

**ФИЗИКА ПЛАЗМЫ**

УДК 537.529

DOI: 10.17223/00213411/65/4/5

**МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ  
В ГОРЮЧИХ СЛАНЦАХ\***

С.М. Мартемьянов, А.А. Бухаркин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Исследованы механизмы возникновения частичных разрядов в горючих сланцах на примере сланцев Хуаданьского месторождения (КНР) с содержанием органической компоненты ~ 30%. Изучены состав и строение породы средствами электронной микроскопии и элементного анализа минеральной компоненты сланцев. Проведены эксперименты по инициации частичных разрядов в породе. Вследствие весьма высокой гетерогенности горючих сланцев при воздействии напряжения возникает эффект Максвелла – Вагнера. В совокупности с особенностями строения и весьма широким диапазоном электрофизических характеристик компонент породы это приводит к сильному искажению электрического поля в сланцах. В итоге частичные разряды возникают при весьма низких напряженностях электрического поля: 11.6 и 3.9 В/мм при межэлектродном расстоянии ~ 50 и ~ 200 мм соответственно. На возникновение частичных разрядов влияет, главным образом, приложенное напряжение, а не средняя напряженность поля, как у большинства диэлектриков.

**Ключевые слова:** *горючие сланцы, частичные разряды, электрофизические свойства, эффект Максвелла – Вагнера.*

**Введение**

Месторождения низкосортных ископаемых твердых топлив, таких как горючие сланцы, распространены весьма широко в значительных объемах. До конца прошлого века эти запасы рассматривались в качестве важного топливно-энергетического и химико-технологического сырья [1]. Однако в настоящее время эти ресурсы не выдерживают конкуренции с нефтью и природным газом, добыча которых является менее затратной. Для освоения низкосортных твердых топлив необходима рентабельная, экологически безопасная и относительно универсальная технология разработки подобных месторождений.

Способы подземной переработки твердых топлив позволяют снизить издержки, избегая извлечения породы на поверхность и последующую утилизацию золы, которая в составе горючих сланцев может достигать 90% массы и более. Существует множество предложенных способов внутрипластовой переработки, часть из которых опробована в промышленных масштабах [2–4]. Однако в настоящее время подземная переработка горючих сланцев не применяется по ряду технических, экономических и экологических причин. Одним из распространенных способов подземной разработки твердых топлив является нагрев до температуры пиролиза. При этом происходит конверсия твердой органической массы породы в жидкие и газообразные продукты. Подземный нагрев можно производить за счет джоулевого тепла путем пропускания тока через пласт. Согласно такому способу, необходимо создать две скважины и в них разместить электроды, подключенные кабелями к наземному источнику электроэнергии [5]. Такой подход позволит извлекать до 90% органической компоненты сланцев (керогена) [6, 7] с высокой степенью управляемости процессом, не создавая значительной нагрузки на экологическую обстановку. Однако нагрев участка пласта непосредственным пропусканием тока технически весьма сложен. Этому препятствует либо высокое исходное сопротивление породы, либо протекание тока по большому объему, в результате чего не удастся сконцентрировать выделение джоулевого тепла в локальном объеме. Преодолеть эту сложность позволит создание низкоомного канала между электродами.

Электрический пробой при расстоянии между скважинами в десятки метров потребует весьма высокого напряжения. Однако можно использовать эффект, который применительно к электроизоляционным материалам называют деградацией. Этот эффект заключается в постепенном ло-

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-00068).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>