

**НИСКОПРОНИЦАЕМИ КОЛЕКТОРИ В СЕДИМЕНТНИЯ РАЗРЕЗ НА
ЦЕНТРАЛНА СЕВЕРНА БЪЛГАРИЯ И ОБЗОР НА МЕТОДИТЕ ЗА
ИЗЛЕДВАНЕ НА РЕЗЕРВОАРНИТЕ ИМ СВОЙСТВА**

Христо Димитров, Лъчезар Георгиев, Румен Кулев

*Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, Геологопроучвателен факултет,
София 1700, България, e-mail: hristo_dimitrov@mgu.bg; lucho_sdng1@mail.bg; r.kulev@abv.bg*

**LOW-PERMEABILITY RESERVOIRS IN THE SEDIMENTARY SECTION OF
CENTRAL NORTHERN BULGARIA AND SURVEY OF THE RESEARCH METHODS OF
THEIR RESERVOIR PROPERTIES**

Hristo Dimitrov, Lachezar Georgiev, Rumen Kulev

*University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Faculty of Geoexploration,
Sofia 1700, Bulgaria, e-mail: hristo_dimitrov@mgu.bg, lucho_sdng1@mail.bg, r.kulev@abv.bg*

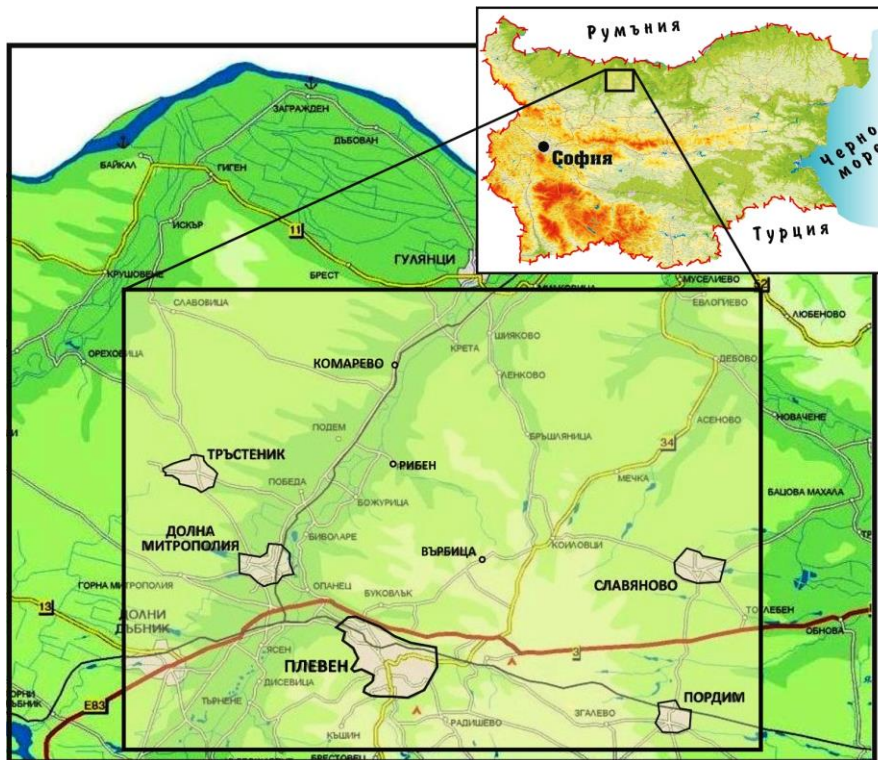
ABSTRACT

In recent years, the prospects for global hydrocarbon stock growth are increasingly associated with the inclusion of stocks accumulated in low-permeability reservoirs (permeability of 0.01 ÷ 0.1 mD). The main objective of the present study is the separation of low-permeable collectors in the sedimentary section of Central Northern Bulgaria and an overview of the methods for the investigation of their reservoir properties. In order to achieve this goal, the data from laboratory studies published in the literature, geophysical studies from exploration boreholes and several seismic sections, which cut off the area of research, were used. It was found that with the characteristics of low-permeability reservoirs in the studied area, from the detailed analysis carried out, fit best are the sediments of the Ladinian permeable formation, which is part of the Upper Triassic-Middle Jurassic low-permeable region. The low-permeability reservoirs are represented by carbonate rocks - limestone, dolomite and clastic sedimentary rocks - sandstones, siltstones and dolomite breccia. The porosity of the limestone varies from 1 to 4-5% and in the case of dolomites is 3%. In the case of the permeability in the order of 0.006 to 0.12 mD was detected in the laboratory. The overview of current approaches to laboratory determination of reservoir properties of low-permeability reservoirs gives the reasons to draw the conclusion that existing traditional laboratory equipment is unreliable and applicable to carry out the research in this direction. This required the development of an experimental installation for research of rock samples.

Key words: low-permeability reservoirs, sedimentary section, Central Northern Bulgaria

ВЪВЕДЕНИЕ

В последните години, перспективите, касаещи прираста на въглеродородните запаси в световен мащаб, все повече се свързват и с приобщаване на залежи, акумулирани в нископроницаеми колектори (проницаемост - от 0.01 ÷ 0.1 mD). Тези съвременни тенденции, мотивираха провеждането на научноизследователски дейности за част от територията на Република България (фиг. 1), които биха могли да положат основите в бъдеще на по-задълбочено оценяване на нефтогазоносната перспективност в тази част от страната. Основните цели, заложи в настоящето изследване се свеждат до: отделянето в седиментния разрез на Централна Северна България на нископроницаеми колектори; и обзор на методите за изследване на резервоарните им свойства. За постигане на поставените цели са използвани данните от лабораторни изследвания, публикувани в литературата, сондажно-геофизичните изследвания от търсещо-проучвателни сондажи, прокарани в обхвата на Централна Северна България и няколко сеизмични разреза, сечащи района на изследване.



Фиг. 1. Обзорна географска карта с границите на изследвания район

ГЕОЛОЖКА РАМКА

В изследвания район, седиментните разрези на неозоя и мезозоя, са преминати от десетки сондажи. Съобразно поставените задачи, в настоящето изследване вниманието основно е акцентирано върху средно-горнотриаските и долно-средноюрските седименти.

Характеристиката на мезозойските литостратиграфски единици е съставена на базата на литературни данни от книгите „Геология и нефтогазоносна“ (Атанасов и Боков, 1983 г.) и „Речник на българските“ (Джуранов и др., 1993 г.).

Триаска система. В границите на Мизийската платформа (между реките Огоста и Янтра), повече от 200 сондажи доказват повсеместно разпространение, а някои от тях и пълно развитие в дълбочина на триаската система.

Дойренска свита е изградена от карбонатни скали – варовици и доломити. Дебелината ѝ е от 400 до 1000 m. **Митровска свита** се характеризира от тъмни пясъчници, алевролити и аргилити. Дебелината на свитата достига до 140 m. **Русиновделска свита** е изградена от доломити. Дебелина - до около 90 m. **Преславска свита** се характеризира от доломити, анхидрити и каменна сол. Дебелината на свитата варира от 25 до 237 m. **Горнодъбнишка свита** включва пъстроцветни аргилити, алевролити, мергели. Дебелина в сондажните разрези - от 140 до 250 m. **Тученишка свита** е представена от разнозърнести варовикови пясъчници, варовикови гравелити и брекчи. Дебелина на свитата - до 1085 m.

Юрска система. Юрската система е широко разпространена в разрезите от Централна Северна България. Разгледани са Озировска и Етрополска свита.

Озировска свита е представена от пясъчливи варовици и по-ограничено от варовити пясъчници. Дебелина на свитата – до 90 m. В свитата са отделени следните членове – Букоровски, Долнолуковитски и Сухиндолски. **Етрополска свита**, включва аргилити, алевролити и пясъчници. Дебелина - до около 140 m. В свитата е отделен Лопянски член.

Структурно-тектонска характеристика. Според регионалната тектонска подялба, районът на изследване попада в обхвата на първостепенната тектонска единица *Мизийска платформа*, която включва няколко структурни единици от втори порядък, от които е разгледана само тази, част, от която са обект на изследването и е известна в геоложката литература под наименованието Искърско-Янтренското стъпало. *Искърско-Янтренското стъпало* се обособява като единна морфоструктурна единица в горноюрско-долнокредния структурен етаж. По триаския структурен план има много по диференциран тектонски строеж. В регионален план се наблюдава затъване на отложенията от изток на запад и от север на юг (Атанасов, Боков, 1983). В границите на Искърско-Янтренското стъпало са разграничени няколко структурни единици от трети порядък - *Плевенски блок*, *Рибенски грабен*, *Тученишко стъпало*, *Гигенско-Корабийска издигнатина*, *Новаченска моноклинала*, *Масларевска издигнатина*, *Северокнежанска тераса* (фиг. 2).

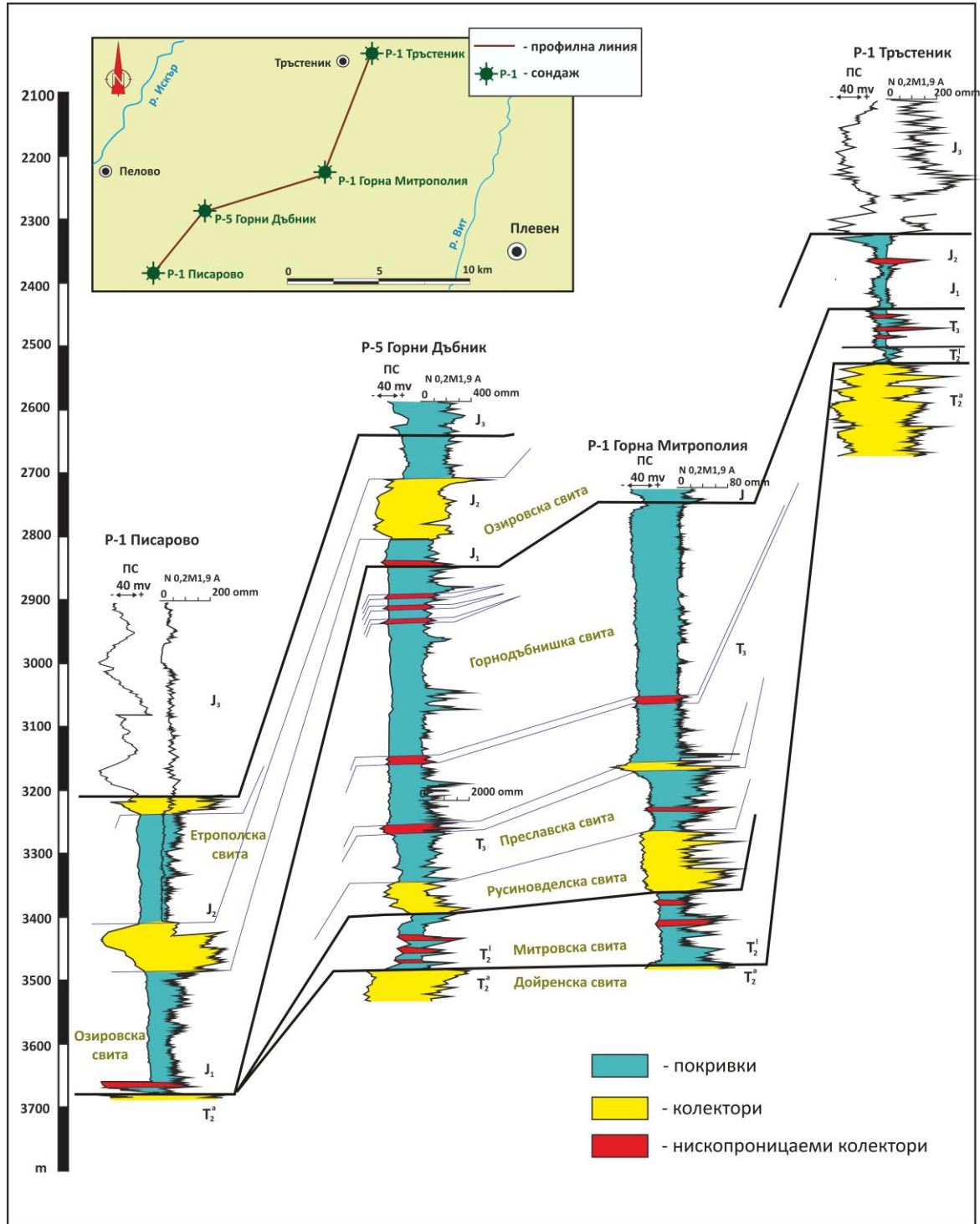


Фиг. 2. Тектонска схема на изследвания район (по Атанасов и Боков, 1983, с изменения) с местоположението на използваните в изследването сондажи и сеизмични профили.

ОТДЕЛЯНЕ НА НИСКОПРОНИЦАЕМИ КОЛЕКТОРИ

От проведения детайлен анализ, беше установено, че с характеристики на нископроницаеми колектори в изследвания район се вписват най-добре седиментите от Ладинската зонална проницаема задруга, която е част от *Горнотриаско-средноюрски регионален труднопроницаем комплекс*. Седиментите притежават добре изразени екраниращи качества, за което свидетелстват няколко промишлени и полупромишлени въгледородни акумулации. Въпреки това, в състава на комплекса участват и 4 зонални проницаеми задруги, които се характеризират със значително влошени колекторски характеристики и именно с тях е свързано отделянето на нископроницаеми колектори в границите на изследвания район (фиг. 3). Триаският дял от комплекса е представен от наслагите на Митровска и Преславска свита. Различните литотипове труднопроницаеми скали в триаския разрез се характеризират с абсолютна проницаемост най-често под 0.01 mD. Нископроницаемите колектори от

Ладинска зонална проницаема задруга са представени от карбонатни скали (варовици и доломити) и теригенни седименти - пясъчници, алевролити и доломитни брекчи. Дебелината им е от 15 до 40 m, но в повечето случаи са прослоени от 1 до 2-3 нискоомни предимно аргилитни пластове с дебелина от 3 до 7 m. Варовиците и доломитите са неравномерноглинести и алевритни. По структурни белези варовиците са предимно микрозърнести и фрагментирани - биодетритусни, грудково-съсирчени. Микрозърнестите и някои от фрагментираните разновидности са силно уплътнени, поради което откритата им вместимост е около 1%. Останалата част от фрагментираните варовици се характеризират с по-високи стойности на открита вместимост 4-5%. Доломитите са със средна открита вместимост от 3%. В тях лабораторно е установена проницаемост от порядъка на 0.006 до 0.12 mD. Получените притоци от вода са незначителни - от 0.13 до 6.00 m³/d. В райони с доказана промишлена нефтогазоносност в проницаемите ладински седименти са установени натрупвания от въглеводороди.



Фиг. 3. Каротажна корелация с отделените проницаеми (колектори) и труднопроницаеми (изолиращи) тела

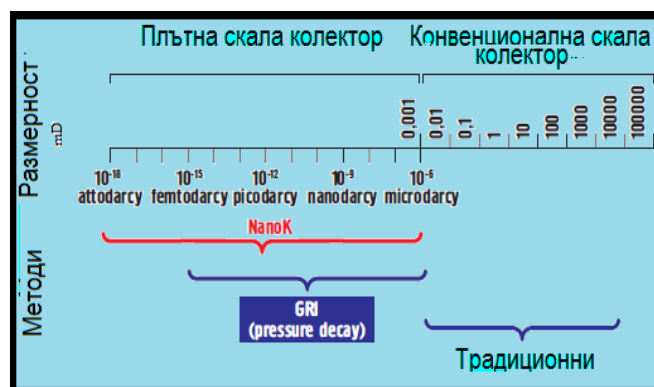
По отношение на пространственото развитие на *Ладинската зонална проницаема задруга (ЛЗПЗ)* е отчетена следната зависимост (фиг. 3). На юг от Дъбнишко-Тученишкия разлом, в обхвата на Тученишкото стъпало, седиментите на Митровска свита изцяло отсъстват и долноюрските наслаги на Озировска свита, залягат върху тези с анизка възраст (карбонатите на Дойренска свита). В пределите на Плевенския издигнат блок ЛЗПЗ е добре

развита с пълния си разрез. На север от Тръстенишко-Славяновския разлом, в границите на Рибенския грабен също се отчита отсъствие на проницаемата задруга (с-ж Р-1 Тръстеник). Фактически в грабена съществува разрез на Митровска свита, но той е представен само от нейните аргилити, които притежават качествата на изолиращи покривки. В обхвата на Новаченската моноклинала, по подобие на ситуацията в Тученишкото стъпало, седиментни скали с ладинска възраст изцяло отсъстват. Това се дължи на силно изразените процеси на дълбока предюрска ерозия, успяла да се вреже чак в долнотриаските наслаги.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФИЛТРАЦИОННИТЕ СВОЙСТВА НА КОЛЕКТОРИ С НИСКА ПРОНИЦАЕМОСТ

При реализирането на проекти за: търсене, проучване, разработване, изготвяне на технико-икономически анализ и оценяване на ресурсите/запасите на въглеводородни акумулации в различни категории, а така също и за определяне на изходните технологични показатели на разработката им, основните задачи са свързани с изучаването на резервоарните свойства на продуктивните хоризонти. Това важи в по-голяма степен за колектори, изградени от плътни скали с ниски стойности на проницаемостта.

В специализираната литература и практика за присъствието на природен газ и нефт в обширни геоложки пространства с разпространение на плътни скали-колектори, се правят изследвания и проучвания от втората половина на миналия век. Едновременно с това се полагат значителни аналитични и финансови усилия за усъвършенстване на общоприетите и внедряване на нови методи на изследване. Анализът показва, че традиционните лабораторни методи за определяне на резервоарните свойства на плътните (слабо проницаеми) скали имат ограничено приложение (фиг. 4).



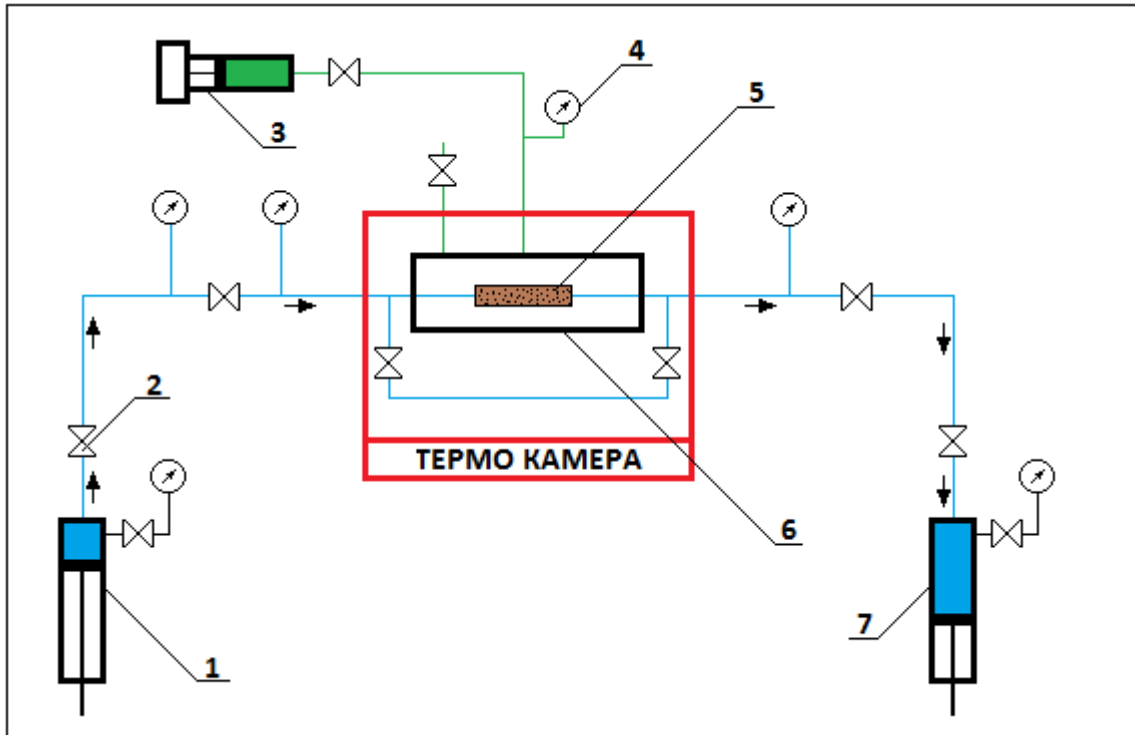
Фиг. 4. Диапазон на лабораторните методи за определяне на резервоарните свойства на скали колектори (Експлуатация нетрадиционных залежей..., 2016)

За изследване на проницаемостта на скални плътни проби е разработена научно-изследователска апаратура, показана на фиг. 5. В изследователската апаратура са включени четири основни модула:

- ✓ *модул на ядкодържателя*, в който се помещава предварително подготвен за изследване образец;
- ✓ *температурен модул*, състоящ се от термо камера, чрез която се осъществява поддържане на постоянна температура (предварително зададена) по време на провеждане на изследването;

- ✓ *хидравличен модул*, състоящ се от три хидравлични помпи, присъединителни линии и спирателни и регулиращи кранове;
- ✓ *измерителен модул*, съставен от отчитащи и записващи манометри и датчици за налягане.

Подготовката за провеждане на изследването протича при следната последователност:



Фиг. 5. Експериментален стенд за изследване на филтрационните параметри на нископроницаеми скали.

Предварително подготовения за изследване образец – позиция **5** от Фиг. 5 се поставя в изолиращ маншон, след което се монтира в ядкодържателя - **6**. Чрез хидравлична помпа - **3** се създава притискащо (имитиращо терастатичното) налягане на образца, отчитано посредством манометър – **4**.

Температурният режим, при който ще се провежда изследването се задава и се контролира с помощта на регулатор и датчик за температура, монтирани към термокамерата.

Към входа и изхода на образца, чрез присъединителни линии и кранове се монтират хидравлични помпи – **1** и **7**. За целта най-подходящи са помпи от типа Quizix QX, при които съществува възможност работа с предварително зададена постоянна стойност на работния дебит. В процеса на провеждане на изследването е предвидено помпа - **1** да работи при режим нагнетяване, а помпа – **7** при режим засмукване. Работната депресия на образца се отчита посредством, монтирани към входа и изхода му, манометри (датчици за налягане) и записваща компютърна система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детайлният анализ върху проницаемите и труднопроницаеми комплекси с регионално разпространение, позволи отделянето в част от мезозойския разрез на Централна Северна България на седиментни скали с характеристики на нископроницаеми колектори. Най-добре като такива се вписват седиментите от *Ладинската зонална проницаема задруга*, която е част от *Горнотриаско-средноюрския регионален трудпроницаем комплекс*. Нископроницаемите колектори са представени от карбонатни скали (варовици и доломити) и теригенни седименти - пясъчници, алевролити и доломитни брекчи.

Направения преглед на съвременните подходи за лабораторно определяне на резервоарните свойства на плътни скали-колектори, дава основание да бъде отчетено, че съществуващите традиционни лабораторни оборудвания са недостатъчно надеждни и приложими за провеждане на изследвания в тази посока. Това наложи разработването на експериментална установка за провеждане на изследване на скални плътни образци;

Получените резултати, от една страна имат приложна и научна стойност за изучаването на отделените в седиментния разрез на Централна Северна България нископроницаеми колектори, в които биха могли да бъдат акумулирани въгледородни съединения, а от друга - за разработването и налагането на специфични технологии за разкриването на тези нископроницаеми колектори и евентуалния добив на нефт и газ от тях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атанасов, А., П. Боков, (ред.). 1983. *Геология и нефтогазоносна перспективност на Мизийската платформа в Централна Северна България*. Техника, С., 287.
2. Джуранов, С., М. Иванов, Н. Йолкичев, Д. Кожухаров, Т. Николов и др. 1993. *Речник на българските официални литостратиграфски единици*. БАН, София.
3. Занева-Добранова, Е., Щ. Льошов, А. Ангелов. 2012. *Неконвенционални източници на въгледородни ресурси, технологии и екологични предизвикателства*. С., Изд. къща „Св. Ив. Рилски”, 211 с.
4. Тонконогов, Ю. М., П. Б. Мулер. 2013. Иновационные методы петрофизических исследований низкопроницаемых горных пород. - *Нефтегазовая вертикаль*, 9, 34-36.
5. *Эксплуатация нетрадиционных залежей. Анализ кернов методом GRI (анализ дробленых сланцев)*. 2016. www.corelab.com/ru/ps/gri-analysis