

УДК 550.8

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ В ПОРОДАХ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

П. В. АСВИНОВА¹, Р. В. АСВИНОВ²

¹Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

²РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Аннотация. Представлен комплексный алгоритм поиска и разведки скоплений углеводородов в породах кристаллического фундамента, разработанный на основе выделенных теоретических и практических поисково-оценочных критериев. Изучены и систематизированы сведения о нефтегазоносности фундамента, включающие особенности нефтегазонакопления, генезис залежей, особенности формирования зон разуплотнения, благоприятные геологические условия формирования и сохранения залежи, опыт разработки. Систематизированы типы исследований пород и флюидов кристаллического фундамента в зависимости от вида разработок и применяемых методов с их обоснованием.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, нефтегазоносность фундамента, нетрадиционные запасы, неконвенциональные запасы, поиск и разведка углеводородов.

Для цитирования. Асвинова, П. В. Разработка комплексного алгоритма проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ в породах кристаллического фундамента Припятского прогиба / П. В. Асвинова, Р. В. Асвинов // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1 (1). – С. 49–54.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED ALGORITHM FOR OIL AND GAS EXPLORATION WORKS IN THE CRYSTALLINE FUNDAMENTALS OF THE PRIPYAT TROUGH

P. V. ASVINOVA¹, R. V. ASVINOV²

¹*Sukhoy State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

²*RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel*

Annotation. The paper presents a comprehensive algorithm for the search and exploration of hydrocarbon accumulations in the rocks of the crystalline basement, developed on the basis of selected theoretical and practical search and evaluation criteria. Information on the oil and gas content of the foundation has been studied and systematized, including features of oil and gas accumulation, the genesis of deposits, features of the formation of decompression zones, favorable geological conditions for the formation and preservation of deposits, and development experience. The types of studies of rocks and fluids of the crystalline basement are systematized, depending on the type of research and the methods used to substantiate them.

Keywords: crystalline basement, oil and gas potential of the basement, unconventional reserves, non-conventional reserves, search and exploration for hydrocarbons.

For citation. Asvinova P. V., Asvinov R. V. Development of an integrated algorithm for conducting exploration works for oil and gas in the crystalline rocks of the Pripyat trough. *Oil and gas engineering*, 2024, no. 1 (1), pp. 49–54 (in Russian).

Введение. Поиск, разведка и разработка нетрадиционных залежей нефти и газа – весьма актуальный вопрос нефтегазовой отрасли, поскольку с каждым годом мы наблюдаем рост неконвенциональных запасов нефти и газа, достигших уже более 50 % в общем объеме сырьевой базы нефтяной промышленности [1]. Один из видов нетрадиционных залежей – скопления углеводородов (УВ) в породах кристаллического фундамента, которые можно отнести не только к трудноизвлекаемым, но и труднодиагностируемым [8].

Цель работы. Формирование комплексного алгоритма поиска и разведки нефтеперспективных объектов в породах кристаллического фундамента (КФ) на основании теоретической базы с учетом различных гипотез и мировой практики разработки.

Материалы и методика проведения исследований. Теоретическое обобщение и анализ зарубежного и отечественного опыта по опосредованному, выделению и разработке скоплений (залежей) УВ в породах КФ.

Результаты и их обсуждение. Добыча нефти и газа из пород КФ осуществляется в 54 осадочных бассейнах – это около 500 месторождений, 55 из которых являются гигантскими и сверхгигантскими, а суммарные извлекаемые запасы составляют 7768 млрд м³ природного газа и 32728,6 млн т нефти [2].

Потенциал в решении вопроса нефтегазоносности пород кристаллического фундамента существует и на территории Припятского прогиба (Республика Беларусь), о чем свидетельствуют исследования и практические данные. А подкрепляется интерес к данной теме опытом успешной разработки соседних структур Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), которая вместе с Припятской впадиной формирует Днепровско-Донецкий нефтегазоносный бассейн.

На территории Украины в породах КФ открыто 4 месторождения нефти и газа, продуктивность установлена на 5 площадях, а еще на 5 – выявлены нефтепроявления. В качестве успешного примера разработки можно указать Хухрянскую и Юльевскую площади, отличившиеся наибольшими дебитами (наибольшие индивидуальные дебиты скважин – 2,768–2,879 млн м³/сут газа и 350 т/сут нефти соответственно).

В пределах Припятского прогиба изучение началось в 1977 г. и к 2023 г. на 188 площадях выполнялись буровые работы в породах КФ, в 325 скважинах отбирались керн, выполнено 105 испытаний скважин в условиях открытого ствола, а в 5 скважинах проводились испытания в колонне. Положительный результат показало Речицкое месторождение. Здесь в скважине Речицкая 601 не выявлены породы-коллекторы, однако по данным геофизических исследований скважин (ГИС) обнаружены зоны трещиноватости. А вот в скважине Речицкая 385 был получен приток нефти на глубине 2905 м, что доказывает наличие коллекторов в КФ на территории Припятского прогиба.

Отсюда возникает вопрос: как выделить и спрогнозировать перспективные зоны нефтегазонакопления в КФ, если традиционные методы опосредованного обнаружения оказываются неэффективными? Необходимо формировать новые подходы поиска и разведки на основании специфики механизма образования залежей и учета их особенностей с точки зрения различных гипотез, применяя таким образом комплексный подход при рассмотрении обозначенного вопроса.

В ходе исследования были изучены и систематизированы сведения о нефтегазоносности фундамента, включающие особенности нефтегазонакопления, генезис залежей, отличительные черты формирования зон разуплотнения, благоприятные геологические условия формирования и сохранения залежи, опыт разработки. Тезисно факторы можно представить в следующем виде:

- разрывные нарушения;
- зоны, приуроченные к выступам фундамента с наличием разломов и вышележащими породами осадочного чехла, обогащенными рассеянным органическим веществом;

- блоковое строение;
- кислые породы (граниты, адамеллиты, гранодиориты), коры выветривания;
- наличие флюидоупора (породы КФ или осадочного чехла);
- зоны контракционной усадки, автометасоматоза, гидротермальной переработки, катагенной и метаморфогенной перекристаллизации;
- явление гидротермального метасоматоза;
- тектоно-кесонные разуплотнения в сочетании с восходящими геотермами;
- субдукционный, обдукционный (90 % случаев) и рифтогенный (10 % случаев) геодинамический режимы;
- наличие вышележащей нефтематеринской породы;
- оптимальный интервал залегания самых продуктивных пластов по опыту в мире: 50–500 м (местами – до 1700 м);
- наличие нескольких генераций трещин (первичная и вторичная пористость);
- повышенный тепловой поток, когда термоградиенты составляют более 4–5 °С на 100 м.

На основании изучения теоретической и практической базы был разработан алгоритм рекомендуемых исследований пород и флюидов КФ, приведенный в таблице.

Комплекс рекомендуемых исследований пород и флюидов кристаллического фундамента

A set of recommended studies of rocks and fluids of the crystalline basement

| Тип исследований | Методы | Обоснование |
|--------------------------------------|---|--|
| Тектоническое исследование районов | Изучение тектонической характеристики района с акцентом на выявление разрывных нарушений, блокового строения | Формирование системы дизъюнктивных нарушений способствует прогнозированию участков (вблизи разломов), имеющих повышенную проницаемость |
| | Анализ тектоно-магматической эволюции КФ и выявление индивидуальных особенностей развития региона в глубинных структурах | Прогноз расположения зон разуплотнения |
| Определение генезиса залежей УВ в КФ | Биогенная теория: – сравнительный анализ проб нефти с вышележащими горизонтами; – определение и сравнение возрастов проб нефтей, поиск нефтематеринской толщи | Формирование представления о миграции флюида и прогноз перспективных зон |
| | Абиогенная теория: – анализ нефти на содержание гелия; – анализ на первичные флюидные включения кристаллических пород | Поиск залежей независимо от наличия вышележащих нефтематеринских пород |
| | Теория коровых волноводов | Объяснение и прогнозирование расположения жильных ловушек, пояснение формирования пустотности в породах КФ |
| Термометрические | Термокаротаж | В 57 % случаях нефтегазоносности КФ термоградиенты – более 4–5 °С на 100 м |

| Тип исследований | Методы | Обоснование |
|------------------|--|--|
| Сейсмические | Комплекс методов преломленных волн (МПВ) и отраженных волн (МОВ) | Повышение надежности прогнозирования строения КФ. Поверхность определяется посредством МПВ, а зоны разрывных нарушений МОВ и МПВ – в комплексе |
| Геофизические | Стандартный комплекс: БК, РК, ДС, ВАК. Дополнительные методы: АК, ГГК, ННК, ГК-С. Сочетание акустических и электрических методов. Сканирование: – FMI – электрическое сканирование; – DSI – акустический сканирующий каротаж; – UBI – ультразвуковое акустическое зондирование; – FWSL – полнокартинный акустический каротаж). Интерпретация с исключением литологического состава (математическая модель порового пространства гранитоидных трещиноватых коллекторов) | Определение трещинной пористости, параметры трещин, количественной пористости, типа трещин, выделение интервалов трещиноватых пород-коллекторов, зон трещиноватости с детализацией их типов и количественное определение составляющей трещинно-кавернозной пористости, определение характера насыщения |
| Лабораторные | Обработка и пробоподготовка керна: ревизия, спектральный анализ и плотностной гамма-каротаж, продольная распиловка, маркировка, фотодокументирование в белом свете и ультрафиолетовом излучении, разметка и отбор стандартных образцов. Петрофизические исследования для определения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), удельного электрического сопротивления и плотности, пиролитические – для определения содержания органических веществ (ОВ) в породе, минералогические (рентгеновская дифракция, флуоресценция). Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) | Изучение ФЕС, петрофизических параметров ГП, содержание ОВ, химический и минералогический анализ и т. д. |
| Геохимические | f-радиография, определение ураноториевого отношения, анализ на содержание ионов аммония, йода во флюиде | Возможные предпосылки содержания ОВ |
| Геомеханические | Определение механических свойств: жесткости, сопротивляемости, прочности и т. д. | Разработка способов для опробования, испытания и разработки залежей в нетрадиционных коллекторах (КФ) |
| Бурение | Бурение с отбором керна в интервалах 50–500 м | Изучение литологии, выявление разуплотненных зон |

Данный алгоритм позволит составить рациональный и эффективный для таких нетрадиционных залежей план геолого-разведочных работ, а комплексный подход

даст возможность найти причинно-следственную связь и определить оптимальные методы опоискования.

Заключение. Среди обнаруженных новых месторождений УВ большее место занимают нетрадиционные залежи нефти и газа, к которым, в частности, относятся скопления УВ в породах кристаллического фундамента. Комплексный подход в изучении нефтегазоносности пород КФ помогает выявить причинно-следственную связь и установить оптимальные методы опоискования на базе выделенных в ходе исследования благоприятных факторов нефтегазонакопления. На основании представленных результатов исследования предложен алгоритм поиска и разведки скоплений углеводородов в породах кристаллического фундамента.

Литература

1. Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / под ред. В. В. Бушуева, В. А. Каламанова. – М. : Энергия, 2011. – 360 с.
2. Краюшкин, В. А. К проблеме небиогенной природы нефти и природного газа / В. А. Краюшкин, Н. Б. Шевченко // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2018. – № 2. – С. 65–85.
3. Кошляк, В. А. Гранитоидные коллекторы нефти и газа : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.12 / В. А. Кошляк ; Науч.-произв. фирма «Геофизика». – Уфа, 2004. – 51 с.
4. Аналитическая записка по изучению нефтегазоперспективности пород кристаллического фундамента : отчет о НИР (заключ.) / Нефтегазодобывающее упр. «Речицанефть» РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» ; рук. темы Е. Г. Паремский. – Речица, 2020. – 68 с.
5. Нгуен, Х. Б., Геофизические исследования скважин при изучении магматических коллекторов месторождений Белый Тигр / Х. Б. Нгуен // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2013. – Т. 323, № 1. – С. 27–33.
6. Асвинова, П. В. Перспектива нефтегазоносности кристаллического фундамента на примере Речицкого месторождения Припятского прогиба / П. В. Асвинова, Р. В. Асвинов // Актуальные проблемы недропользования : материалы XIX Междунар. форум-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 2023 г. / С.-Петерб. гор. ун-т. – СПб., 2023. – С. 15–17.
7. Асвинов, Р. В. Кристаллический фундамент. Опоискование и разработка скоплений углеводородов на примере Припятского прогиба / Р. В. Асвинов // Цифровые технологии в добыче углеводородов: цифровая независимость : материалы XVII науч.-техн. конф., Уфа, 2023 г. / ПАО «НК «Роснефть». – Уфа, 2023. – С. 53–54.
8. Коротеева, О. В. Перспективы нефтегазоносности пород кристаллического фундамента на территории Припятского прогиба / О. В. Коротеева // Нефтяник. – 2021. – № 2 (40). – С. 72–77.

Reference

1. Eds. Bushuev V. V., Kalamamov V. A. *World energy – 2050*. Moscow, Energiya Publ., 2011. 360 p. (in Russian).
2. Krayushkin V. A., Shevchenko N. V. On the problem of the nonbiogenic nature of oil and natural gas. *Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana*, 2018, no. 2, pp. 65–85 (in Russian).
3. Koshlyak V. A. *Granitoid reservoirs of oil and gas*. Ufa, 2004. 51 p. (in Russian).

4. Paremsky E. G. (theme leader), Production Department of RUE Belarusneft Production Association. *Analytical note on the study of the oil and gas prospects of crystalline basement rocks*. Rechitsa, 2020. 68 p. (in Russian).
5. Nguyen H. B. Geophysical studies of wells in the study of magmatic reservoirs of the White Tiger deposits. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 1, pp. 27–33 (in Russian).
6. Asvinova P. V., Asvinov R. V. The prospect of oil and gas content of the crystalline basement on the example of the Rechitsky deposit of the Pripyat trough. *Aktual'nye problemy nedropol'zovaniya: materialy XIX Mezhdunarodnyi forum-konkurs studentov i molodykh uchenykh, Sankt-Peterburg, 2023 g.* [Actual problems of subsurface use: materials of the XIX International Forum-competition of students and young scientists, Saint Petersburg, 2023]. Saint Petersburg, 2023, pp. 15–17 (in Russian).
7. Asvinov R. V. The crystal foundation. Prospecting and development of hydrocarbon accumulations on the example of the Pripyat trough. *Tsifrovye tekhnologii v dobyche uglevodorodov: tsifrovaya nezavisimost': materialy XVII naucho-tekhnicheskoi konferentsii, Ufa, 2023 g.* [Digital technologies in hydrocarbon production: digital independence: proceedings of the XVII Scientific and Technical Conference, Ufa, 2023]. Ufa, 2023, pp. 53–54 (in Russian).
8. Koroteeva O. V. Prospects of oil and gas content of crystalline basement rocks on the territory of the Pripyat trough. *Neftyanik*, 2021, no. 2 (40), pp. 72–77 (in Russian).

Информация об авторах

Асвинова Полина Вадимовна – студент 5 курса. Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого (пр. Октября, 48, 246746, Гомель, Республика Беларусь). E-mail: polinaasvinova@yandex.by

Асвинов Роман Вадимович – исследователь в области геолого-минералогических наук, ведущий геолог Управления геологии и разработки месторождений. Центральный аппарат РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» (ул. Рогачевская, 9, 246003, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: R.Asvinov@beloil.by

Information about the authors

Asvinova Polina Vadimovna – a fifth-year student. Sukhoi State Technical University of Gomel (48, Oktyabrya Ave., 246746, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: polinaasvinova@yandex.ru

Asvinov Roman Vadimovich – a researcher in the field of geological and mineralogical sciences, leading geologist of the Department of Geology and Field Development. Central Administration of RUF “Production Association “Belorusneft” (9, Rogachevskaya Str., 246003, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: r.asvinov@beloil.by

Поступила в редакцию 05.02.2024