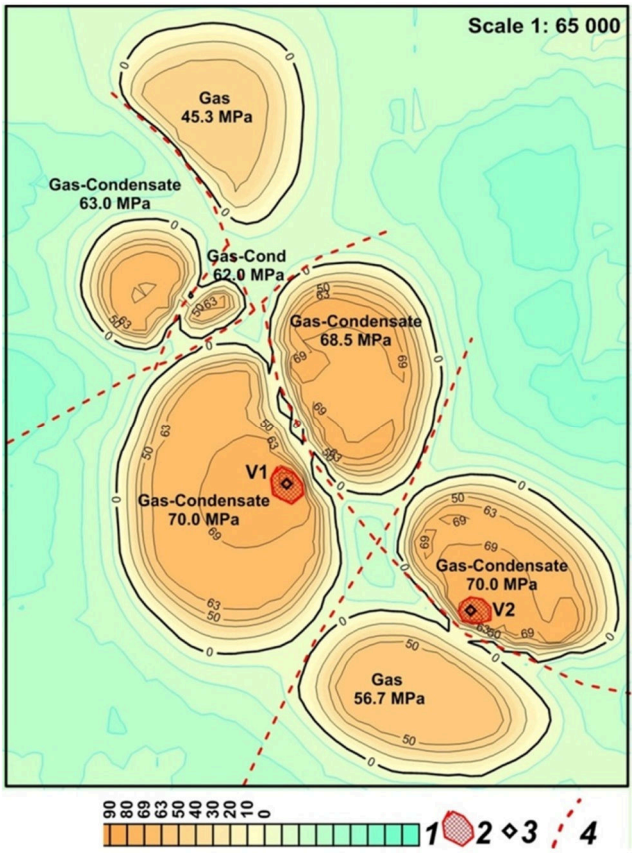

Рисунок 9 – Карта аномальных зоны типа «Gas-Condensate» и «Gas» на поисковом блоке в районе Семиренковского газоконденсатного месторождения. Масштаб обработки снимка 1 : 65000: 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МРа; 2 – зоны вертикальной миграции флюидов, обнаруженные по гелию и водороду; 3 – центральные точки зон вертикальной миграции: V1 – давление – 91,7 МРа; V2 – давление – 90,7 МРа; 4 – тектонически ослабленные зоны (тектонические нарушения). Площадь участка обследования: 12 × 15 = 180 км^2

Обратим при этом внимание на следующее обстоятельство. Авторы «геосолитонной» концепции образования УВ [2] в своих публикациях неоднократно упоминали, что попадание скважин в такие каналы (геосолитонные трубки) может приводить, с одной стороны, к «ураганным» притокам УВ в скважинах. С другой стороны, это также может приводить и к аварийным ситуациям на скважинах.

В связи с отмеченным проблема обнаружения и локализации локальных участков вертикальной миграции флюидов (зон с аномально высокими значениями пластового давления флюидов) заслуживает внимания при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ.

К приведенным материалам целесообразно добавить следующее.

1. Масштаб обработки спутникового снимка 1 : 65000 классифицирует проведенные исследования как рекогносцировочные. Это первый этап работ с использованием мобильных прямопоисковых методов. Более подробно все возможные этапы работ описаны выше.

2. В процессе проведения обработки спутникового снимка не использовалась имеющаяся геолого-геофизическая информация по району работ (сейсмические материалы, скважинные данные, и т.д.). Использование имеющейся информации на этапе проведения детализационных работ существенным образам повысит информативность частотно-резонансной обработки спутниковых снимков.

3. Значительный объем дополнительной информации о нефтегазоносности месторождения может быть получен в результате проведения наземных работ прямопоисковыми геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. Точность и информативность наземных геоэлектрических методов выше, чем точность технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ. Выше более подробно описаны те результаты (материалы), которые могут быть получены на этом этапе исследований.

Северо-Абшеронская впадина в Каспийском море. В августе-сентябре 2016 г. прямопоисковый частотно-резонансный метод обработки и декодирования данных ДЗЗ [11–13] был использован для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности относительно крупного участка в бассейне северного Абшерона в азербайджанском секторе Каспийского моря. Спутниковый снимок этого участка обработан в масштабе 1 : 100000 (рис. 10).

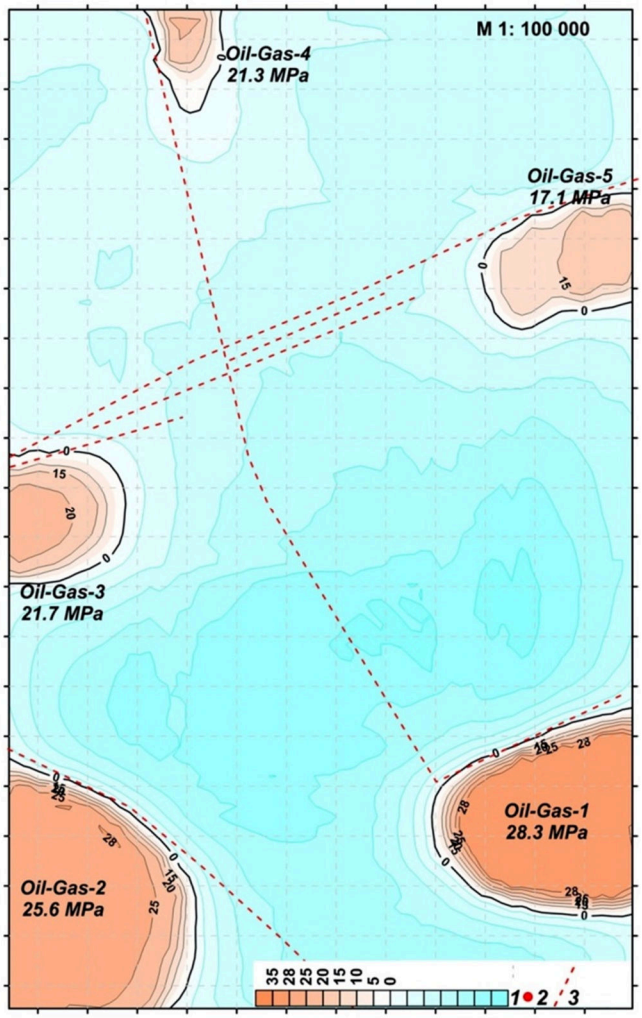

Рисунок 10 – Карта аномальных зоны типа «Oil-Gas» на поисковом блоке в бассейне Северного Абшерона в азербайджанском секторе Каспийского моря. Масштаб обработки снимка 1 : 100000: 1 – шкала максимальных значений пластового давления, MPa; 2 – положение целевых точек (на рис. не показаны); 3 – тектонически ослабленные зоны (тектонические нарушения). Площадь участка обследования: 25 × 40 = 1000 км^2

Интерес авторов к району расположения этого участка вызван (обусловлен) геолого-геофизической информацией на сайте [26]. Автор этих материалов достаточно высоко оценивает перспективы этого района на обнаружение крупных скоплений нефти и газа. В материалах [26] приводится информация о геологическом строении в районе двух целевых точек, а также указаны координаты этих точек. Эти две целевые точки расположены в пределах участка обследования, представленного на рисунке 10.

На обследованном участке площадью 25 × 40 = 1000 км^2 обнаружено и закартировано пять аномальных зоны типа «Oil-Gas» различных размеров. В контурах обнаруженных аномалий оценены максимальные значения пластового давления (рис. 10). Дополнительно к графической информации добавим следующее.

1. Масштаб обработки спутникового снимка 1 : 100000 классифицирует проведенные исследования как рекогносцировочные.

2. В пределах обследованной площади выполнена оценка только максимальных значений пластового давления в контурах отдельных аномалий. Работа (исследования) по оценке пластового давления в различных интервалах разреза не проводилась.

3. На обследованной площади также не проводились целенаправленные поиски вертикальных каналов миграции глубинных флюидов. Такие поиски целесообразно провести при проведении на обследованной площади детализационных работ.

В целом, результаты рекогносцировочных исследований демонстрационного характера указывают на целесообразность проведения в этом районе детальных поисковых работ. Использование при этом мобильных прямопоисковых технологий позволит значительным образом ускорить и оптимизировать геологоразведочный процесс. Выше в статье более подробно описаны те результаты (материалы), которые могут быть получены на различных этапах поисковых работ с использованием мобильных прямопоисковых методов.

Эпицентр землетрясения в районе месторождении Тенгиз. Согласно оперативным с Центра данных РГП ИГИ 8 мая 2016 года в 01 час 27 минут по времени Астаны (7 мая в 19 часов 27 минут по Гринвичу) зарегистрировано землетрясение с эпицентром в районе месторождении Тенгиз. Координаты эпицентра: 45.99 градуса северной широты, 53.97 градуса восточной долготы. Магнитуда mb = 3,9. Энергетический класс K = 8,5.

При проведении экспериментальной обработки спутникового снимка локального участка предпринимались попытки:

а) обнаружить вертикальный канал миграции глубинных флюидов;

б) зарегистрировать аномальные отклики на высоких частотах в поле ЕИЭМПЗ.

Для частотно-резонансной обработки подготовлен спутниковый снимок участка расположения эпицентра землетрясения в масштабе 1 : 25000 (рис. 11).

На участке изучения выявлена и закартирована аномалия высокочастотного естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). На рисунке 11 аномалия обозначена изолиниями от 215 МГц до 1300 МГц. Центральная точка аномалии расположена в контуре изолинии 1300 МГц, она смещена от эпицентра землетрясения на 650 м.

Аномальные отклики на таких же высоких частотах зафиксированы ранее на участках расположения эпицентров землетрясений в Турции, Индонезии и Японии.

В пределах обследованной площади аномальные отклики на резонансных частотах водорода, гелия и нефти не зафиксированы.

На резонансных частотах газа обнаружена и оконтурена относительно небольшая аномальная зона типа «газ» (рис. 11). Оценки пластового давления флюидов в ее пределах составили 45,0–50,0 МПа.

Результаты проведенных исследований позволяют констатировать следующее:

1. На обследованной площади вертикальный канал миграции глубинных флюидов не обнаружен. Тем не менее, утверждать об его отсутствии здесь преждевременно. Он может быть очень малым по площади и в масштабе обработки снимка 1 : 25000 мог быть пропущен.

2. Небольшая аномальная зона типа «газ» в центре обследованной площади также свидетельствует в пользу возможного наличия вертикального канала миграции глубинных флюидов на участке.

3. Зона аномальных откликов на высоких частотах в пределах обследованного участка обнаружена и закартирована.

4. Заслуживает внимания то обстоятельство, что центральные части аномальных зон высокочастотного излучения и типа «газ» практически совпадают.

5. На обследованной площади целесообразно провести дополнительные, более детальные исследования – выполнить частотно-резонансную обработку спутникового снимка в более крупном масштабе.

6. Следует также продолжить экспериментальные исследования такого же характера на участках расположения эпицентров других землетрясений в различных нефтегазоносных регионах, в том числе и в бассейнах добычи УВ из сланцевых пород.

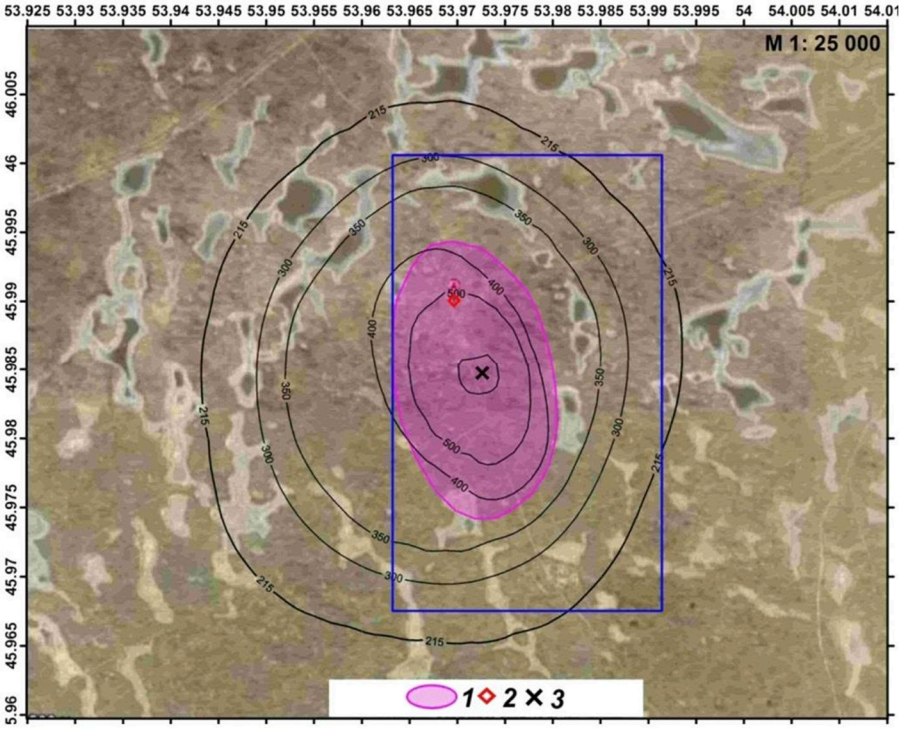

Рисунок 11 – Контуры геоэлектрической аномальной зоны естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) на спутниковом снимке эпицентра землетрясения 8.05.2016 в Республике Казахстан (Магнитуда: mb = 3,9, Энергетический класс: K = 8,5) (значения изолиний даны в МГц):
1 – аномальная геоэлектрическая зона типа «газ», пластовое давление 45,0–50,0 МПа;
2 – эпицентр землетрясения по данным Центра данных РГП ИГИ [5]: N 45,99, E 53,97;
3 – координаты центра аномальной зоны: N 45,9847, E 53,9724 (расположен в контуре изолинии 1300 МГц)

7. Существенный интерес представляет также задача исследования процесса формирования и изменения зоны высокочастотного излучения во времени. Для этого необходимо провести частотно-резонансную обработку серии спутниковых снимков участка расположения эпицентра какого-либо землетрясения, полученных в различное (и за достаточно продолжительное) время.

Такого рода исследования проведены на участке эпицентра крупного землетрясения в море возле берегов Японии.

Обработка данных ДЗЗ в крупном масштабе. Для демонстрации потенциальных возможностей обработки спутниковых снимков в детализационном (крупном) масштабе обратим внимание на следующий практический пример. Так, в 2015 г. проведена обработка данных ДЗЗ небольшого участка в Карпатах, в пределах которого расположены старые (заброшенные) скважины (рис. 12). Особенность проведенных исследований состоит в том, что масштаб обработки здесь очень крупный (супердетальный) – 1 : 2000. Полученные результаты можно резюмировать следующим образом:

1. Исследованиями на участке расположения старых добывающих скважин и истоков нефти на поверхность получена дополнительная информация (независимая и с прямыми признаками нефтеносности) о его нефтеносности. С методической точки зрения продемонстрирована целесообразность обработки данных ДЗЗ в крупном масштабе.

2. Практически показано, что при декодировании спутниковых снимков в крупном масштабе могут быть обнаружены относительно небольшие нефтегазоперспективные объекты. На новых площадях такие мелкие объекты обычно не представляют практического интереса. Однако на участках расположения разрабатываемых месторождений (в том числе и находящихся на поздней стадии разработки) с созданной инфраструктурой для добычи УВ они уже могут перейти в категорию объектов, которые заслуживают, как дополнительного изучения, так и возможного разбуривания.

3. Обращаем внимание на значительную вытянутость некоторых аномальных зон. Для характеристики такого типа залежей здесь уже можно использовать термин «залежь жильного (шнуркового) типа». Если принять во внимание, что участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в пределах этих аномальных зон локализованы, то можно предположить их формирование за счет внедрения (субвертикального) высоконапорных флюидов в локальной зоне повышенных значений давления с последующим их горизонтальным распространением в коллекторе. Такая ситуация отслежена ранее авторами при проведении наземных геоэлектрических работ методами СКИП и ВЭРЗ с целью картировании техногенной залежи газа на газоконденсатном месторождении в ДДВ (Полтавская область). Такого типа механизм формирования залежей УВ предлагается также в работе [6].

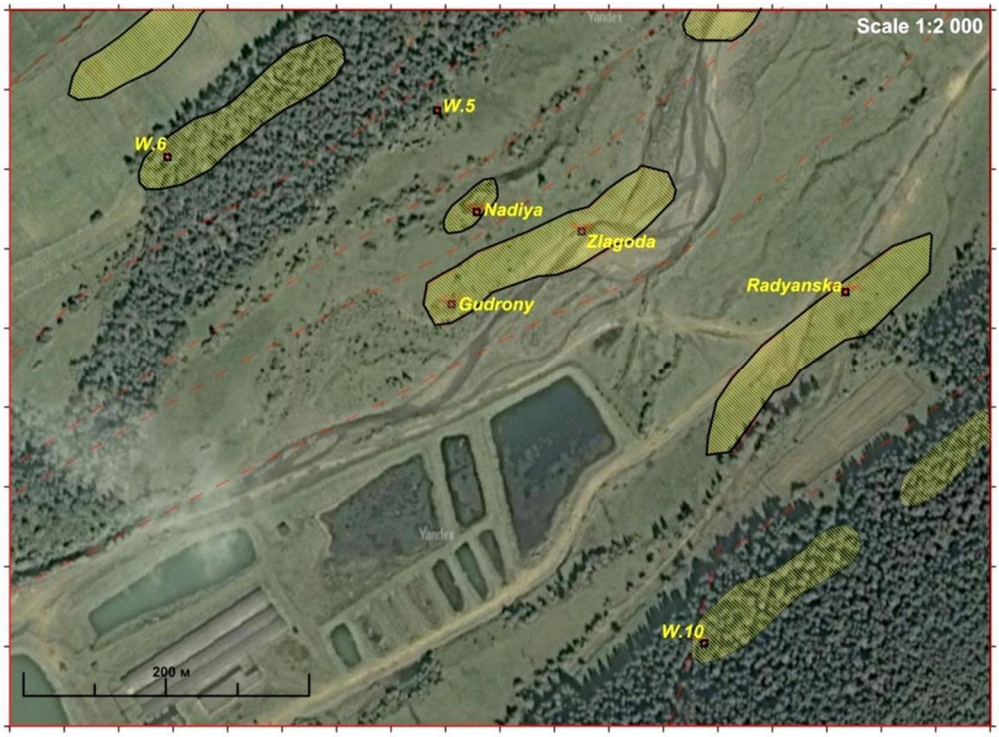

Рисунок 12 – Контуры геоэлектрических аномальных зон типа «залежь нефти» на спутниковом снимке поисковой площади в районе г. Богородчаны (центральный участок). Масштаб обработки – 1 : 2000. Положение известных старых скважин показано красными точками

4. Залежи жильного (шнуркового) типа могут эффективно разрабатываться при бурении наклонных и горизонтальных стволов из вертикальных скважин, заложенных в зонах максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах. Дополнительная информация, необходимая для бурения наклонных и горизонтальных стволов, может быть оперативно получена при проведении наземных геоэлектрических исследований методами СКИП и ВЭРЗ.

5. Результаты обработки данных ДЗЗ в очень крупном масштабе свидетельствуют, что проведение таких же детальных работ в областях распространения нетрадиционных коллекторов – сланцев, плотных песчаников, угленосных комплексов – будет способствовать повышению эффективности поисков, разведки и освоения углеводородных ресурсов нетрадиционного типа.

Обсуждение результатов. К представленным выше материалам применения и апробации отдельных компонент прямопоисковой технологии целесообразно добавить следующее.

1. Метод частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ – это, по сути, прямой метод поисков и разведки скоплений УВ. Закартированные этим методом аномалии можно (и следует) **считать проекциями на дневную поверхность всех прогнозируемых залежей УВ в разрезе**. Это обстоятельство, с одной стороны, позволяет сразу же существенным образом локализовать участки заложения новых разведочных скважин. С другой стороны, полученные результаты дают возможность более адекватно оценить ресурсы УВ в пределах обследованных структур, участков и поисковых блоков, а, следовательно, и принимать более взвешенные и обоснованные решения о целесообразности проведения дальнейших поисковых и разведочных работ, а также бурения.

2. Авторы не являются пионерами использования данных дистанционного зондирования Земли (спутниковых снимков) для «прямых» поисков месторождений полезных ископаемых. Такие технологии разработаны ранее и активно используются в настоящее время во многих странах. В качестве примера укажем на технологии «Томко» [19] и «Поиск» [5]. Своими публикациями материалов, полученных с помощью используемого мобильного метода, мы пытаемся также обратить внимание научных сотрудников и специалистов нефтяных компаний и сервисных геофизических организаций на те потенциальные возможности, которые такого типа мобильные прямопоисковые технологии позволяют получить при решении конкретных задач на различных этапах поисков, разведки и разработки залежей нефти и газа.

3. В многочисленных статьях и демонстрационных документах авторы постоянно отмечают, что структура и характеристические особенности картируемых с использованием прямопоисковых методов и технологий аномальных зон (перспективных объектов) могут найти свое логическое объяснение с позиций глубинного (абиогенного) синтеза углеводородов и их последующей вертикальной

миграции в верхнюю часть земной коры и в атмосферу в рамках глобального процесса дегазации Земли. Результаты многочисленных исследований по проблеме глубинного происхождения УВ можно найти в публикациях [1–2, 6–9, 18, 21–23], а также в различных документах и материалах сайта [www.deepoil.ru]. К этому можно также добавить что структура и характер расположения картируемых аномальных зон типа «залежь УВ» в целом подтверждают механизм формирования скоплений УВ, который в статье [6, с. 582] сформулирован в следующем виде: «… Образование залежей нефти и газа происходит иначе. Поднимаясь из подкоровых слоев, абиогенно синтезированные нефть и газ по разлому и его оперяющим трещинам «впрыскиваются» под колоссальным давлением мантийного очага в любую пористую и проницаемую среду, распространяясь в ней из разлома подобно грибообразному облаку. Они остаются сравнительно неподвижными, не всплывают ни в антиклинали, ни в синклинали, ни в наклонном или горизонтальном пласте, пока новые порции нефти и газа не продвинут их залежь. На это указывают эксперименты и практика строительства подземных газохранилищ в горизонтальных и наклонных водонасыщенных пластах песка или песчаника».

4. Из представленных выше рисунков следует, что закартированные аномальные зоны расположены в районе выявленных разломов – зон повышенной миграции флюидов. Такая ситуация при обработке данных ДЗЗ наблюдается практически везде. Это может быть дополнительным свидетельством в пользу формировании скоплений нефти и газа за счет вертикальной миграции флюидов, а также их глубинного (эндогенного) происхождения.

5. Достоверность и информативность частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ в пределах конкретных поисковых участков и блоков может быть повышена за счет использования:

а) образцов искомого вещества (нефти, например) из района обследования для определения его резонансных частот;

б) информации о продуктивных скважинах (координаты, глубины залегания и мощности продуктивных горизонтов, пластовые давления в коллекторах) для проведения этапа эталонирования – уточнения значений резонансных частот искомого вещества;

в) другой имеющейся геолого-геофизической информации – материалов сейсмических и других геофизических исследований, тектонических схем и структурных карт, геолого-геофизических моделей изучаемых объектов, и т.д. Отметим, что в этом случае по материалам многочисленных работ в Южной Америке достоверность подтверждения результатов обработки данных ДЗЗ бурением составляет порядка 90 %. В противном случае такую достоверность можно оценить в 50 %.

6. Опыт обработки данных ДЗЗ в очень крупном масштабе свидетельствует, что проведение таких же детальных работ в областях распространения нетрадиционных коллекторов – сланцев, плотных песчаников, угленосных комплексов – позволит более уверенно картировать зоны «sweet spots», получать дополнительную информацию для заложения горизонтальных скважин, а, следовательно, – будет способствовать повышению эффективности поисков, разведки и освоения углеводородных ресурсов нетрадиционного типа.

7. При изучении и оценке перспектив нефтегазоносности областей (участков, блоков) распространения традиционных и нетрадиционных коллекторов целесообразно исследовать весь доступный для разбуривания разрез. Скопления УВ (в том числе и в промышленных объемах) могут также быть расположены (и обнаружены, естественно) как выше, так и ниже известных (установленных) целевых горизонтов (в кристаллическом фундаменте, в том числе).

8. Выявленные частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ аномальные зоны могут быть детализированы наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ [10, 13, 24, 27]. При этом зондирование ВЭРЗ позволяет оценить глубины залегания и мощности продуктивных горизонтов. Зондирование ВЭРЗ по площади дает возможность рассчитать площади распространения продуктивных горизонтов, их объемы, а также оценить приближенно потенциальные ресурсы нефти и газа в пределах распространения отдельных аномальных зон. Результаты наземных геоэлектрических исследований по точности и детальности превосходят результаты обработки данных ДЗЗ.

9. В поисковом процессе на нефть и газ основная часть ресурсов идет на бурение скважин. К сожалению, коэффициент успешности бурения поисковых скважин невысокий. Согласно [3, с. 3] «успешность поисково-разведочных работ в мире держится в среднем на уровне 30 %». Можно допустить, что увеличение коэффициента успешности бурения хотя бы в два раза будет способствовать существенному повышению эффективности геологоразведочного процесса.

10. Традиционно, в подавляющем большинстве случаев скважины закладываются по результатам сейсмических исследований в центральных частях обнаруженных и закартированных антиклинальных структур. В своих публикациях авторы неоднократно ссылались на статью [4], в которой показано, что структурный (антиклинальный) принцип заложения скважин не оправдал себя в Западной Сибири. Дополнительная информация, полученная с использованием прямопоисковых методов, может быть полезной для выбора оптимальных мест заложения поисковых скважин.

11. На важность проблемы поисков и локализации вертикальных каналов миграции глубинных флюидов акцентируют также внимание и другие исследователи. Так, в [8] по этой проблеме констати-

руется следующее: «Главным поисковым признаком методов обнаружения скоплений нефти и газа является поиск возможных ловушек – пористых и трещиноватых пород, способных вместить углеводороды, покрытых слоем непроницаемых горных пород. Теперь мы можем добавить новый поисковый признак – идентификация возможных каналов подпитки месторождений. Использование двух этих поисковых признаков позволит существенно увеличить вероятность обнаружения новых, в первую очередь гигантских нефтегазовых, месторождений».

Автор статьи [22, с. 48] утверждает, что «геофизические методы поисков ловушек углеводородов могут быть дополнены прогнозированием нефтеподводящих каналов, что будет способствовать повышению эффективности нефтепоискового бурения».

К процитированному выше добавим, что **дополнительными (и достаточно важными) поисковыми признаками можно также считать картируемые прямопоисковыми геофизическими методами аномальные зоны типа «залежь нефти», «залежь газа», «залежь конденсата», а также выделяемые этими методами в разрезе аномально поляризованные пласты типа «нефть», «газ», «конденсат», «вода», и т.д.**

12. В статье в [17] мы уже обращали внимание на то, что факты обнаружения вертикальных каналов миграции глубинных флюидов позволяют также более обосновано говорить о реальности процесса пополнения разрабатываемых месторождений нефти и газа. Эта проблема обсуждается также и в электронных публикациях в [9, 18], в которых с позиций масштабной водородной дегазации Земли достаточно обоснованно аргументируются процессы восстановления ресурсов нефти и газа. При этом авторы интервью [9, 18] обращают также внимание и на назревшую необходимость использования в качества топлива водорода, находящегося в составе Земли. За счет водорода запасы нефти и газа продолжают восстанавливаться.

Многочисленные факты масштабной водородной дегазации Земли приводятся в журнальных публикациях авторов интервью [9, 18]. Проблема «газового дыхания» Земли детально анализируется в статье [23]. По этой проблеме в [23, с. 22] констатируется следующее: «Обнаружение массовой дегазации через континентальные и донные морские западины, линейные и другие формы в пределах материков, материковых склонов и обширных территорий океанического дна свидетельствует о существовании единой огромной разветвленной сети многомиллионных подзападинных и линейных каналов, обеспечивающих гораздо большие объемы дегазации, чем считалось в соответствии с оценками, выполненными ранее».

13. В статье авторов [17] в первом приближении сформулированы методические принципы целенаправленного обнаружения и локализации вертикальных каналов миграции флюидов. Основной элемент этой методики – частотно-резонансная обработка спутниковых снимков с целью регистрации аномальных откликов на резонансных частотах гелия на начальном этапе поисков. В дальнейшем, в пределах аномальных зон типа «гелий» проводится оценивание максимальных значений пластового давления. Эта методика активно применяется в настоящее время при проведении исследований на поисковых площадях и участках.

В связи с отмеченным есть основания для утверждений, что мобильная технология частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ может также успешно использоваться и для оперативного обнаружения и картирования возможных скоплений (крупных) водорода и гелия на участках (площадях) интенсивной водородной дегазации.

Заключение. Для авторов оперативно выполненных исследований в различных нефтегазоносных регионах полученные результаты свидетельствуют о целесообразности практического применения мобильной и прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ. Не вызывает сомнений то обстоятельство, что целенаправленное использование этой технологии на различных этапах геологоразведочного процесса позволит существенным образом сократить время и материальные ресурсы на проведение необходимого комплекса геолого-геофизических исследований. Особенно ощутимый выигрыш может принести применение этой технологии в слабоизученных, удаленных и труднодоступных регионах земного шара.

Приведенные в статье результаты, а также многие материалы ранее проведенных авторами исследований в других регионах [11–17] позволяют констатировать, что мобильная и оперативная технология частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ может быть использована как для рекогносцировочного обследования крупных и труднодоступных регионов (шельфа и суши), так и для дополнительной оценки перспектив нефтегазоносности выявленных традиционными геофизическими методами и рекомендованных для разбуривания структур и объектов.

«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 различных регионах мира (в том числе и на шельфе) углеводородных ресурсов в породах-коллекторах традиционного и нетрадиционного типов.

Оперативная обработка в детализационном режиме данных ДЗЗ участков расположения выявленных перспективных структур и объектов позволяет получать новую (дополнительную) и, главное, независимую информацию, которая вместе с имеющимися геолого-геофизическими материалами позволяет сформировать более полное (адекватное) представление о перспективах их нефте- и газоносности. При этом материальные (финансовые) и временные затраты на получение этой информации несопоставимы с затратами (временными и финансовыми) предыдущих лет на геолого-геофизическое изучение отдельных структур и объектов.

Применение мобильной технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ на начальных этапах поисковых работ позволит в пределах обнаруженных и закартированных аномалий типа «залежь УВ» проводить сейсмические исследования 3Д повышенной детальности. Использование технологии для дополнительной оценки перспектив нефтегазоносности выявленных сейсморазведкой структур и объектов предоставит возможность оптимизировать расположение первых поисковых скважин. Целенаправленное использование технологии при поисках и разведке скоплений УВ позволит ускорить и оптимизировать геологоразведочный процесс в целом.

В заключение отметим, что технология частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ предоставляет реальную возможность оперативно обследовать в рекогносцировочном режиме все слабоизученные нефтегазоносные районы в различных регионах мира с целью обнаружения наиболее крупных и перспективных объектов (прогнозируемых скоплений УВ) для детального изучения и разбуривания. Это может существенным образом ускорить освоение нефтегазового потенциала этих регионов.

Литература:

1. Багдасарова М.В. Дегазация Земли – глобальный процесс, формирующий флюидогенные полезные ископаемые (в том числе месторождения нефти и газа) [Электронный ресурс] // Электронный журнал «Глубинная нефть». – 2014. – Т. 2. – № 10. – С. 1621– 1644. – Режим доступа : http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-10-2014/5_Bagdasarova_2-10-2014.pdf (дата обращения: 05.01.2016).

2. Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р. Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. – Тюмень : Вектор Бук, 2003. – 344 с.

3. Запивалов Н.П. Геологические и экологические риски в разведке и добыче нефти // Георесурсы. – 2013. – № 3(53). – С. 3–5.

4. Карпов В.А. Состояние и перспективы развития нефтегазопоисковых работ в Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2012 – № 3. – С. 2–6.

5. Опыт практического использования аппаратуры комплекса «Поиск» для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений / Н.И. Ковалев [и др.] // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 46–51.

6. Краюшкин В.А. Месторождения нефти и газа глубинного генезиса // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1986. – Т. 31. – № 5. – С. 581–586.

7. Кусов Б.Р. Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (От метана до алмаза) : Монография. – 2-е изд., доп. – Владикавказ : ИПО СОИГСИ, 2011. – 195 с.

8. Кучеров В.Г. Возобновляемая нефть: миф или реальность? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ng.ru/energy/2016-02-09/14_oil.html

9. Ларин В.Н. «Нефть на Земле не заканчивается. Жгите, сколько хотите». (Интервью) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-xotite/ (дата обращения: 55.03.2016)

10. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. // Геоінформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.

11. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоінформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.

12. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения // Геоінформатика. – 2011. – № 2. – С. 19–35.

13. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34. – № 4. – С. 167–176.

14. Мобильные геофизические технологии: экспериментальное изучение возможности применения для поисков скоплений углеводородов в районах распространения сланцев в Восточной Европе / С.П. Левашов [и др.] // Геоінформатика. – 2014. – № 4. – С. 5–29.

15. Мобильные технологии прямых поисков нефти и газа: о целесообразности их дополнительного применения при выборе мест заложения скважин / С.П. Левашов [и др.] // Геоінформатика. – 2015. – № 3. – С. 5–30.

16. Оперативная оценка перспектив нефтегазоносности участка в районе газового месторождения Zohr на шельфе Египта в средиземном море частотно-резонансным методом обработки и интерпретации данных ДЗЗ / С.П. Левашов [и др.] // Геоінформатика. – 2015. – № 4. – С. 5–16.

17. Мобильные прямопоисковые технологии: факты обнаружения и локализации каналов вертикальной миграции флюидов – дополнительные свидетельства в пользу глубинного синтеза углеводородов / С.П. Левашов [и др.] // Геоінформатика. – 2016. – № 2. – С. 5–23.

18. Полеванов В.П. «Нефть не может дорого стоить, потому что восстанавливается, как лес» (Интервью) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.business-gazeta.ru/article/148000 (дата обращения: 25.03.2016).

19. Ростовцев В.В., Лайнвебер В.В., Ростовцев В.Н. К большой нефти России // Геоматика. – 2011. – № 1. – С. 60–62.

20. Слободянюк С.А. Геолого-геофизическая модель глубинного строения Магдалиновского прогиба Южного борта Днепровско-Донецкой впадины (с позиций перспектив нефтегазоносности) : Автореф. дис. … канд. геол. наук. – Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины. – Киев, 2015. – 20 с.

21. 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 // Тектоніка і стратиграфія. – 2015. – Вип. 42. – С. 114–159.

22. Трофимов В.А. Нефтеподводящие каналы и современная подпитка нефтяных месторождений: гипотезы и факты // Георесурсы. – 2009. – № 1(29). – С. 46–48.

23. Шестопалов В.М., Макаренко А.Н. О некоторых результатах исследований, развивающих идею В.И. Вернадского о «газовом дыхании» Земли // Геологический журнал. – 2013. – № 3. – С. 7–25.

24. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива / В.Н. Шуман [и др.] // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50.

25. Якимчук М.А. Електричне поле і його роль у житті Землі // Геоінформатика. – 2014. – № 3. – С. 10–20.

26. Murtuzayev Ibrahim. New gas field in the North Apsheron Trough, Central Caspian Sea: where to search for [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dropbox.com/sh/d0e63u2kw0kktwq/AACb4qoju6ueMkQug POWQ3uta?dl=0

27. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Express-technology for direct searching and prospecting of hydrocarbon accumulation by geoelectric methods [digital resource]. International petroleum technology conference, 3–5 December 2008. – Kuala Lumpur, Malaysia. Paper IPTC-12116-PP. Conference CD-ROM Proceedings. 11 pages. – URL : https://www.onepetro.org/conference-paper/IPTC-12116-MS (date of access: 25.03.2016).

28. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea [digital resource]. Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, 23–25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. – DOI:10.4043/25578-MS. – URL : https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS (date of access: 25.03.2016).

References:

1. Bagdasarova M.V. Degassing of the Earth – a global process of fluidogene minerals forming (oil and gas including) // Glubinnaja neft' (RUS). – 2014. – Vol. 2. – № 10. – P. 1621–1644. – URL : http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-2-10-2014/5_Bagdasarova_2-10-2014.pdf (Accessed 25 March 2016) (in Russian).

2. Bembel R.M., Megerya V.M., Bembel S.R. Geosolitony: functional system of the Earth, the concept of exploration and exploitation of hydrocarbons. – Tyumen : Vektor Buk, 2003. – 344 p. (in Russian).

3. Zapivalov N.P. Geological and environmental risks in the oil exploration and production // Georesursy. – 2013. – № 3. – P. 3–5 (in Russian).

4. Karpov V.A. Status and prospects of oil and gas exploration in Western Siberia // Oil and gas geology. – 2012. – № 3. – P. 2–6 (in Russian).

5. Experience in the practical use of the of the «Poisk» equipment for the detection and delineation of hydrocarbon deposits / N.I. Kovalev [etc.] // Geoinformatika. – 2010. – № 4. – P. 46–51 [in Russian].

6. Krayushkin V.A. Oil and gas deposits of deep genesis // Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva. – 1986. – Vol. 31. – № 5. – P. 581–586 (in Russian).

7. Kusov B.R. The genesis of some carbon-containing minerals (from methane to diamond) : Monograph. – Vladikavkaz : IPO SOIGSI, 2011. – 195 p. (in Russian).

8. Kucherov V.G., 2016. Renewable oil: myth or reality? [Electronic resource]. – URL : http://www.ng.ru/energy/2016-02-09/14_oil.html (in Russian)

9. Larin V.N. «Oil in the world does not end. Burn as you want» (Interview). – URL : http://ptel.cz/2014/02/vladimir-nikolaevich-larin-neft-na-zemle-ne-zakanchivaetsya-zhgite-skolko-xotite/ (in Russian) (Accessed 25 March 2016).

10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., 2006. Express technology of «direct» prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001–2005 // Geoinformatika (Ukraine). – 2006. – № 1. – P. 31–43 (in Russian).

11. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. New possibilities for the oil-and-gas prospects operative estimation of exploratory areas, difficult of access and remote territories, license blocks // Geoinformatika. – 2010. – № 3. – P. 22–43 (in Russian).

12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Assessment of relative values of reservoir pressure of fluids in collectors: results of conducted experiments and prospects of practical application // Geoinformatika. – 2011. – № 2. – P. 19–35 (in Russian).

13. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geojelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskih issledovanij // Geophysical Journal. – 2012. – Vol. 34. – № 4. – P. 166–176 (in Russian).

14. Mobile geophysical technologies: experimental study of possibility of application for hydrocarbon accumulations prospecting within areas of shale spreading in eastern Europe / S.P. Levashov [etc.] // Geoinformatika. – 2014. – № 4. – P. 5–29 (in Russian).

15. Mobile technologies of direct prospecting for oil and gas: feasibility of their additional application in selecting sites of well drilling / S.P. Levashov [etc.] // Geoinformatika. – 2015. – № 3. – P. 5–30 (in Russian).

16. Operative assessment of hydrocarbon potential of area in region of Zohr gas field on the Egypt offshore in the Mediterranean Sea by the frequency-resonance method of remote sensing data processing and interpretation / S.P. Levashov [etc.] // Geoinformatika. – 2015. – № 4. – P. 5–16 (in Russian).

17. Mobile direct–prospecting technology: facts of the channels detection and localization of the fluids vertical migration – additional evidence for deep hydrocarbon synthesis / S.P. Levashov [etc.] // Geoinformatika. – 2016. – № 2. – P. 5–23 (in Russian).

18. Polevanov V.P. «Oil is not expensive, because restored as a forest» (Interview). – URL : http://www.business-gazeta.ru/article/148000 (in Russian) (Accessed 25 March 2016).

19. Rostovtsev V.V., Laynveber V.V., Rostovtsev V.N. To great oil deposits of Russia // Geomatics. – 2011. – № 1. – P. 60–63 (in Russian).

20. Slobodyanyuk S.A. Geological and geophysical model of the deep structure of the Magdalene trough of the Southern side of the Dnieper-Donets basin (from the position of oil and gas prospects) : Abstract of the dissertation ... candidate of geological sciences. – Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin of the NAS of Ukraine. – Kiev, 2015. – 20 p. (in Ukrainian).

21. Timurziyev A.I., 2015. Mantle pockets of hydrocarbon generation: geological and geophysical signs and forecast-search mapping criteria; patterns of subsurface oil and gas potential as a reflection of the unloading in the crust of mantle hydrocarbon systems // Tectonics and stratigraphy. – 2015. – Issue 42. – P. 114–159 (in Russian).

22. Trofimov V.A., 2009. Refilling Channels and Modern Refilling of Oilfields: Hypothesis and facts // Georesources. – 2009. – № 1(29). – P. 46–48 (in Russian).

23. Shestopalov V.M., Makarenko A.N., 2013. Some research results, developed the idea of V.I. Vernadsky on the «gas breathing» of Earth // Geological Journal. – 2013. – № 3. – P. 7–25 (in Russian).

24. Shuman V.N. Radio Wave Sounding Systems: Theoretical Postulates, State, Prospect / V.N. Shuman, S.P. Levashov, N.A. Yakymchuk, I.N. Korchagin // Geoinformatika. – 2008. – № 2. – P. 22–50 (in Russian).

25. Yakymchuk N.A. Electric field and its role in life on Earth // Geoinformatika. – 2014. – № 3. – P. 10–20 (in Ukrainian).

26. Murtuzayev Ibrahim. New gas field in the North Apsheron Trough, Central Caspian Sea: where to search for. – URL : https://www.dropbox.com/sh/d0e63u2kw0kktwq/AACb4qoju6ueMkQugPOWQ3uta?dl=0 (Accessed 25 March 2016).

27. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. Express-technology for direct searching and prospecting of hydrocarbon accumulation by geoelectric methods [digital resource]. International petroleum technology conference, 3–5 December 2008. – Kuala Lumpur, Malaysia. Paper IPTC-12116-PP. Conference CD-ROM Proceedings. 11 pages. – URL : https://www.onepetro.org/conference-paper/IPTC-12116-MS (date of access: 25.03.2016).

28. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea [digital resource]. Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, 23–25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. – DOI:10.4043/25578-MS. – URL : https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS (date of access: 25.03.2016).