УДК 553.98:550.3

И.А.ГУБИН
Томский политехнический университет

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРА В СВЯЗИ С ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

Выявлено отражение эпигенетических процессов в петрофизических уравнениях, используемых при оценке фильтрационно-емкостных свойств пород коллекторов, и предложен механизм учета этих процессов, повышающий достоверность подсчета запасов месторождений углеводородов.

Reflection of epigenetic processes in petrophysical equations used to estimate filtration and storage potentials of collector rocks is established and an accounting mechanism for these processes is offered, which increases validity of hydrocarbon reserves assessment.

Изучение проблемы оценки фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород коллекторов по данным геофизических исследований скважин (ГИС) проведено на нефтяном месторождении Каймысовского свода Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). Нефтеносность месторождения связана с верхнеюрскими отложениями васюганской свиты (пласты Ю1), перекрытыми региональным флюидоупором – битуминозными аргиллитами баженовской свиты.

Для оценки ФЕС коллекторов, используемых при подсчете запасов месторождений углеводородов (УВ), выявляются корреляционные связи между данными ГИС и ФЕС пород коллектора, определяемыми по исследованию керна. Чаще всего при оценке коэффициентов пористости ($K_п$) и проницаемости используется связь с относительным параметром ПС ($\alpha_{пс}$). Уравнение регрессии имеет, как правило, вид прямой. Для того чтобы повысить коррелируемость параметров и выделить генеральную закономерность, из корреляционного поля убирают точки, имеющие значительное отклонение от линии регрессии. Уравнение полученной прямой используют при расчете ФЕС по $\alpha_{пс}$. Для коллекторов, соответствующих генеральной зависимости, мы будем получать относительно точные (в рамках разбросанности точек) и в целом реальные значения $K_п$. Для тех же типов коллекторов, точки корреляции которых были исключены из корреляционного поля, ошибки определения ФЕС будут значительнее. Таким образом, проблема заключается в том, что при интерпретации данных ГИС априори не известно, к какому типу отнести выделенный по ПС коллектор.

Анализ «неочищенного» поля корреляции $K_п$-$\alpha_{пс}$ на изученном месторождении показывает (рис.1), что коллекторы делятся на три петрофизические неоднородности. В основную совокупность, для которой установлено расчетное (рабочее) уравнение регрессии, попали образцы водонасыщенного коллектора. Две другие неоднородности, как показало специальное исследование, относятся к нефтенасыщенному или

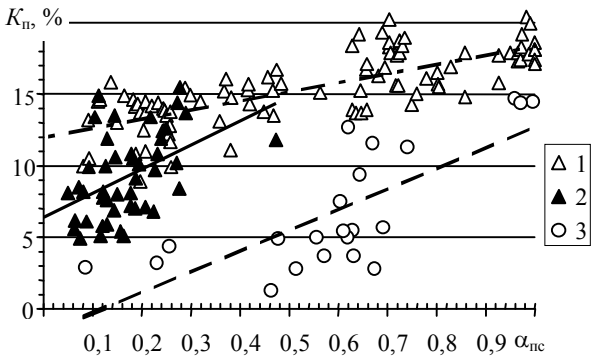


Рис.1. Поле корреляции коэффициента открытой пористости и относительной амплитуды ПС ($\alpha_{пс}$)
Песчаники: 1 – водоносные ($K_п = 6{,}39\alpha_{пс} + 11{,}97$; $R = 0{,}76$); 2 – нефтеносные ($K_п = 16{,}79\alpha_{пс} + 6{,}41$; $R = 0{,}46$); 3 – карбонатизированные (Кп $= 14{,}55\alpha_{пс} - 1{,}8$; $R = 0{,}74$)

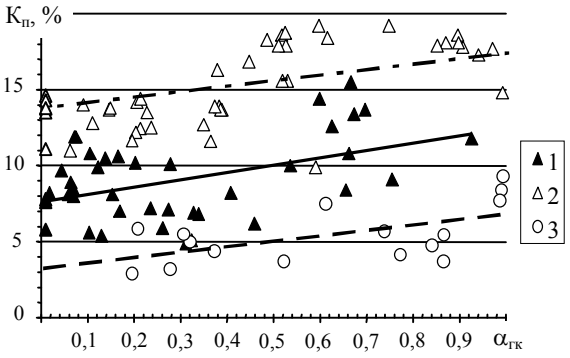


Рис.2. Поле корреляции коэффициента открытой пористости и относительной амплитуды ГК ($\alpha_{гк}$)
Песчаники: 1 – нефтеносные ($K_п = 4{,}81\alpha_{гк} + 7{,}64$; $R = 0{,}46$); 2 – водоносные ($K_п = 3{,}61\alpha_{гк} + 13{,}8$; $R = 0{,}63$); 3 – карбонатизированные ($K_п = 4{,}1\alpha_{гк} + 3{,}04$; $R = 0{,}61$)

к карбонатизированному коллектору, причем большинство значений в последнем случае принадлежат разрезу нефтяной скважины. Из рис.1 также видно, что, во-первых, определение по рабочему уравнению $K_п$ для карбонатизированного и нефтенасыщенного коллектора всегда будет приводить к его завышению, и, во-вторых, карбонатизация и нефтенасыщенность коллектора проявляются в наклоне зависимости $K_п = f(\alpha_{пс})$, и, следовательно, повышение значения $K_п/\alpha_{пс}$ является их показателем.

Разделить типы коллекторов только по значению $\alpha_{пс}$ невозможно. Другим методом, разделяющим в разрезах месторождений УВ песчаники (потенциальные коллекторы) и глинистые образования, является метод естественной гамма-активности (ГК). На поле корреляции $K_п$-$\alpha_{гк}$ все три разновидности коллекторов расположились друг под другом, при этом точки, соответствующие нефтенасыщенному коллектору, растянулись по всему диапазону ГК (рис.2). Иными словами, по $\alpha_{гк}$ нефтенасыщенный коллектор выглядит как слабоглинистый, в то время как по $\alpha_{пс}$, значение которой укладывается в интервале 0-0,4, этот коллектор существенно глинистый. На это же указывают также петрофизические определения керна: изученный нефтеносный коллектор характеризуется высокой остаточной водонасыщенностью (> 60 %). В совокупности все эти данные могут быть объяснены следующим образом: понижение радиоактивности нефтеносного коллектора с глинистым цементом связано с воздействием на глины УВ, а расхождение в показаниях $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$ может служить показателем наличия нефти в коллекторе.

Процессы, приводящие к изменению петрофизических свойств коллекторов, известны на месторождениях УВ Западно-Сибирской НГП. Карбонатизация является одним из самых распространенных эпигенетических процессов, связанных с воздействием на вмещающие породы мигрирующих и окисляющихся УВ*. Отмечается также понижение содержания урана в породах разрезов нефтеносных скважин**.

Для подтверждения выявленных на месторождении закономерностей были рассчитаны $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$ по разрезам трех скважин: двух нефтеносных и одной водоносной, расположенной за контуром ВНК. В результате анализа выделены следующие типы коллекторов:

---

* *Недоливко Н.М.* Минеральные индикаторы стадиального и наложенного эпигенеза в песчаниках юго-востока Нюрольской впадины // Нефтегазовому образованию 50 лет. Томск, 2002. С.84-89.

** *Столбов Ю.М.* Возможности оценки перспектив нефтегазоносности юрских отложений по литолого-геохимическим данным / Ю.М.Столбов, Ю.А.Фомин // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Томск, 1998. Т.2. С.146-148.

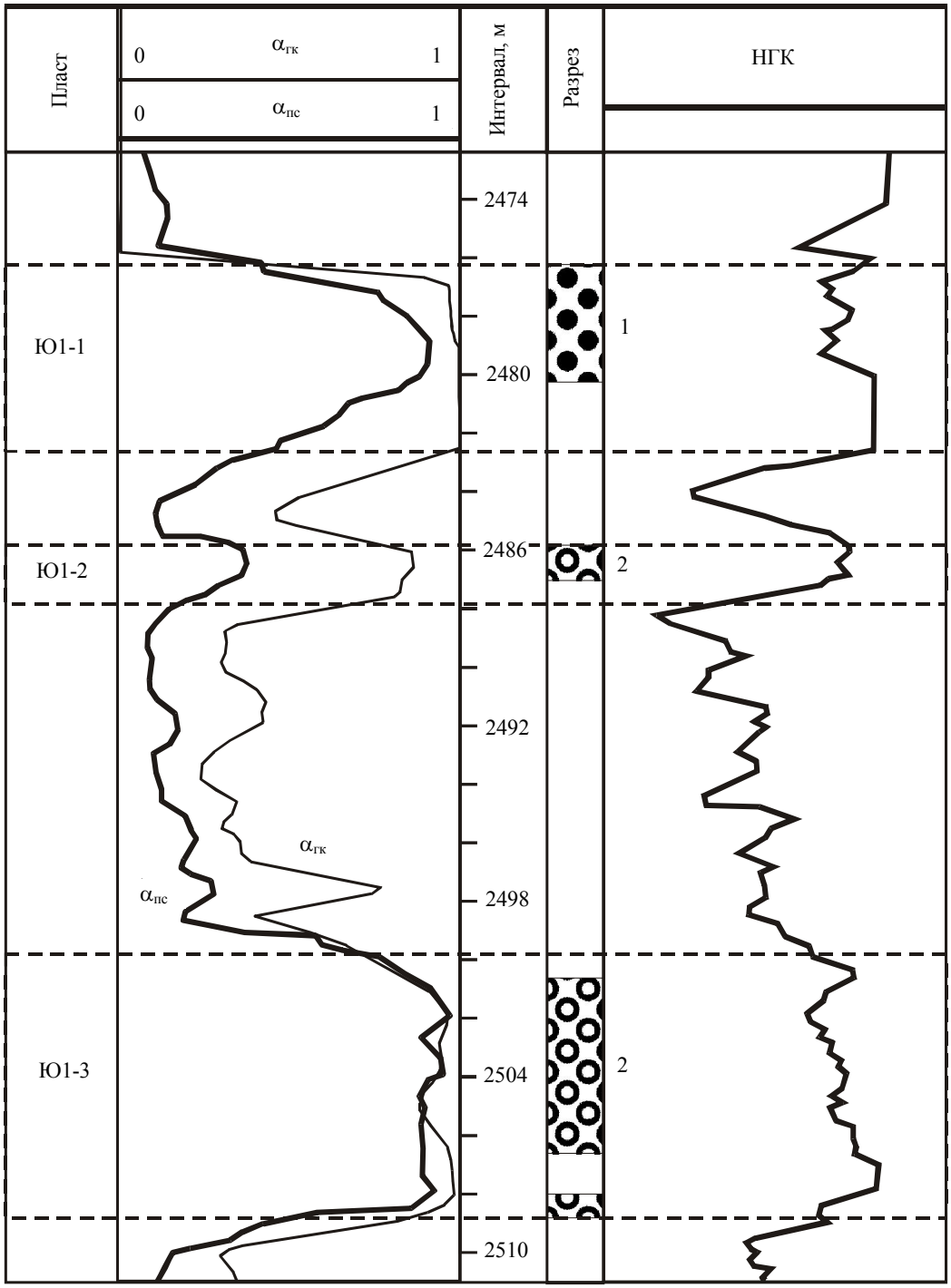


Рис.3.Отражение нефтенасыщенности коллектора и карбонатизации в данных ГИС
Коллекторы: 1 – нефтенасыщенные; 2 – водонасыщенные

• чистый неглинистый коллектор; $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$ совпадают и стремятся к единице (интервал 2501-2506,5, рис.3);

• карбонатизированный коллектор; $\alpha_{гк}$ приближается к единице и указывает на чистый коллектор, а $\alpha_{пс}$ отличается от единицы и указывает на плохой коллектор (интервал 2480,5-2483, рис.3);

• глинистый коллектор, разделяющийся на часть, затронутую воздействием УВ, и часть, не испытавшую такого воздействия. В последнем случае наблюдается синхрон-

ное изменение $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$, пропорциональное глинистости, а в случае нефтеносного коллектора – $\alpha_{гк}$ будет указывать на лучший коллектор и меньшую глинистость, чем $\alpha_{пс}$ (интервал 2476,5-2480,5, рис.3).

Как видим, карбонатизированный коллектор и глинистый коллектор, испытавший воздействие УВ, в соотношении $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$ отражаются одинаково. Для их разделения мы использовали данные нефтегазового контакта (НГК), зависящие от водородосодержания пород разреза. Против карбонатизированного коллектора НГК дает высокие значения, а против глинистого – пониженные, пропорциональные глинистости (рис.3).

Из разреза также видно, что расхождение кривых $\alpha_{пс}$ и $\alpha_{гк}$ имеет место не только в коллекторах, но и за их пределами, т.е. воздействие УВ распространяется и на глинистую часть разреза. В частности, оно возрастает от коллектора Ю1-3 к нефтеносному коллектору Ю1-1. Изменение здесь скорее всего не достигает минералогических новообразований (карбонатизации), а проявляется лишь на геохимическом (радиогеохимическом) уровне.

Итак, предлагается следующий механизм оценки ФЕС пород: во-первых, по эталонной выборке выявляются петрофизические уравнения связи отдельно для каждого типа коллекторов, и, во-вторых, используется конкретное уравнение оценки ФЕС после установления в исследуемом разрезе типа коллектора по совокупности геофизических признаков. Обратим внимание, что при традиционной методике оценки ФЕС, не учитывающей этот механизм, наибольшие ошибки имеют место в случае самых важных коллекторов – нефтеносных, а также водоносных в разрезах нефтепродуктивных скважин. Поскольку эпигенетические изменения пород коллекторов отмечаются и на других месторождениях Западно-Сибирской НГП, исследования необходимо продолжить.

Научный руководитель к.г.-м.н. доц. *Г.Г.Номоконова*