

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ
ГОРНЫХ ПОРОД НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ
НА ПРИМЕРЕ ЛАНСКО-СТАРООСКОЛЬСКОЙ ЗАЛЕЖИ
РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

А. М. Жуковский¹, Р. Е. Гутман²

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

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

Построение цифровых геолого-геомеханических моделей основывается на информации о пространственном распределении физико-механических свойств горных пород и их напряженно-деформированном состоянии. Использование таких моделей

позволяет решать широкий спектр прикладных задач на всем жизненном цикле скважины – от строительства до процесса добычи, включая проектирование, бурение, крепление и освоение скважины [1], [2].

Исследование физико-механических свойств kernового материала (модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел прочности) проводят на лабораторном оборудовании, воспроизводящем пластовые условия. Однако такое оборудование является весьма дорогостоящим и энергоемким. Все большее применение находят корреляционные зависимости между свойствами горных пород и скважинных флюидов в пластовых и поверхностных условиях, что при допустимой потере точности и достоверности результатов позволяют существенно упростить и оптимизировать процесс получения необходимой информации, для моделирования резервуаров и прогнозирования процесса разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

В лабораторных условиях данные об упруго-прочностных свойствах пород, как правило, получают статическими и динамическими методами. Динамические упругие модули могут быть определены достаточно просто по скорости распространения ультразвуковых волн в породе и объемной плотности образца. Прямые статические методы подразумевают непосредственное механическое воздействие на образец до его полного или частичного разрушения. Результаты, полученные статическими методами, являются более достоверными и отражают реальные свойства как однородной, так и неоднородной анизотропной породы, однако разрушают образец, тем самым не позволяя проводить на нем другие исследования. Динамические методы относятся к неразрушающим методам, они гораздо проще и дешевле в реализации, к тому же их можно проводить непосредственно в скважине с использованием кросс-дипольных акустических приборов. Однако динамические модули, как правило, в 2–3 раза превышают статические, поэтому требуется их корректировка с помощью синтетических корреляций [3], [4].

Основной целью данной работы является определение возможности для оценки упругих и прочностных характеристик kernового материала путем сопоставления экспериментальных данных, полученных по результатам неразрушающих и разрушающих методов исследования.

В данной работе в качестве неразрушающего статического метода использован метод индентирования. Сущность данного метода заключается во вдавливании в исследуемый материал индентора из высокотвердого материала достаточно широко апробированного при определении свойств самых различных материалов. При определении свойств горных пород применяется несколько технологических схем индентирования, в основном направленных на выявление твердости материала [5]. Оценка твердости, основанная на индентировании, всегда осложняется особой структурой горных пород, в которых практически всегда отмечается присутствие порового пространства. Такая морфология в совокупности с высокой хрупкостью материала осложняет применение стандартных методик, используемых в металлургии. Адаптированные к особенностям структуры и свойств горных пород методики разработаны для пластичных пород (методика Е. Ф. Эпштейна–Г. Франсена) и материалов, обладающих достаточно широким диапазоном свойств, но как правило, имеющих достаточно высокую прочность (методика Л. А. Шрейнера) [6].

Метод Л. А. Шрейнера получил большее распространение вследствие простоты своей реализации и возможности интерпретации результатов по виду кривой упруго-пластической деформации исследуемого образца. Согласно исследованиям [7] область границы между «компактированной» зоной и внутренними слоями материала независимо от вида индентора приобретает сферическую форму, которая позволяет регистрировать упругую отдачу неповрежденного материала.

В данной работе были проведены тестовые исследования образцов горных пород с применением методики Л. А. Шрейнера. Испытания проводились на стенде «Instron 5000». Для проведения исследований была изготовлена специальная оправка для закрепления индентора Виккерса. Для проведения тестовых исследований использовались образцы kernового материала из двух различных скважин. В ходе испытаний были определены значения статического модуля Юнга. Результаты индентирования также сравнивались с результатами стандартных тестов на одноосное сжатие. Для более полного понимания физики процесса индентирования была создана динамическая модель нагружения исследуемого материала индентором Виккерса. Модель строилась с использованием программного комплекса ANSYS. Данные, полученные в ходе моделирования, анализировались, а также сопоставлялись с результатами тестовых экспериментов.

На основании полученных результатов и обзора литературных данных выявлено, что методика индентирования позволяет уменьшить влияние макроскопической анизотропии на свойства горных пород, определяемые с применением выборки образцов, что обеспечивает сокращение длительности работ по проведению оценки свойств и уменьшению объема исходных материалов, необходимых для испытаний. Проведение индентирования в совокупности с получением данных о геомеханических характеристиках горных пород запланировано на следующих этапах данной работы. Это позволит систематизировать сведения о новом подходе к определению механических свойств посредством индентирования, выявить корреляционные зависимости между различными методами определения геомеханических параметров.

Литература

1. Построение 1D физико-механических моделей и решение задач устойчивости ствола скважины и прискважинной зоны / К. В. Торопецкий [и др.] // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной пром-ти. – 2016. – № 11. – С. 29–41.
2. Развитие метода исследования прочностных свойств горных пород с помощью профилирования полноразмерного керна / И. А. Верхушин [и др.] // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной пром-ти. – 2017. – № 9. – С. 12–16.
3. Jizba D. Mechanical and acoustic properties of sandstones and shale, A Dissertation submitted to the department of geophysics and the committee on graduate studies of Stanford University in partial fulfillments of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, March 1991.
4. Martin, R. J., Price, R. H., Boyd, P. J., Noel, J. S. Bulk and Mechanical Properties of the Paintbrush Tuff Recovered From Borehole USW NRG 7/7A Data Report SANDIA REPORT, Printed May 1995.
5. Породы горные. Методы определения механических свойств нагружением сферическими инденторами : ГОСТ 24941–81. – Введ. 01.07.82. – М. : Гос. Ком. СССР по стандартам, 1982. – 16 с.
6. Разведочное бурение : учеб. для вузов / А. Г. Калинин [и др.]. – М. : ООО «НедраБизнес-центр», 2000. – 748 с.