

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАЛЕГАНИЯ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В СЛАНЦЕВЫХ ПОРОДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОМПЛЕКСА “ПОИСК”

© Н.И. Ковалев¹, С.В. Солдатова¹, В.А. Гох¹, П.Н. Иващенко², 2011

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности Минтопэнерго Украины
²ООО “Институт геофизики и проблем Земли”, Киев, Украина

Analyzed in the article are the results of practical prospecting work by means of remote-sensing instruments for detection and delineation of gas anomalies in the shale. Determined in the paper is an amount of gas horizons, their depth and gas pressure, as well as gas flows in the shale. These features of gas anomalies occurrence in the shale were revealed by the equipment “Search”. That allowed to organize prospecting work efficiently and significantly improve economic indexes of gas fields development in the shale.

Keywords: remote complex equipment “Search”, gas anomalies, shale, gas flow, gas collector, fissuring.

Введение. В последние годы наблюдается большой интерес к разработке месторождений сланцевых газов. При их разработке производится бурение вначале вертикальной скважины, а затем — горизонтальной между несколькими газоносными горизонтами (расположенными вблизи друг к другу) с последующим гидроразрывом пластов и созданием повышенного давления в образованном коллекторе с повышенной трещиноватостью. Это обеспечивает более эффективное извлечение газа. Однако очень часто пробуренные скважины оказываются пустыми по причине отсутствия скопления газа в сланцевых породах, что существенно влияет на стоимость добытого газа. Традиционные дистанционные способы поиска (сейсморазведка, гравиразведка) не позволяют достоверно определить газоносные коллекторы и давление газа в них до начала бурения. Заказчиком (ООО “Институт геофизики и проблем Земли”) были привлечены специалисты из СНУЯЭиП для исследования особенностей залегания сланцевого газа. К тому времени Заказчиком было пробурено на данном лицензионном участке 4 скважины (площадь участка ~128 км²) после выполнения сейсмики (3D) и гравиразведки. Однако скважины оказались пустыми [2].

Постановка задачи. Основные задачи исследования:

- проверка эффективности и оперативности дистанционного комплекса “Поиск” по выявлению, оконтуриванию газовых аномалий, измерению мощностей и глубин залегания газовых коллекторов в сланцевых породах на глубинах до 5000 м;
- измерение давлений в газовых коллекторах и установление направлений подземной миграции газа в сланцевых породах;
- изучение особенностей залегания сланцевого газа на всей площади;

- выбор точек под бурение скважин в аномалиях с промышленным содержанием газа.

Методы исследования. Для оперативного выполнения поставленных задач (в течение 4 мес) применялись методы дистанционной космогеологической разведки и полевая аппаратура дистанционного геофизического комплекса “Поиск” [3]. Основанием для использования при поиске сланцевого газа дистанционного географического комплекса “Поиск” послужило следующее:

- а) успешное использование его при исследовании путей миграции метана от природных источников газовых скоплений под угольные пласты по узким трещиноватым зонам в шахтных полях:
 - шахты им. А.Ф. Засядько (Украина) [4];
 - шахт Ерунаковская-8 и СУЭК (Россия) [5, 6];
- б) обнаружение крупного скопления газа и газового конденсата под Новоконстантиновской урановой шахтой, Украина [7];
- в) практические результаты по использованию аппаратуры комплекса “Поиск” при выполнении полевых работ по обнаружению газа и нефти в Украине, России, ОАЭ, США, Эфиопии, Турции.

Указанные работы позволили установить, что газ под угольные пласты и под урановые рудные тела может поступать по узким коллекторам в разломных зонах мелкозернистого песчаника и гранитов из газовых залежей, расположенных в нескольких километрах от границ шахтных полей, что подтверждено бурением (к настоящему времени — на двух шахтах).

При выполнении данной работы также предусматривалось проведение контрольного бурения для подтверждения параметров залегания выявленных газовых аномалий. До начала работ Заказчиком на лицензионной площади был осуществлен весь комплекс геофизических

работ, подтвердивший перспективность лицензионной площади, и пробурены 4 разведочные скважины до глубины 4 км. Все они оказались пустыми.

Результаты работ. Работы проводились в два этапа в течение 4 мес. На 1 этапе работ выполнялась геокосмическая фоторазведка с последующей обработкой космических фотоснимков по авторской технологии с использованием ядерного реактора ИР-100 СНУЯЭиП [1, 3]. Их расшифровка позволила выявить 25 газовых аномалий, расположенных вдоль трех зон с повышенной трещиноватостью пород (эти зоны также были выявлены традиционными методами). Площади каждой аномалии составляли от 0,1 до 3,1 км², общая площадь 7,8 км². Количество горизонтов в данных аномалиях оказалось равным шести, мощности газовых коллекторов составили около 50 м, а давление газа в них 5–6 МПа. Из 25 аномалий только 13 имеют практическое значение (их общая площадь 7,24 км²), так как их размеры по диагонали составили 0,8–2,5 км, что обеспечивало размещение хотя бы одной горизонтальной скважины длиной 1,0 км (предусмотрено по технологии добычи сланцевого газа).

Кроме того, по расшифровке космических фотоснимков и в результате полевых работ (2-й этап) с применением мобильной дистанционной аппаратуры комплекса “Поиск” были установлены направления миграции газа с запада на северо-восток и восток. Направление миграции совпало с направлением разломных зон. Причем все аномалии оказались взаимосвязаны между собой узкими газопроницаемыми каналами в трещиноватом сланце. В западной части за пределами лицензионной площади (1,5–2,0 км) были выявлены две крупные газовые залежи с глубиной залегания газового горизонта 3,5–3,6 км ($\Delta h = 100$ м) и давлением в них 60 МПа. Площади двух аномалий составили 2,9 и 2,2 км² (общая площадь 5,1 км²). Данные залежи располагались вблизи глубинного разлома, проходящего с юга на север. Было установлено, что ранее пробуренные четыре скважины не попадали в границы выявленных газовых аномалий, хотя находились в 30–50 м от узких газоносных каналов (рисунок).

После выбора точек под бурение поисковых скважин на выявленных газовых аномалиях, имеющих промышленное значение, было выполнено бурение в наиболее перспективной аномалии 1 с повышенным давлением газа (рисунок). Первая скважина вскрыла промышленную газовую залежь с давлением газа 62 МПа на глубине 3510 м.

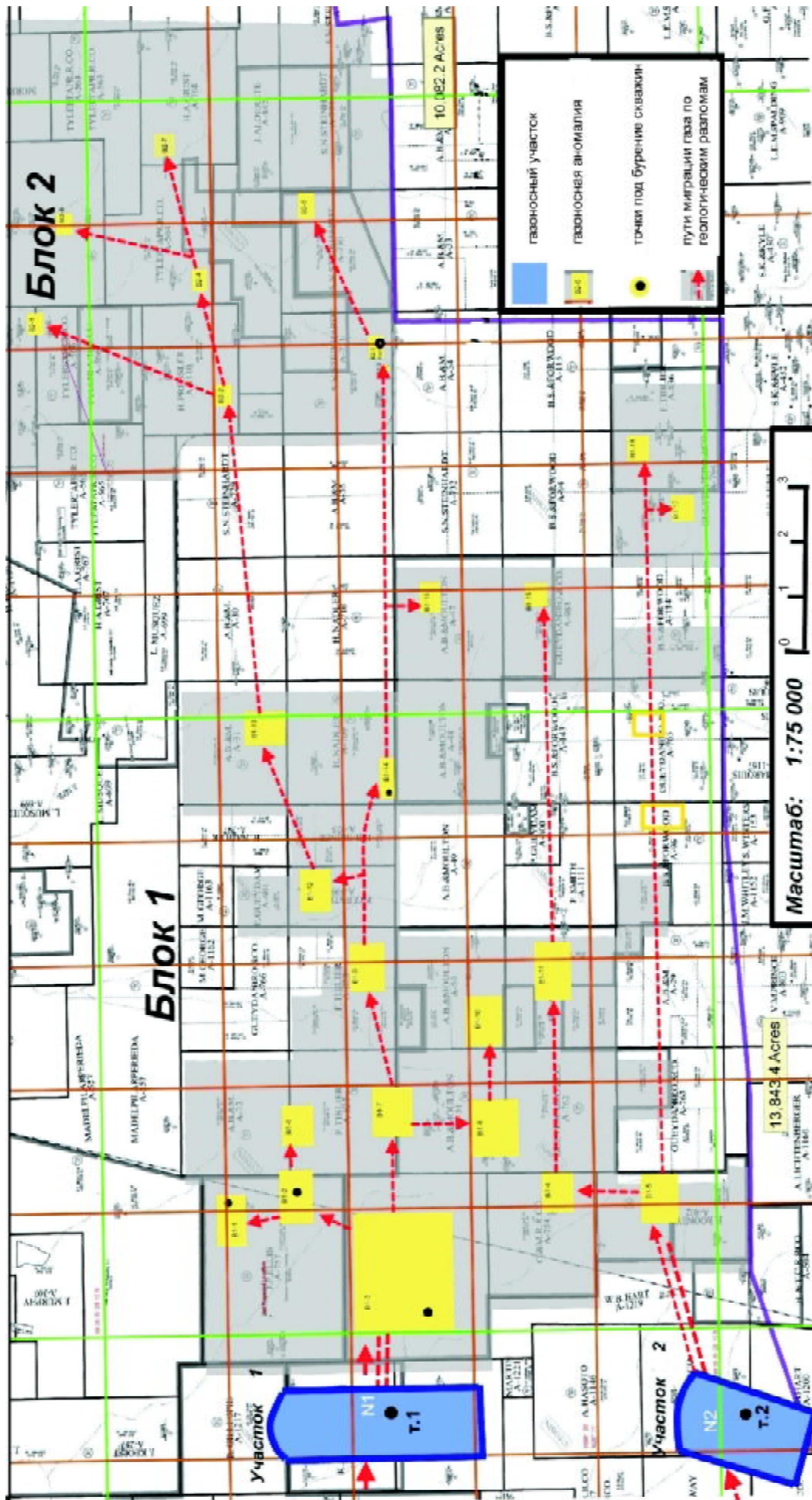
Согласно расчетам извлекаемых запасов, из аномалии с повышенным давлением газа может быть извлечен газ в следующих объемах, млрд м³:

- 2,4 – аномалия 1 ($S_1 = 2,9$ км², $\Delta H_r = 150$ м, $P_r = 62$ МПа);
- 1,8 – аномалия 2 ($S_2 = 2,2$ км², $\Delta H_r = 150$ м, $P_r = 62$ МПа).

Общий объем извлекаемого газа в 2 аномалиях составил 4,2 млрд м³ при их площади 5,1 км², а на остальных 13 аномалиях объем извлекаемого газа в 4 раза меньше (1 млрд м³) при их суммарной площади 7,24 км². Затраты на бурение скважин на 13 аномалиях в 1,5 раз больше, чем на 2 газовых залежах с высоким давлением газа. Расчетная стоимость извлекаемого газа из газовых залежей с повышенным давлением может быть в 4 раза меньше, чем из 13 сланцевых аномалий.

Выводы и рекомендации.

1. В результате геофизических работ с применением аппаратуры дистанционного комплекса “Поиск” и детальной космогеологоразведки на площади участка 128,5 км² обнаружены и околтурены 25 аномалий, расположенных в трещиноватых сланцевых породах лицензионной площади на глубинах 840–2400 м. Сланцевый газ залегает в 6 газовых коллекторах, мощность каждого 50 м и давление газа в них 5,5–6 МПа.
2. Общая площадь 25 газоносных аномалий, расположенных в сланцевых породах, составила 6 % площади распространения сланцевых пород, из них только 13 аномалий имеют промышленное значение (общая их площадь 7,24 км²). Через все аномалии с установившимся давлением 6 МПа происходит миграция газа по узким газопроницаемым каналам в трещиноватых сланцевых породах (алевролитах).
3. Основной объем газа в 25 аномалий, расположенных в сланцевых породах, поступает из двух выявленных крупных газовых залежей с повышенным давлением газа в них (62 МПа), расположенных в 1,5–2 км от лицензионной площади.
4. Согласно расчетам, экономически целесообразнее прежде всего разработка аномалий с повышенным давлением газа в них, от которых природный газ поступает по трещиноватым каналам в сланцевые породы.
5. Обнаружение и разработка аномалий с повышенным давлением газа в них, расположенных вблизи сланцевых пород, позволяют существенно улучшить экономические показатели добычи сланцевых газов.
6. Задачи по поиску сланцевых газов могут решаться путем комплексирования традиционных методов геологоразведки и применения аппаратуры дистанционного комплекса “Поиск”, имеющего высокую оперативность по обследованию крупных площадей и обнаружению газовых залежей с повышенным давлением газа в них до проведения поискового бурения.



Выявленные газоносные участки и аномалии на лицензионном участке (США, штат Техас)

1. *Ковалев Н.И., Гох В.А., Иващенко П.Н., Солдатова С.В.* Опыт практического использования аппаратуры комплекса “Поиск” по определению границ нефтегазоносных участков и выбора точек под бурение скважин // *Геоинформатика*. – 2010. – № 4. – С. 5.
2. *Ковалев Н.И., Белявский Г.А., Мороз Н.А., Солдатова С.В. и др.* Выбор точек под бурение скважин сланцевого газа с помощью дистанционной аппаратуры комплекса “Поиск” на территории штата Техас (США): Отчет о НИР Сланец, СНУЯЭиП. – Севастополь, 2010. – 110 с.
3. *Баккай Э.А., Иващенко П.Н., Ковалев Н.И.* Способ поиска залежей полезных ископаемых // Пат. 35122 Украина. От 26.08.2008 г.
4. *Ковалев Н.И., Гох В.А., Котелянец И.И. и др.* Выбор точек под бурение газоносных скважин газа с помощью дистанционной аппаратуры комплекса “Поиск” на шахтном поле угольной шахты Засядько: Отчет о НИР, ш. Засядько / СНУЯЭиП., ГГН. – Донецк, 2009. – 48 с.
5. *Ковалев Н.И., Белявский Г.А., Филиппов Е.М., Солдатова С.В. и др.* Определение аномалий природного газа в шахтном поле шахты Ерунаковская-8: Отчет о НИР, СНУЯЭиП. – Новокузнецк, 2010. – 6 с.
6. *Ковалев Н.И., Белявский Г.А., Солдатова С.В. и др.* Определение аномалий природного газа в шахтном поле угольной шахты СУЭК. Отчет за 1-й этап НИР // СНУЯЭиП. – Новокузнецк; Ленинский, 2010 – 48 с.
7. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. и др.* О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах // *Геоинформатика*. – 2010. – № 1. – С. 22–32.

Поступила в редакцию 11.05.2011 г.

Н.И. Ковалев, С.В. Солдатова, В.А. Гох, П.Н. Иващенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАЛЕГАНИЯ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В СЛАНЦЕВЫХ ПОРОДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОМПЛЕКСА “ПОИСК”

Анализируются результаты практических поисковых работ с применением дистанционных средств геологоразведки по обнаружению и оконтуриванию газовых аномалий в сланцевых породах, определению количества газовых горизонтов, их мощностей, глубин залегания и давления газа в них, а также путей миграции газа в сланцевых породах. Выявленные с помощью аппаратуры “Поиск” особенности залегания газовых аномалий в сланцевых породах позволяют более эффективно организовать поисковые работы и существенно повысить экономические показатели освоения сланцевых газовых месторождений.

Ключевые слова: дистанционный комплекс “Поиск”, газовые аномалии, сланцевые породы, миграция газа, газовые коллекторы, трещиноватость.

М.І. Ковальов, С.В. Солдатова, В.А. Гох, П.М. Иващенко

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАЛЯГАННЯ ГАЗОВИХ ПОКЛАДІВ У СЛАНЦЕВИХ ПОРОДАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АПАРАТУРИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ “ПОШУК”

Досліджено результати практичних пошукових робіт із застосуванням дистанційних засобів геологорозвідки з виявлення та оконтурювання газових аномалій у сланцевих породах, визначення кількості газових горизонтів, їх потужностей, глибин залягання і тиску газу в них, а також шляхів міграції газу в сланцевих породах. Виявлені за допомогою апаратури “Пошук” особливості залягання газових аномалій у сланцевих породах дають змогу ефективніше організувати пошукові роботи й істотно підвищити економічні показники освоєння сланцевих газових родовищ.

Ключові слова: дистанційний комплекс “Пошук”, газові аномалії, сланцеві породи, міграція газу, газові колектори, тріщинуватість.