

Левашов С., кандидат физико-математических наук
(Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии,
Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины)
Якимчук Н., доктор физико-математических наук
(Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии,
Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины)
Корчагин И., доктор физико-математических наук
(Институт геофизики имени С.И. Субботина НАН Украины)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В КОЛЛЕКТОРАХ НЕТРАДИЦИОННОГО ТИПА

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ПОШУКІВ І РОЗВІДКИ СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ У КОЛЕКТОРАХ НЕТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ

Аналізуються результати експериментального застосування частотно-резонансного методу обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) для пошуків скупчень вуглеводнів (ВВ) у нетрадиційних колекторах (сланцях, вугленосних та кристалічних породах, щільних пісковиках і т.д.). Показано, що метод обробки даних ДЗЗ дозволяє оперативнo виявляти та картувати аномалії типу «поклад газу (нафти)» в колекторах різного типу. Такі аномалії можуть бути зонами *sweet spots*, у межах яких є висока ймовірність отримання промислових припливів ВВ. Площинною зйомкою методом СКІП також можуть бути виявлені та закартографовані аномалії типу «поклад газу (нафти)». Глибини розташування аномально поляризованих пластів (АПП) типу «газ (нафта)» визначаються зондуванням ВЕРЗ. Практичне застосування оперативних мобільних технологій на різних етапах пошуків скупчень ВВ у колекторах різного типу сприятиме прискоренню та оптимізації геологорозвідувального процесу в цілому та значному скороченню пошукових, розвідувальних і видобувних свердловин.

EXPERIENCE OF MOBILE GEOPHYSICAL TECHNOLOGIES APPLICATION DURING HYDROCARBON ACCUMULATIONS PROSPECTING AND EXPLORATION IN THE COLLECTORS OF NON-TRADITIONAL TYPE

The results of experimental application of frequency-resonance method of the remote sensing (RS) data processing and interpretation and geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) for the hydrocarbon (HC) accumulations prospecting in unconventional reservoirs (shale, and coal-bearing crystalline rocks, tight sandstones, etc.) are analyzed. It is shown that the method of remote sensing data processing allow to detect and map operatively the anomalies of «reservoir of gas (oil)» type in collectors of various types. These anomalies may be connected with «sweet spots» areas, within which there is a high likelihood of industrial inflow of hydrocarbon receiving. The anomalies of «reservoir of gas (oil)» type can also be detected and mapped by the areal FSPEF method survey. The bedding depths and thicknesses of the anomalous polarized layers (APL) of «gas (oil)» type are determined by VERS sounding. Practical application of the mobile technologies at different stages of hydrocarbon accumulations prospecting in various types reservoirs will accelerate and optimize the exploration process in general and significantly reduce the number of prospecting, exploration and production wells.

Ключові слова: частотно-резонансний метод, геоелектрична зйомка, електрорезонансне зондування, аномалія типу «поклад», газ, метан, сланець, кристалічний колектор, свердловина.

Ключевые слова: частотно-резонансный метод, геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалия типа «залежь», газ, метан, сланец, кристаллический коллектор, скважина.

Keywords: frequency-resonance method, geoelectric survey, electric-resonance sounding, deposit type anomaly, gas, methane, shale, crystalline collector, well.

Введение

Проблема поисков и добычи углеводородов (УВ) из нетрадиционных коллекторов в настоящее время исключительно актуальна, в том числе и в Украине. Достаточно вспомнить соглашение, подпи-

санное с компанией Шелл по Юзовской площади, а также начало бурения скважины «Беляевская-400» проектной глубиной 5250 м. Все эти моменты достаточно широко обсуждались в средствах массовой информации.

Научный интерес авторов к этим событиям обусловлен тем, что предпринимается попытка поисковыми скважинами обнаружить «газ плотных песчаников» (также относятся к классу нетрадиционных). А проблемой обнаружения и картирования скоплений газа в нетрадиционных коллекторах (породах угольных бассейнов, кристаллических породах, сланцах) авторы занимаются уже на протяжении более 10 лет. Опыт применения мобильных геофизических технологий для этих целей анализируется ниже.

О мобильной геофизической технологии

Практическое применение в геологоразведочном процессе мобильной геофизической технологии разведки различных полезных ископаемых позволяет существенным образом ускорить процесс поисков, а также повысить его эффективность.

Компоненты технологии и аппаратура: 1) частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (спутниковых данных) [1, 3–9, 12]; 2) площадная съемка методом становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) [1, 3, 6, 7, 9]; 3) метод вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [1, 3, 6, 7, 9]; 4) компьютеризованные аппаратурные комплексы полевых наблюдений, GPS-приемник, программное обеспечение регистрации, обработки и интерпретации данных измерений, методика проведения полевых наблюдений.

Решаемые задачи: а) выявление и картирование аномалий типа «залежь» (АТЗ), которые могут быть обусловлены скоплениями УВ, рудными полезными ископаемыми или водоносными коллекторами в разрезе; б) определение глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа «нефть», «газ», «рудноносный пласт», «водоносный горизонт»; в) проведение в сжатые сроки рекогносцировочных обследований крупных и труднодоступных нефтегазоперспективных и рудоперспективных территорий; г) выполнение детализационных работ в пределах отдельных аномальных зон и определение перспективных объектов с целью выбора мест заложения скважин, оценки прогнозных запасов УВ и рудных минералов, принятия решений о направлении дальнейших геолого-геофизических работ и бурения; д) обнаружение и картирование в пределах шахтных полей зон повышенного газонасыщения в угольных пластах и вмещающих их породах; е) картирование разломных зон и скоплений УВ в нарушенных частях кристаллического фундамента; з) проведение нефтегазопроисловых работ с борта судна в акваториях морей и т.д.

Апробация и эффективность. Мобильная технология прошла апробацию более чем на 150 рудных объектах, месторождениях нефти и газа и перспективных на различные полезные ископаемые площадях [1, 3–9, 12]. География апробации: Украина, Республика Казахстан, Россия, Беларусь, Туркменистан, Сирия, Колумбия, США, Монголия, Турция,

Словакия, Судан, Тунис, Черное, Азовское, Баренцево, Каспийское, Печорское и Средиземное моря, Мексиканский залив, шельфы Камчатки, Вьетнама, Камбоджи, Индонезии, Венесуэлы, Тринидада и Тобаго, Антарктического полуострова, Фолклендских островов [1, 3–9, 12].

Этапы проведения работ. Этап 1 – оценка перспектив нефтегазоносности (рудноносности, водоносности) обследуемых площадей и участков по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ. Этап 2 – детальное обследование обнаруженных перспективных участков и аномальных зон наземными методами СКИП и ВЭРЗ

Поиски скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах

1. Результаты применения в 2001–2010 гг. методов СКИП и ВЭРЗ, а также частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ для поисков скоплений свободного газа (метана) в угленосных породах подытожены в [6, 7]. Они свидетельствуют, что площадной съемкой СКИП могут быть обнаружены и закартированы аномалии типа «залежь свободного газа (метана)». Глубины расположения аномально поляризованных пластов (АПП) типа «газ» определяются зондированием ВЭРЗ. Метод обработки данных ДЗЗ также позволяет оперативно выделять и картировать аномалии типа «залежь свободного газа».

Некоторые аномальные зоны типа «залежь газа» заверены бурением. Результаты бурения двух скважин анализируются в [13]. Из статьи следует, что из скважины, пробуренной в пределах аномалии типа «залежь газа», получены притоки газа. Вторая скважина, вне контуров обнаруженных аномалий, притоков не дала.

Отметим, что аномальные зоны типа «залежь газа» небольшие по размерам. В их пределах пластовые давления в основном невысокие. За пределами аномальных зон притоков газа практически нет.

Целесообразно также упомянуть о не совсем успешном начале проекта по добыче угольного метана на Талдинской площади в Кузбассе. Так, в [2] отмечается, что прогнозные «показатели, заложенные в проект, не согласуются с «локальными» по времени достигнутыми показателями продуктивности скважин, реально полученными в рамках проекта на сегодня и ожидаемыми завтра. Полученные реальные дебиты отвечают начальному периоду эксплуатации скважин, для которого характерны пиковые отборы газа.

Это дает основания для сомнений в обоснованности и достижимости проектных показателей. Значит, правомерно опасение, что для выхода проекта на ожидаемый уровень производства газа потребуется фонд скважин, превышающий проектный как минимум в 3–4 раза. Соответственно, примерно на столько же вырастет стоимость проекта и, как следствие, себестоимость добычи угольного газа в этом случае: она может составить 175–225 долл. США/тыс. м³, что намного превышает уро-

вень сегодняшних внутренних цен на газ (для Кузбасса – примерно 120 долл. США/тыс. м³).

2. Достаточно активно мобильные геофизические методы использовались для поисков скопленных УВ в кристаллических породах, в том числе и на Украинском кристаллическом щите (УКЩ). Полученные результаты анализируются в докладе [3]. В частности, здесь представлены материалы по следующим объектам: а) Новокопачинская зона разломов (Ингулецкий мегаблок УКЩ); б) северный борт УКЩ (район г. Малин и г. Иванков); в) район г. Канев; г) Оболонская структура; д) район расположения месторождений Белый Тигр и Дракон на шельфе Вьетнама.

Необходимо отметить, что уже в этом году проведены наземные работы геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ в Киевской области, где обнаружена и закартирована относительно крупная по площади аномалия типа «залежь газа» в верхней части разреза, в зоне выветрелых гранитоидов фундамента.

3. Результаты применения мобильных технологий для обнаружения и картирования залежей газогидратов анализируются в статье [1]. Исследования проводились в районе Антарктического п-ова, в Мексиканском заливе, в районе Мессояхского газоконденсатного месторождения.

Поиски скоплений УВ в глубинных горизонтах разреза

1. Прикаспийский регион [8]. Исследованиями в пределах блока «Атырау» установлено отсутствие аномальных зон с высокими значениями пластового давления. Следовательно, вероятность обнаружения здесь подсолевых залежей на глубинах свыше 3000 м практически равна нулю, а скважина глубиной 7050 м пробурена в заведомо неперспективном месте. Полученные оценки максимальных значений пластового давления в 69 МПа в районе структуры Терен-Узюк Восточный свидетельствуют о возможном наличии подсолевых залежей нефти. Сопоставление закартированной здесь аномалии с аномальной зоной на месторождении Тенгиз указывает на возможность обнаружения в пределах структуры Терен-Узюк Восточный относительно крупного месторождения УВ.

Оценки максимальных значений пластового давления в 73 МПа в пределах структуры ЕМВА-В блока «Е» указывают на высокую вероятность получения коммерческих притоков нефти из подсолевого горизонта в центральных областях закартированных аномальных зон. К сожалению, общая площадь аномальных зон существенно меньше площади самой структуры ЕМВА-В. Если точка бурения скважины NUR-1 не попадает в контуры аномальной зоны в пределах изолинии 60 МПа, то коммерческие притоки нефти в скважине после завершения ее бурения до проектной глубины 7250 м можно и не получить.

2. Лицензионная площадь «Альфа» (ДДВ, Полтавская обл.). В 2006 г. на площади проведены наземные геоэлектрические исследования методами СКИП и ВЭРЗ. Здесь съемкой СКИП закартированы аномалии типа «залежь» (АТЗ) площадью свыше 20 км². В интервале глубин 5200–5800 м зондированием ВЭРЗ в их пределах установлено наличие АПП типа «газ» и «газоконденсат». В 2011 г. дополнительно обработаны данные ДЗЗ этой площади. В пределах закартированных АТЗ выделены участки с повышенными значениями среднего пластового давления, что дополнительно подтверждает их перспективность. При этом изолиния аномалий со значением 70 МПа очерчивает область, где могут быть получены притоки УВ с глубин до 7000 м.

3. Известное газовое месторождение «Бета» (ДДВ, Полтавская обл.). Обработка и дешифрирование спутниковых данных в районе также проводилось по методике оценки значений пластового давления газа в коллекторах [5]. В результате на участке выделена и закартирована относительно крупная по площади аномальная зона типа «залежь газа». Изолиния со значением 54 МПа очерчивает здесь оптимальный участок для поисков газа в интервале глубин 5200–5800 м (на глубинах расположения залежей в горизонтах В17 и В21, начальное пластовое давление в них составляло 54,13 МПа и 58,63 МПа). Площади закартированных аномальных зон следующие: общая (нулевая изолиния) – 44,0 км², по изолинии 54 – 4,3 км².

Продуктивная скважина попадает здесь в центр области с изолинией 58 (максимальные значения давления в коллекторах). Две непродуктивные расположены за пределами изолинии 54. Возможно, в этих скважинах не получены промышленные притоки газа из-за относительно низких значений пластового давления. Кроме того, в них отмечено ухудшение коллекторских свойств пород продуктивных горизонтов.

Примеры картирования потенциальных скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах

1. Первый опыт обнаружения аномальных зон типа «залежь газа (нефти)» в сланцевых породах (США) анализируется в [12].

2. На рис. 1 представлена карта-схема оценки ресурсов газа в сланцевых породах (коллекторах) Центральной и Восточной Европы [11], из которой следует, что в зону развития сланцев попадает Прибалтика. В связи с этим, с использованием методики оценки максимальных значений пластового давления выполнена обработка данных ДЗЗ рекогносцировочного характера в масштабе 1:70 000 небольшого фрагмента территории Литвы в районе известного нефтяного месторождения (рис. 2). Участок обследования выбран на карте, опубликованной в [15]. На рис. 2 известное нефтяное месторождение расположено в левом нижнем углу.

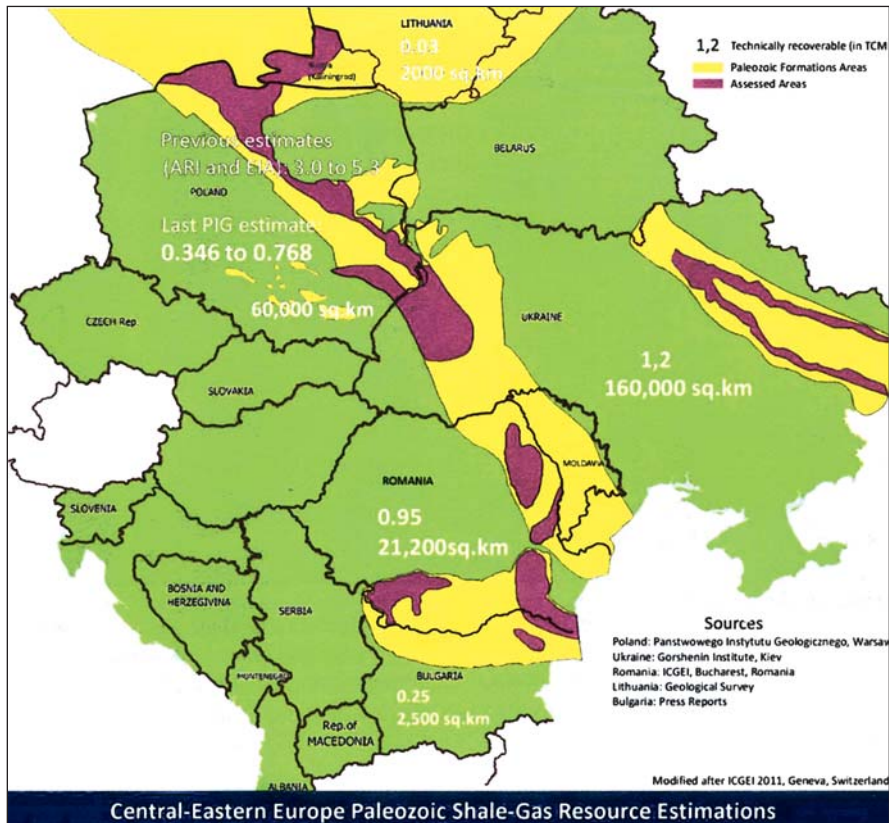


Рис. 1. Карта-схема оценки ресурсов газа в сланцевых породах (коллекторах) Центральной и Восточной Европы [11]

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.

Однако по полученным оценкам пластовых давлений в пределах обследованной площади (рис. 2) можно предположить наличие двух перспективных горизонтов. Нижний горизонт расположен в интервале глубин 2000–2150 м, здесь выделено три зоны, перспективные на нефть. В интервале глубин 1400–1500 м расположен верхний горизонт, в нем могут быть обнаружены скопления газа и нефти в сланцевых коллекторах.

3. В статье [14] «на основе анализа геолого-геофизических материалов выявлено наличие перспективных газосланцевых пород в пределах Восточного нефтегазоносного региона Украины с выделением зон, участков и интервалов для постановки первоочередных поисково-разведочных работ...». Перспективными для поисков альтернативного (сланцевого) газа авторы считают Екатериновский, Шандровский и Мажаровский объекты, в пределах которых установлены признаки газонасыщения сланцевоподобных аргиллитов.

Данные ДЗЗ в пределах Екатериновского и Шандровского участков обработаны в масштабе 1:150 000 (рис. 3), здесь обнаружено и заре-

тировано 11 аномальных зон типа «залежь газа» различной площади и интенсивности. Аномальные зоны Gas-1, Gas-6 и Gas-7 зафиксированы в пределах известных месторождений УВ – Богатойского, Илличевского и Левенцовского. Аномалии Gas-4, Gas-5 и Gas-8 и Gas-9 могут являться зонами sweet spots в сланцевых породах.

Обработка данных ДЗЗ с целью поисков залежей УВ в трещинных карбонатных коллекторах

В статье [10] приводятся детальные сведения о Кюмбинско-Юрубчено-Тохомской зоне нефтегазонакопления (Красноярский край, Россия). Обработка данных ДЗЗ небольшого участка этой зоны выполнена в масштабе 1:100 000 (рис. 4). Результаты проведенных экспериментов позволяют констатировать: а) зоны скопления нефти и газа в карбонатных коллекторах трещинного типа могут быть обнаружены и зартированы частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ; б) для данной конкретной площади обработка данных ДЗЗ в масштабе 1:100 000 позволяет выделить 60–70% аномальных зон, небольших аномалий здесь может быть намного больше; в) для детального картирования залежей в трещиноватых коллекторах масштаб обработки данных ДЗЗ должен быть 1:15 000 и крупнее.

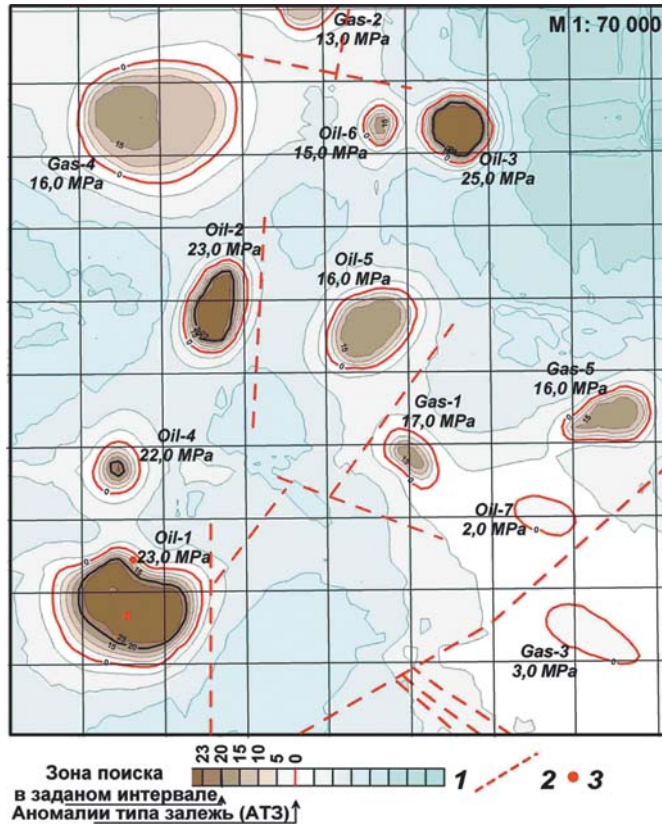


Рис. 2. Карта аномальных зон типа «залежи нефти и газа» на фрагменте площади в Прибалтике (по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ). 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – тектонические нарушения; 3 – скважины

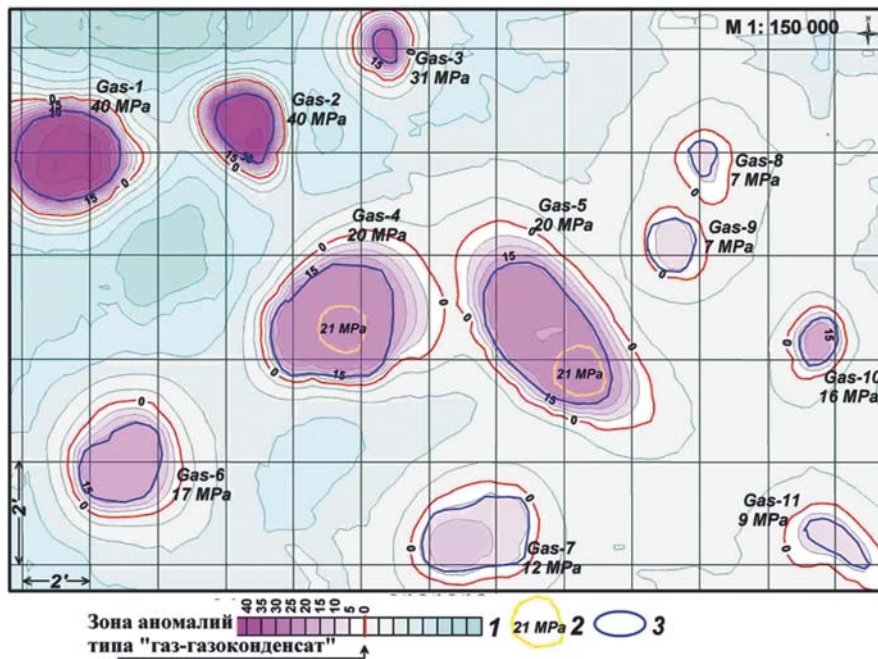


Рис. 3. Карта аномальных зон типа «газ-газоконденсатная залежь» в пределах Шандровского блока и прилегающих районов. 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – центральная часть аномалии; 3 – контур зоны газоконденсата

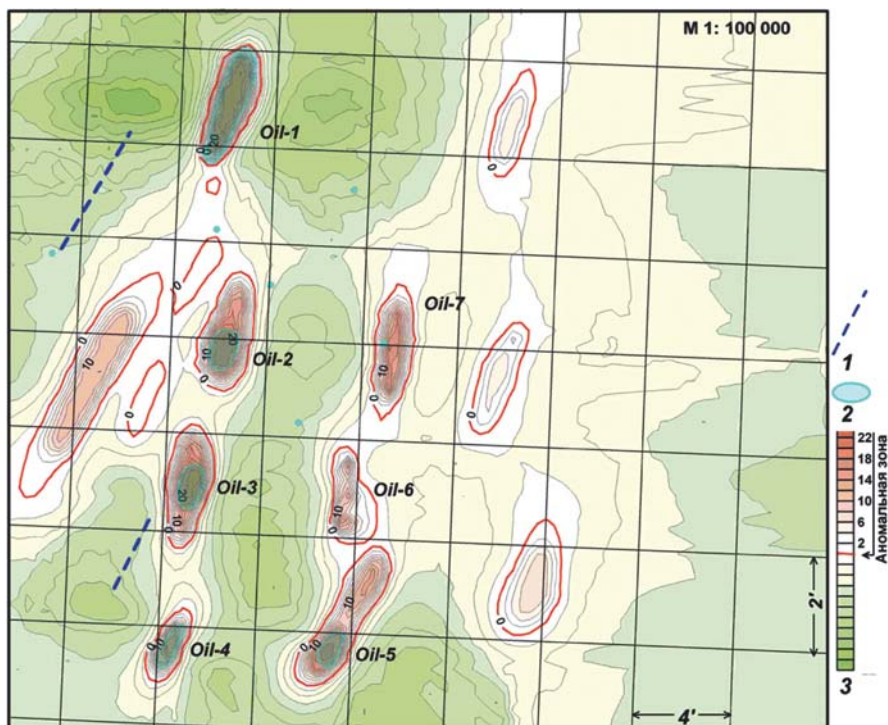


Рис. 4. Карта аномальных зон типа «нефтяная залежь» на локальном участке Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазоаккумуляции (Россия). 1 – перспективные зоны для поиска пресной воды; 2 – зоны «свободного» газа; 3 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа

О возможности обнаружения скоплений газа в плотных песчаниках

Наличие залежей газа в коллекторах такого типа прогнозируется по геолого-геофизическим данным в глубинных горизонтах разреза Днепровско-Донецкой впадины, в окрестностях расположения Беляевского соляного штока, Новомечебиловской и Славянской структур и др. районах.

Данные ДЗЗ в районе Беляевского штока обработаны частотно-резонансным методом [4] в феврале 2013 г. Полученные результаты приводятся в [12].

На участке площадью 2280 км², включающем Новомечебиловскую структуру в том числе, обнаружено и закартировано шесть аномальных зон типа «газовая и газоконденсатная залежь» различных размеров по площади и интенсивности. Общая площадь всех аномальных зон – 136,48 км². Это составляет 5,99% от обследованной площади участка.

В районе расположения структуры Славянская обработаны данные ДЗЗ участка площадью 670 км². В его пределах обнаружено и закартировано две аномальные зоны площадью 80,0 и 8,9 км².

Результаты проведенных экспериментальных исследований дают основания констатировать следующее:

а) частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ [4, 5] позволяет обнаруживать и картировать в областях распространения нетрадиционных коллекторов зоны *sweet spots*, в пре-

делах которых из пробуренных скважин могут быть получены коммерческие притоки газа;

б) использование этого метода при поисках и разведке скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (угленосных и кристаллических породах, сланцах, плотных песчаниках) позволяет оптимизировать расположение поисковых, разведочных и добывающих (эксплуатационных) скважин, а следовательно, существенно образом сократить их количество и вредное воздействие на окружающую среду.

Выводы

Мобильные геофизические технологии позволяют оперативно выявлять и картировать потенциальные скопления нефти и газа в коллекторах традиционного и нетрадиционного типов.

Оперативная обработка данных ДЗЗ участков поисков УВ и бурения скважин позволяет получить значительный объем новой (дополнительной) и, главное, независимой информации, которая вместе с имеющимися геолого-геофизическими материалами позволяет сформировать более полное (адекватное) представление о перспективах их нефтегазоносности. Независимый характер этой информации обусловлен тем обстоятельством, что она получена без привлечения имеющихся материалов геолого-геофизических исследований прошлых лет. И, что особенно существенно, материальные (финансовые) и временные затраты на получение этой информации

несопоставимы с затратами (временными и финансовыми) предыдущих лет на геолого-геофизическое изучение лицензионных участков.

И еще одна отличительная особенность полученных данных: их можно классифицировать как «прямые признаки газоносности» обследованных участков. Полученные материалы более определенно указывают на наличие скоплений газа в разрезе. Они более конкретно очерчивают участки поисков залежей, а также существенно сужают области оптимального заложения поисковых скважин.

Использование при поисках и разведке скопленных УВ в нетрадиционных коллекторах мобильных методов и технологий, позволяющих получать новую информацию с «прямыми признаками нефтегазоносности», дает возможность **существенным образом сократить количество поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, а следовательно, и негативное воздействие на окружающую среду.** Для Украины (и других европейских стран в том числе) экологические вопросы при разработке УВ нетрадиционных коллекторов имеют принципиальное значение.

1. *Геоэлектрические* и дистанционные исследования скопленных газогидратов в структурах дна Западной Антарктики (по результатам сезонных геофизических работ 17-й Украинской антарктической экспедиции. 2012 г.) / Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. // *Геоинформатика*. – 2012. – № 3. – С. 12–21.

2. *Григорьев Г. А., Афанасьева Т. А.* Перспективы промышленного освоения нетрадиционных ресурсов газа в России // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2012. – Т. 7. – № 2. – http://www.ngtp.ru/rub/9/29_2012.pdf

3. *Корчагин И. Н., Левашов С. П., Якимчук Н. А.* О возможности применения мобильных геофизических технологий для поисков скопленных углеводородов в кристаллических породах // *Кудрявцевские чтения: Тезисы докладов I Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. Москва, 22–25 октября 2012 г.* http://conference.deeroil.ru/images/stories/docs/tema/047_Korchagin-Levashov-Jakimchuk_Theses.pdf

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

5. *Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: ре-

зультаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения // *Геоинформатика*. – 2011. – № 2. – С. 19–35.

6. *Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Применение мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скопленного метана в угольных бассейнах // *Геолог Украины*. – 2011. – № 2(34). – С. 49–54.

7. *Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Возможность мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скопленного метана в угольных бассейнах и других нетрадиционных горючих ископаемых // *Геоинформатика*. – 2011. – № 3. – С. 5–25.

8. *Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Использование мобильных геофизических технологий для оценки перспектив нефтегазоносности крупных блоков и глубинных горизонтов разреза (Прикаспийская впадина, Республика Казахстан) // *Геоинформатика*. – 2012. – № 4. – С. 5–18.

9. *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.

10. *Нефтегазоносность докембрийских толщ Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазоаккумуляции* / Харахинов В. В., Шленкин С. И., Зеренинов В. А. и др. // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2011. – Т. 6. – № 1. – http://www.ngtp.ru/rub/4/12_2011.pdf

11. *Полеску Б., Велициу С., Ранет Э.* Восточно-Европейский регион – будущий центр добычи нетрадиционных ресурсов углеводородов? Перспективы Румынии? // *Нефтегазовая геофизика – нетрадиционные ресурсы: Материалы научно-практической конференции. 20–24 мая 2013 г.* – Ивано-Франковск. – С. 30–32.

12. *Применение* мобильных геофизических методов для обнаружения и картирования залежей газа в сланцевых породах / Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. // *Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты: Тезисы докладов XII Международной конференции. Киев, 13–16 мая 2013 г.* – CD-ROM.

13. *Результаты* применения геолого-геофизического метода прогноза зон скопленного метана (на примере шахты им. А. Ф. Засядько) // Л. И. Пимоненко, А. А. Каргаполов, Д. П. Гуня, В. К. Свистун // *Геоинформатика*. – 2012. – № 4. – С. 22–27.

14. *Ставицкий Е. А., Голуб П. С.* Результаты комплексных досліджень та обґрунтування перспективних зон і полігонів для пошуків сланцевого газу // *Мінеральні ресурси України*. – 2011. – № 2. – С. 4–12.

15. *Zdaniavičiūtė O.* Perspectives of oil field exploration in Middle Cambrian sandstones of Western Lithuania // *Geologija*. – 2005. – № 51. – P. 10–18.