

Беларусь традиционно покрывает потребности в фосфорных удобрениях и фосфорной кислоте частично за счёт ввоза готовой продукции и частично за счёт ввоза апатитового сырья. Гомельский химический завод ежегодно завозит более 200 тыс. т апатитового концентрата и более 100 тыс. т фосфоритной муки. Наши запасы *пентаоксида фосфора* по четырём месторождениям (Мстиславское, Лобковичское, Ореховское и Приграничное) составляют около 50 млн т. На Мстиславском месторождении в 2011 г. завершена детальная разведка. Руды месторождений относятся к подтипу бедных маложелезистых желваковых руд и пригодны для получения фосфоритной муки.

Для Беларуси важным представляется такое минеральное сырьё, как *глауконит*. Данное сырьё используется для получения минеральных красок, а также для сорбции радиоизотопов, уменьшения жесткости воды, в качестве минерального удобрения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счёт наличия в нём калия и микроэлементов. Доступные для открытого извлечения глауконитовые породы требуют дополнительного изучения [5].

Повышение эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов связано с необходимостью поиска инвестиций в освоение месторождений, разработки и внедрения новых прогрессивных технологий добычи и использования минерального сырья. В системе организационных мер, направленных на поддержание и наращивание объёмов добычи минерального сырья, наряду с геологическим, горнотехническим и технологическим обоснованием запасов полезных ископаемых, важное место должны занимать экономическое изучение состояния запасов полезных ископаемых и оценка экономической эффективности их разработки с учётом экологического фактора [4].

1. Аношко Я. И., Унукович А. В., Варакса В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в народнохозяйственном комплексе Республики Беларусь // Белорусский экономический журнал. 2010. № 4, С. 133–142
2. Давсонит Беларуси / Под ред. А. С. Махнач. Мн.: ИГН НАН Беларуси, 1995. 161 с.
3. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П. З. Хомич и др. Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. 527 с.
4. Томашевич А. В. Экономика природопользования. Мн.: БГУ, 2009. 86 с.
5. Фондовые материалы БелНИГРИ.

УДК 552.578.2.061

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН РАДОНЫМ ИНДИКАТОРОМ

Д. Н. Юрченко

Гомельский государственный университет, геолого-географический факультет, ул. Советская 104, 246019 Гомель, Республика Беларусь; dima-041293@tut.by

Радоновый индикаторный метод исследования скважин – один из промыслово-геофизических методов, в основу которого положены гамма-каротажные наблюдения за распределением по стволу скважины и в околоскважинной зоне радиоактивного газа  $^{222}\text{Rn}$ .

Эволюция Rn приводит к появлению короткоживущих и незначительного количества долгоживущих продуктов распада. При распаде Rn образуются  $\gamma$ -излучение дочерних продуктов: короткоживущие  $^{214}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 26,8$  мин),  $^{214}\text{Bi}$  ( $T_{1/2} = 19,7$  мин) и долгоживущие –  $^{210}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 21,4$  лет),  $^{210}\text{Po}$  ( $T_{1/2} = 138,3$  сут.). Основными  $\gamma$ -излучающими элементами являются короткоживущие продукты распада.

Rn практически не адсорбируется горными породами и оборудованием скважины. Он растворяется в жидкостях, содержащих органические вещества лучше, чем в воде. Способность Rn растворяться – основа простых способов введения его в скважины. Использование жидких носителей Rn позволяет создать радиационно-безопасные условия для работы.

Стареющий фонд скважин, рост обводнённости продукции, требуют повышенного внимания к исследованиям по контролю за разработкой месторождений.

Крупные месторождения в Беларуси относятся к «старым» месторождениям и находится в поздней стадии разработки, из этого вытекают и трудности добычи нефти. Во-первых, скважины, находящиеся в эксплуатации, физически изношены и требуют постоянного контроля за состоянием эксплуатационных колонн, подземного оборудования и работающих пластов. Во-вторых, вследствие контурного, внутриконтурного и очагового заводнения повысилась обводнённость продукта. В-третьих, так как нагнетательные скважины работают при высоком давлении на устье, велика вероят-

ность нарушения эксплуатационных колонн и попадания нагнетаемых сточных солёных вод в верхние горизонты пресной питьевой воды, а также прорыва очагов обводнения в добывающие скважины. Исходя из вышесказанного, в настоящий момент необходимо как можно чаще проводить исследования эксплуатационных скважин с целью определения технического состояния колонн, определения мест заколонного движения жидкости в неперфорированных пластах, определения мест нарушений и выявления мест заколонных перетоков жидкости из перфорированных пластов в выше- или нижележащие пласты.

Для наблюдения за пространственно-временным распределением радонового индикатора в исследуемом интервале проводят, как правило, непрерывную регистрацию интенсивности  $\gamma$ -излучения в стволе скважины (или в колонне). Дополнительные данные о распределении  $R_n$  в скважине могут дать измерения  $\gamma$ -активности закачиваемой или выходящей жидкости.

$\gamma$ -активность жидкости регистрируют, разместив гамма-каротажный прибор на расстоянии 5–10 см от нагнетательной линии или жёлобе.

Все замеры выполняют стандартными скважинными приборами, градуированными в единицах мощности экспозиционной дозы (пА/кг). Для градуирования используют твёрдые радиевые эталоны второго разряда, аттестованные по массе Ra. Градуирование проводят с помощью мерной линейки, подвешенной на высоте 2,2 м. Режим  $\gamma$ -измерений (скорость перемещения прибора в скважине, постоянную интегрирующей ячейки, диапазон регистрации и т. д.) выбирают с учётом ширины и амплитуды ожидаемых  $\gamma$ -аномалий, а также требования «Технической инструкции по проведению геофизических исследований в скважинах». Учитывая небольшую продолжительность жизни  $R_n$  и возможность сдвига равновесия между ним и дочерними короткоживущими продуктами распада фиксируют время начала и окончания каждой записи интенсивности  $\gamma$ -излучения (дату, ч-мин).

При проведении серии  $\gamma$ -каротажных замеров, согласованных во времени с воздействием на индикаторную жидкость (закачивание-замер, продавливание-замер), регистрацию интенсивности начинают с отметки глубин, которая ниже интервала вероятного распределения радонового индикатора. Замеры проводят до тех пор, пока не перестанет существенно изменяться местоположение локальных аномалий и не уменьшится их амплитуда минимум в 3–5 раз. Последний замер выполняют не раньше чем через 2–3 ч после воздействия на индикаторную жидкость.

До начала определения профиля приемистости нагнетательных скважин с помощью ИМР проводят фоновый ГК. Это необходимо даже в тех случаях, когда естественная  $\gamma$ -активность была зарегистрирована ранее, т. к. в некоторых интервалах возможно проявление интенсивных радиогеохимических эффектов, сформировавшихся после регистрации.

Для контроля стабильности работы гамма-каротажной аппаратуры проводят повторную запись интенсивности в интервалах, где после введения  $R_n$  в скважину зарегистрированы значения, близкие к фоновым. Повторные записи проводят так же для подтверждения наличия локальных  $\gamma$ -аномалий радоновой природы и характера изменения их амплитуды во времени в интервалах, в которых зарегистрированы максимальные значения  $\gamma$ -поля.

Для выделения проницаемых пластов в ходе строительства скважин используют разные способы активирования  $R_n$  перспективных отложений: бурение с применением меченого  $R_n$  бурового раствора; продавливание радонового индикатора в поры и трещины пород; закачивание активированного  $R_n$  бурового раствора в исследуемый интервал перед спуском обсадной колонны; перфорация колонны при наличии в ней радоновой жидкости.

Активирование пород R в процессе бурения перспективного интервала проводят только в тех случаях, когда ожидаются затруднения в выделении коллекторов другими геофизическими методами и возможна закупорка эффективных пор, т. к. для этого необходимо большое количество  $R_n$  (>50–100 мг) и строгий контроль за соблюдением требований радиационной гигиены, поскольку при циркуляции бурового раствора часть  $R_n$  (10–30 % в течении одного цикла) мигрирует в атмосферу. Для активирования проницаемых пластов  $R_n$  в процессе бурения в приёмные ёмкости буровых насосов вводят такое количество растворённого  $R_n$ , при котором средняя его концентрация в циркулирующем растворе составит 1 мг/л. После снижения средней концентрации  $R_n$  в 2–3 раза (о чём судят по данным регистрации  $\gamma$ -активности) вводят новые порции растворённого  $R_n$ . Перед окончанием бурения изучаемого интервала или перед сменой долота новых порций  $R_n$  не добавляют в течение двух-трёх циклов циркуляции. При окончании бурения в интервал закачивают нерадиоактивный буровой

раствор, поднимают бурильный инструмент и проводят комплекс промыслово-геофизических исследований, который начинают и заканчивают  $\gamma$ -каротажем.

Продавливание радонового индикатора в поры и трещины пород. По окончании бурения перспективного интервала (толщиной 20–300 м) и его промывки в призабойную зону скважины вводят заранее приготовленный активированный раствор концентрацией Rn 3 пг/л. Объём раствора должен быть в 2–3 раза больше объёма скважины в интервале исследования. После введения индикатора проводят ГК и создают в целях продавливания активированной жидкости репрессию на пласт (3–5 мПа), которая должна быть меньше гидродинамического давления при спуске бурильных труб. Необходимый перепад давления обычно создают путём расхаживания бурильного инструмента в течение 1–3 ч. Сразу после расхаживания инструмента проводят повторный ГК. Затем бурильный инструмент спускают до забоя и в процессе промывки скважины трёх-пятикратным объёмом нерадиоактивного раствора вытесняют активированную жидкость из призабойной зоны. По завершении промывки бурильный инструмент поднимают и выполняют комплекс промыслово-геофизических исследований, который начинают и заканчивают гамма-каротажем. В случае регистрации чётких локальных  $\gamma$ -аномалий дополнительно проводят в течение 3–24 ч временные замеры ГК.

Для этого в ёмкостях цементируемых агрегатов готовят радоновый индикатор равномерной концентрации (3 мг/л) Rn в объёме в 1,5–2 раза больше объёма скважины в исследуемом интервале. По плотности и реологическим параметрам индикатор не должен отличаться от раствора в скважине. Индикатор продавливают нерадиоактивной жидкостью по бурильным трубам, тщательно контролируя по мерной ёмкости общий объём закачиваемой жидкости, т. к. ГК при этом, как правило, не проводят. По завершении спуска обсадной колонны скважину промывают. В ходе промывки ведут измерения  $\gamma$ -активности и объёмной скорости выходящей из скважины жидкости в целях оценки положения индикатора после спуска колонны.

Гамма-картаж проводят в исследуемом интервале со скоростью 100 м/ч (не менее 2 раз), а выше него – 300 м/ч.

Во внутриколонное пространство, которое по протяжённости более чем в три раза больше перфорированного интервала, вводят 3–20 нг растворённого Rn. С помощью ГК контролируют распределение индикатора по стволу скважины. Затем интервал перфорируют и со скоростью 100 м/ч проводят повторный ГК для выявления на высоком фоне локальных  $\gamma$ -аномалий. Исследование завершает индикаторный ГК, который проводят после промывки перфорированного интервала нерадиоактивной жидкостью (трёх-пятикратным объёмом). Если повторным ГК зарегистрированы чёткие аномалии, то дополнительно проводят временные замеры ГК. Такие замеры можно проводить также после промывки скважины или в ходе операции каротаж-испытание каротаж.

UDC: 550.836

## GEOTHERMAL ENERGY IN IRAN

Siamak Mansouri-Far

Belarusian State University, Faculty of Georaphy, 4 Nezavisimosti Av.,  
220030 Minsk, Republic of Belarus; zui@bsu.by

*Introduction.* Earth's interiors contain a huge amount of heat generated by different geologic processes. Thermal regime of the crust is formed by the heat entering in its base from the upper mantle and its another part, generated due to decay of long-living radioactive elements. At the most subterranean layers within active tectonic zones the temperature rapidly increases with depth especially in regions of recent volcanism where melting rocks exist at relatively shallow depths not only in the upper mantle, but in a number of instances also in the crust itself. When underground water passes in close vicinity of such rocks, it becomes hot or even turns into water steam. Geothermal resources are not the same everywhere and their highest values mostly exist within areas of young volcanism. Geothermal energy is classified in two directions: The so-called direct use (heating, cooling) and indirect use (electricity production) [1].

Activities in the field of geothermal energy in Iran are focused on scientific and research aspects. The research part is aimed at reduction of financial expenditures required for exploitation of these resources. The