



М.Б. Скворцов
канд. техн. наук
ВНИГНИ¹
заведующий отделением
skvortsov@vnigni.ru



А.М. Кирсанов
ВНИГНИ¹
заведующий сектором интерпретации данных ГИС
kirsanov@vnigni.ru

Методические подходы к выделению нефтенасыщенных толщин в отложениях баженовской свиты

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт». Россия, 105118, Москва, шоссе Энтузиастов, 36.

В статье на примере баженовской свиты Западной Сибири предлагаются методические подходы выделения эффективных нефтенасыщенных толщин с привлечением данных Rock-Eval и геофизических исследований скважин

Ключевые слова: баженовская свита; нетрадиционная нефтегазовая система; эффективная нефтенасыщенная толщина; оценка запасов

Объемный метод широко применяется в практике подсчета запасов и ресурсов нефти. Возможно его применение и при оценке запасов нефти в отложениях баженовской свиты, с учетом отдельных уточнений и дополнений.

Поскольку нетрадиционная нефтегазовая система отличается от традиционной тем, что объектом изучения и промышленной оценки являются УВ, генерированные нефтематеринской свитой и сохранившиеся в этой же толще, необходимо обозначить некоторые общие термины, которые в какой-то мере отличаются от терминов, принятых для традиционных нефтегазовых систем [2, 3, 4].

Залежь нефти баженовской свиты – это залежь подвижных параавтохтонных УВ, генерированных и содержащихся в проницаемых породах нефтематеринской свиты, со всех сторон литологически ограниченных флюидоупорами (рис. 1).

Свободные углеводороды – углеводороды, генерированные нефтематеринской свитой и сохранившиеся в этой же толще.

Подвижные углеводороды – свободные углеводороды, не связанные с породами и керогеном сорбционными процессами.

Эффективная нефтенасыщенная толщина в отложениях баженовской свиты – это суммарная толщина прослоев коллектора, содержащего подвижные УВ, в пределах залежи. Ввиду отсутствия пластовых вод в баженовской свите, эффективная нефтенасыщенная толщина будет совпадать с суммарной толщиной коллекторов в разрезе.

Геологические запасы нефти баженовской свиты – суммарное количество подвижных

углеводородов в жидком состоянии в емкостном пространстве пород, состоящем из трещин, каверн и пор.

Пористость пород баженовской свиты, а более точно – пустотность – создавалась в результате двух процессов.

Первый – постседиментационные процессы преобразований пород – окремнение, карбонатизация. Не зависит от степени катагенеза ОВ.

Второй – крекинг твердого ОВ (керогена) по мере роста катагенеза с образованием жидких (нефть) и газообразных флюидов, этот процесс, ввиду увеличения объема ОВ, сопровождается образованием «органической» пористости. Объем связанных пор в керогене, имеющий практическое значение, появляется в породах со стадии катагенеза ОВ выше МКЗ.

Исходя из этого, все многообразие литотипов баженовских отложений может быть сведено к двум группам, принципиально различающимся физическими свойствами и способностью аккумулировать и отдавать подвижные УВ.

Первая группа – тонкослоистые высокоуглеродистые, наиболее глинистые породы.

Вторая группа – более плотные, хрупкие, слоистые или массивные породы, относительно менее обогащенные глинистыми минералами и Сорг.

В первой группе пород баженовской свиты емкость коллекторов имеет различную природу:

– органическую – формируется в керогене, по мере развития процессов генерации УВ, ее влияние на емкостные характеристики пород увеличивается с ростом катагенеза ОВ – выше МКЗ;

– «минеральную» – поры и трещины расположены между минеральными компонентами породы.

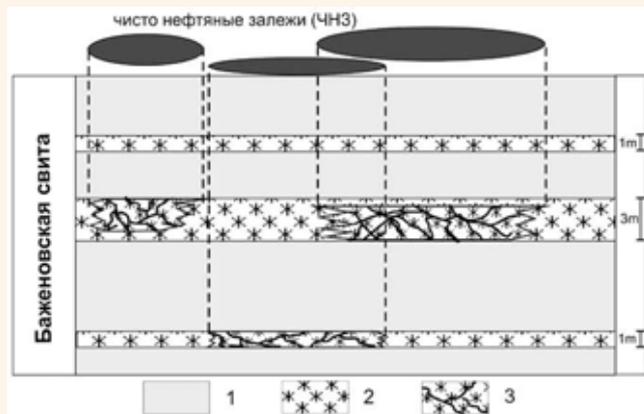
Для второй группы характерна только минеральная емкость, при этом способность отдавать нефть в скважину значительно выше, чем у пород первой группы.

На рис. 3 приведена схема литологической типизации отложений баженовской свиты с целью унификации принципов выделения литотипов, которые в дальнейшем использовались для построения зависимостей керн – ГИС и ГИС – ГИС.

На территориях с высокой степенью катагенетической зрелости ОВ, к которой, например, относится группа месторождений Большого Салыма, доказана практически повсеместная нефтенасыщенность разреза (высокопродуктивных скважин), в то же время на Красноленинском своде, где степень катагенеза значительно ниже, продуктивны только определенные «минеральные» литотипы баженовской свиты [1]. Исходя

Рис. 1.

Схема нефтяной залежи в баженовской свите: 1 – породы, обогащенные ОВ (флюидоупоры); 2 – плотные породы (флюидоупоры); 3 – плотные породы с наличием связанного емкостного пространства (коллекторы)



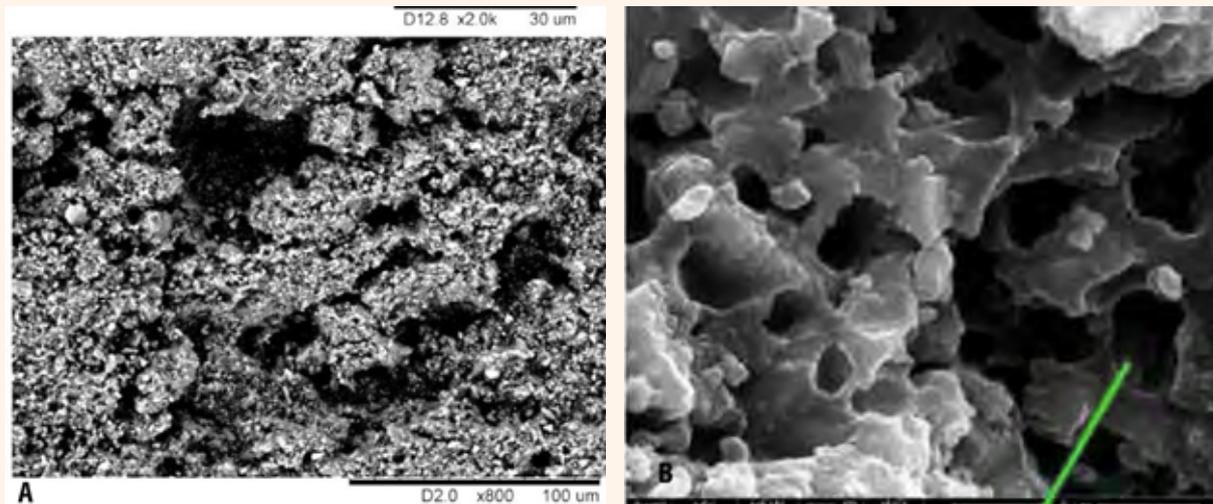


Рис. 2. Примеры минеральной пустотности (а) и «органической» (в)

из этого, в зонах с более низкой катагенетической зрелостью ОБ определение эффективных нефтенасыщенных толщин сводится к выделению в разрезе склонных к хрупким деформациям литотипов и определению среди них нефтенасыщенных. Продуктивны (и продуктивны всегда) всего 3 литотипа:

- радиолариты кремнистые;
- радиолариты доломитизированные;
- тонкое переслаивание карбонатно-кремнистых пород и известняков.

Таким образом, задача выделения эффективных нефтенасыщенных толщин в этих зонах сводится к выделению данных литотипов по комплексу ГИС.

Несколько другой подход предлагается использовать в зонах повышенного катагенеза, где развита «органическая» емкость.

Закономерности распределения нефти в баженовской свите определяются начальными концентрациями в породах органического вещества (ОВ) и его катагенетической зрелостью, т.е. формирование эффективных коллекторов в породах напрямую связано с процессом катагенетического преобразования ОБ [5, 6]. В связи с этим необходимость привлечения геохимических исследований при оценке запасов баженовской свиты очевидна.

На основании интерпретации результатов анализа пород методом *Rock-Eval* можно:

- выделить нефтенасыщенные интервалы;
- оценить количество содержащейся в них нефти.

Нефтенасыщенные интервалы выделяются по аномально высоким значениям ($S_1 + S_2$) (общее содержание свободных УВ) относитель-

Рис. 3. Схема литологической типизации отложений баженовской свиты (высокоуглеродистой области)

| Группа пород | Литотип | минеральная часть Сорг | глинистые минералы | | кремнезем | | карбонатные минералы | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|------------------------|--------------------|----|-----------|-----|----------------------|----|----|-----|-------------------|----|-------------------|-----|-------------------|----|----|-----|
| | | | 0 | 25 | 50 | 75% | 0 | 25 | 50 | 75% | кальцит биогенный | | кальцит вторичный | | доломит вторичный | | | |
| | | | 0 | 25 | 50 | 75% | 0 | 25 | 50 | 75% | 0 | 25 | 50 | 75% | 0 | 25 | 50 | 75% |
| 1 группа | Силлициты глинистые высокоуглеродистые с двустворками | более 10% | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| | Силлициты глинисто-карбонатные высокоуглеродистые с кокколитофоритами | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| | Силлициты малоглинистые углеродистые | до 10% | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| 2 группа | Радиолариты | до 5% | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| | Вторичные доломиты, развитые по радиоларитам | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| | Вторичные известняки, развитые по радиоларитам | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| | Известняки пеллоидно-интракласовые | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |

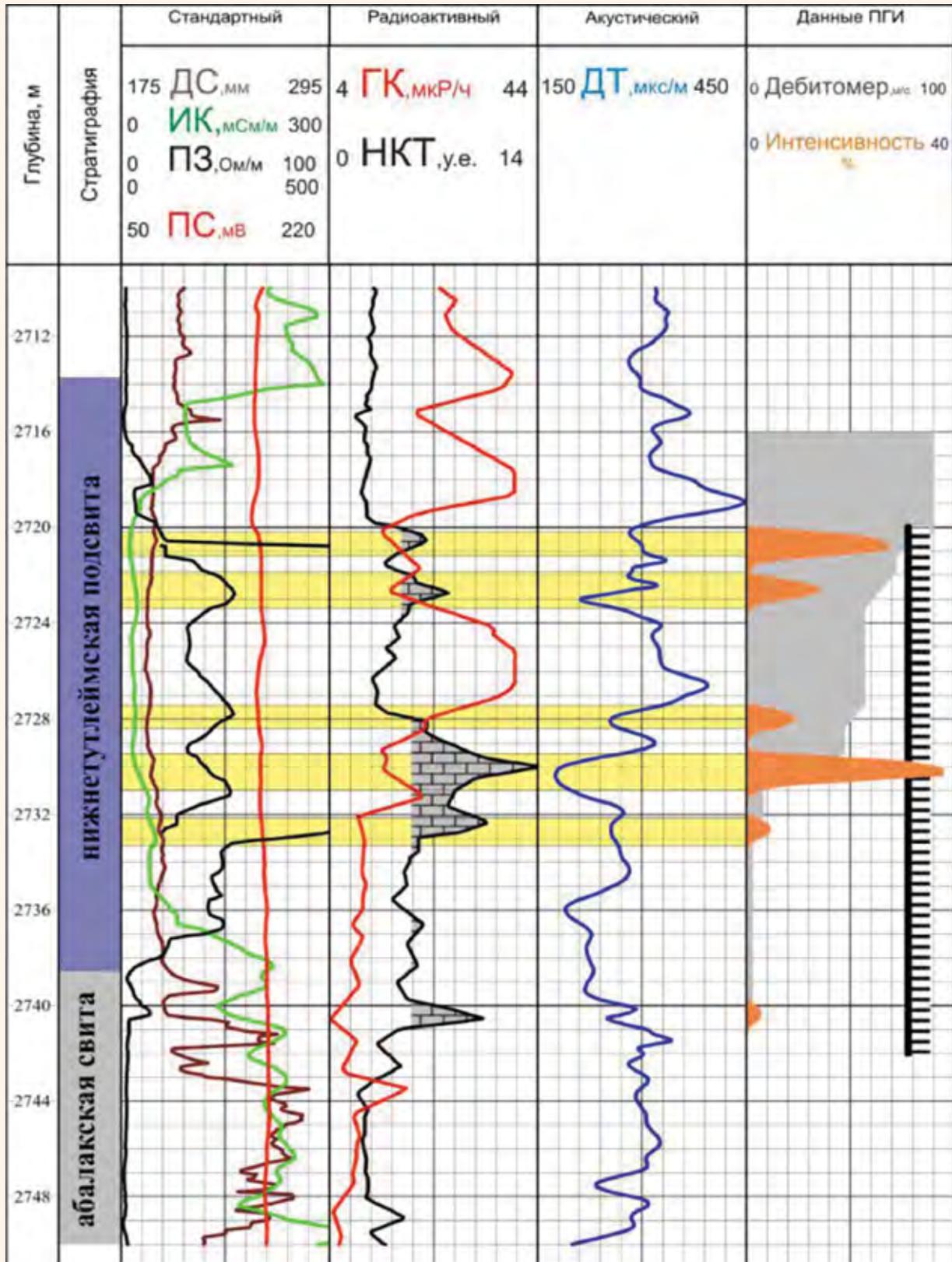


Рис. 4.
Пример выделения эффективных толщин в разрезе с «минеральным» типом порового пространства. Скважина 219 Средне-Назымского месторождения.

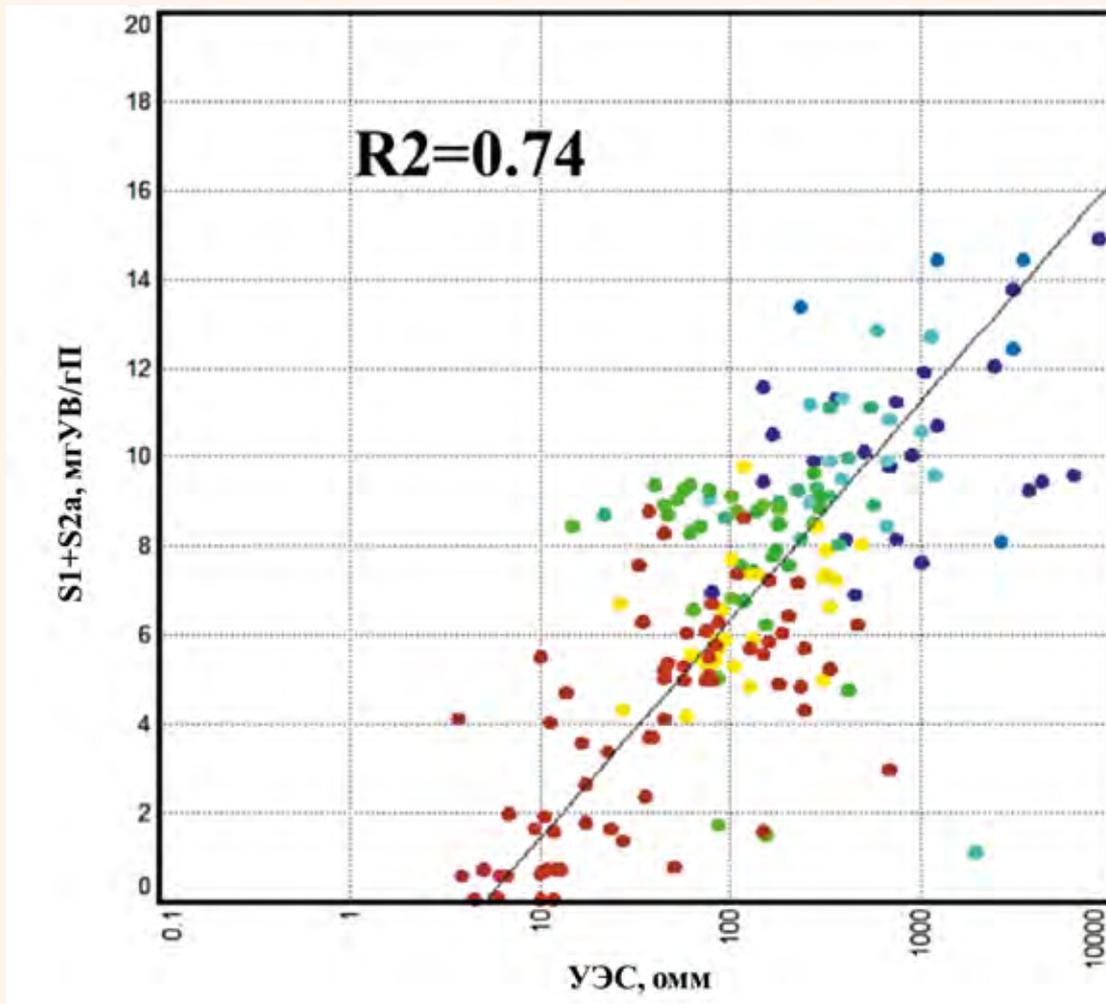


Рис. 5. Связь геохимического параметра $S1 + S2a$ и удельного электрического сопротивления (УЭС) по ГИС в интервале баженовской свиты по скважинам Большого Салыма (высокая степень катагенетической зрелости OB)

но концентрации S_{org} и S_2 . То есть относительно высокое содержание свободных УВ характеризует наличие коллектора.

Удельное электрическое сопротивление пласта зависит от литологии разреза, пористости, занятой флюидом, и насыщения. Отсутствие других флюидов, кроме S_1 и S_2a , в баженовской свите позволяет проводить прогноз величины $S_1 + S_2a$ для каждого литотипа с помощью фокусированных методов сопротивления по ГИС.

$S_1 + S_2a$ – функция - $V_{\text{породы}} * (K_{\text{п.дин}} + K_{\text{но}})$.

Это параметр пропорциональный общей пористости, а значит, характеризует как подвижный УВ ($K_{\text{п.дин}}$), так и не подвижный УВ ($K_{\text{но}}$), и лучше всего выражается через сопротивление.

Связь между содержанием керогена и радиоактивностью можно прогнозировать через

спектральную (а в некоторых областях и через интегральную – в зависимости от концентрации глинистого вещества) характеристику гамма-каротажа.

В связи с этим использовалась интегральная функция ГК, входящая в стандартный комплекс и прописанная практически во всех скважинах.

Нефть, генерируемая керогеном, не вся является подвижной, т.к. часть ее удерживается сорбционными процессами керогена и вмещающих его пород.

Таким образом, для выделения коллекторов мало получить параметр S_1 большее 0, надо учесть остаточное насыщение, т.е. получить S_1 гран.

Предложенные методологические подходы по определению эффективной нефтенасыщенной толщины могут быть положены в основу методики подсчета запасов в отложениях баженовской свиты и оценки ресурсного потенциала. ©

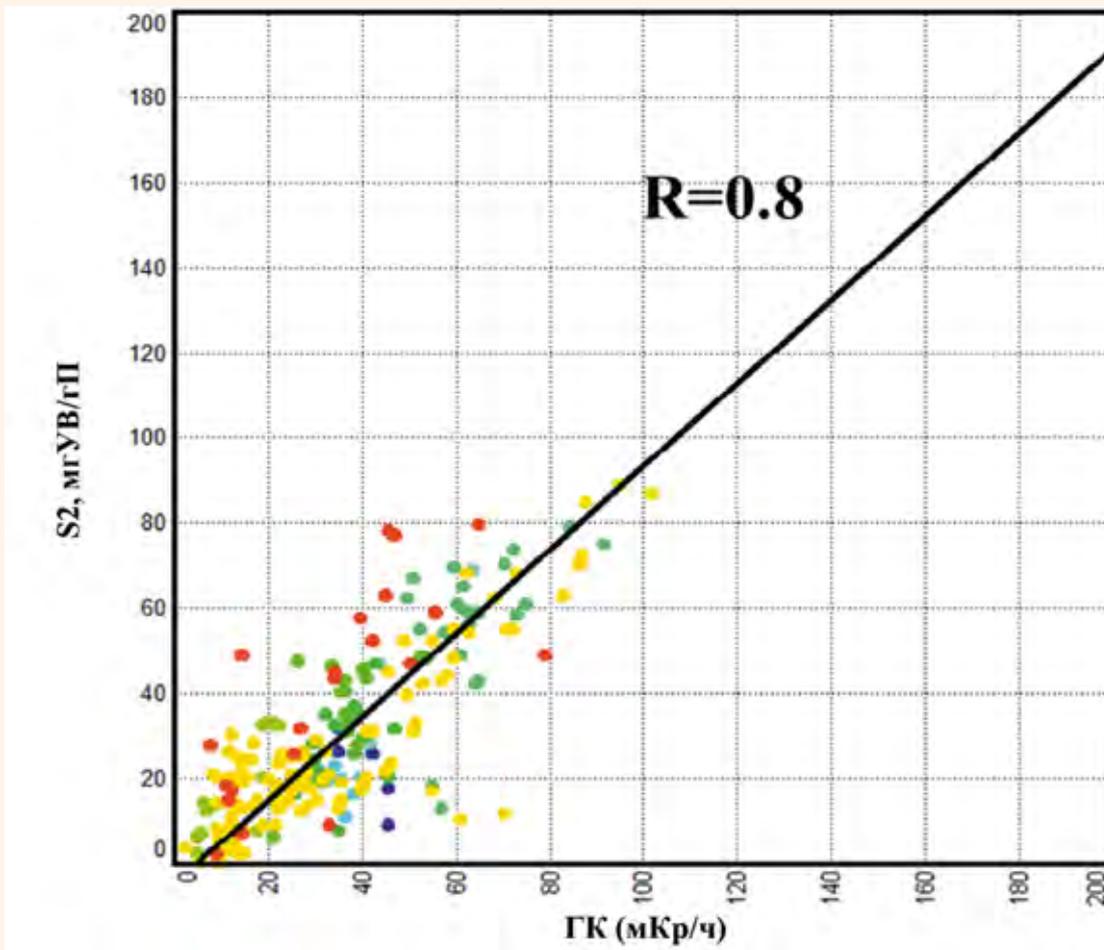
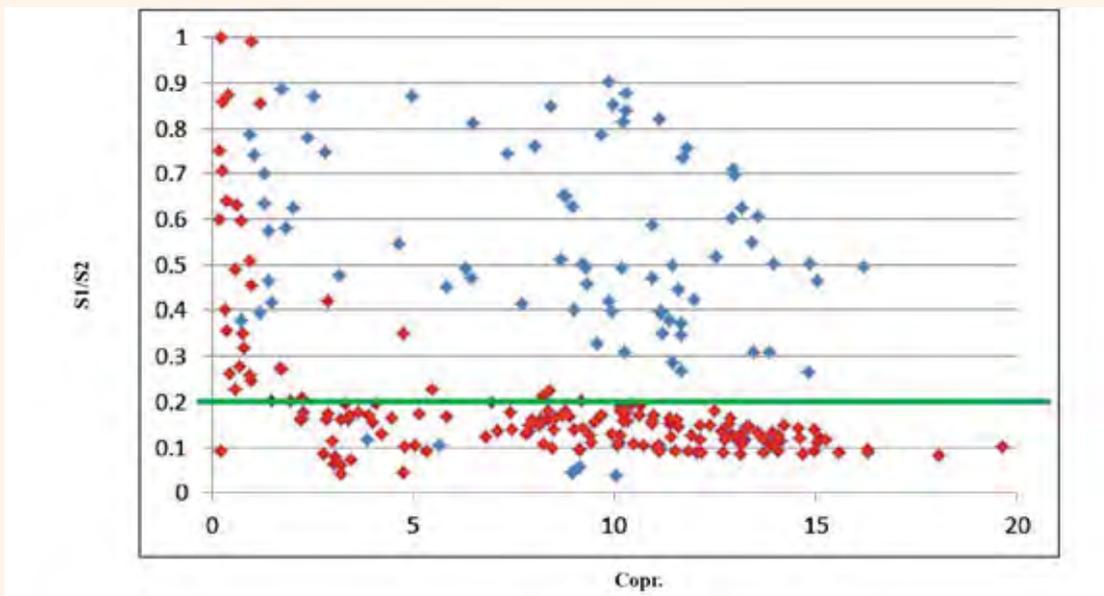


Рис. 6.
Связь геохимического параметра S_2 до экстракции и интегральной радиоактивности, для скважин Большого Сальма

Рис. 7.
Графическое определение граничного значения параметра S_1 по результатам испытаний



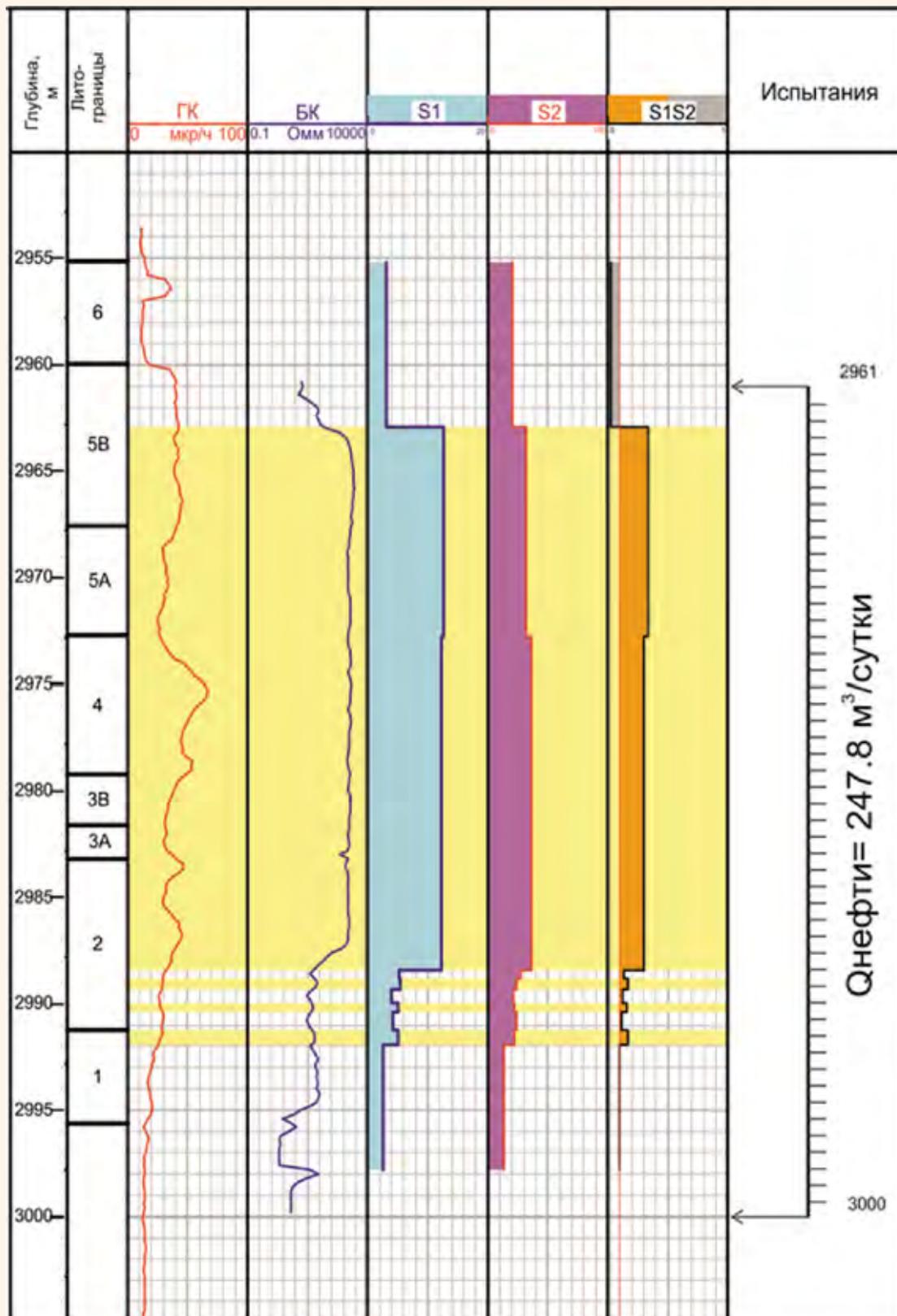


Рис. 8. Пример выделения эффективных нефтенасыщенных толщин по данным ГИС в скважине с высоким дебитом (Салымская площадь, скв. 119), – интервал коллектора

Литература

1. Балущкина Н.С., Калмыков Г.А., Хамидуллин Р.А., Белохин В.С., Коробова Н.И., Петракова Н.Н., Бакай А.И. Комплексная литофизическая типизация пород баженовской свиты по данным керна и комплексу ГИС. SPE-171168-RU.
2. Временное методическое руководство по подсчету запасов нефти в трещинных и трещинно-поровых коллекторах в отложениях баженовской толщи Западно-Сибирской нефтегазовой провинции // Недропользование XXI век. 2017. № 4. С. 68–101.
3. Временные методические рекомендации по подсчету запасов нефти в доманиковых продуктивных отложениях // Недропользование XXI век. 2017. № 4. С. 102–115.
4. Прищепца О.М., Аверьянова О.Ю. Понятийная база и терминология углеводородов сланцевых толщ и низкопроницаемых коллекторов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 6. С. 4–15.
5. Прищепца О.М., Суханов А.А., Макарова И.Р. Методика определения зрелости сапропелевого органического вещества в доманикитах и оценки их углеводородных ресурсов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 7. С. 4–9.
6. Скворцов М.Б., Дахнова М.В., Можегова С.В., Кирсанов А.М., Комков И.К., Пайзанская И.Л. Роль геохимических методов в прогнозе нефтеносности и оценке ресурсного потенциала черносланцевых толщ (на примере баженовской свиты) // Геология и геофизика. 2017. № 3.

UDC 550.9:553.98

M.B. Skvortsov, PhD, Head of Department, VNIGNI¹, skvortsov@vnigni.ru.

A.M. Kirsanov, Head of Well Survey Data Interpretation Sector, VNIGNI¹, kirsanov@vnigni.ru.

¹Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Geological Oil Institute". 36 Entuziastov Highway, Moscow, 105118, Russia.

Methodological approaches to identification of oil saturated thickness in the Bazhenov series

Abstract. Be the example of the Bazhenov formations in Western Siberia, the authors propose methodological approaches to determine net oil thickness with the use of Rock-Eval and well logging data. The proposed methodological approaches to determination of net oil thickness can make a basis for technology of reserves assessment in the Bazhenov series and resource potential assessment.

Keywords: Bazhenov Formation; unconventional petroleum system; net oil thickness; reserves assessment.

References

1. Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Hamidullin R.A., Belohin V.S., Korobova N.I., Petrakova N.N., Bakaj A.I. *Kompleksnaja litofizicheskaja tipizacija porod bazhenovskoj svity po dannym kerna i kompleksu GIS* [Complex lithophysical typification of rocks of the Bazhenov Formation according to core data and GIS complex]. SPE-171168-RU.
2. *Vremennoe metodicheskoe rukovodstvo po podschetu zapasov nefi v treshhinnyh i treshhinno-porovyh kollektorah v otlozhenijah bazhenovskoj tolshhi Zapadno-Sibirskoj neftegazovoj provincii* [Provisional methodological guidelines for the calculation of oil reserves in fractured and fractured porous reservoirs in sediments of the Bazhenov stratum of the West-Siberian oil and gas province]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil use XXI century], 2017, no. 4, pp. 68–101.
3. *Vremennye metodicheskie rekomendacii po podschetu zapasov nefi v domanikovyh produktivnyh otlozhenijah* [Temporary guidelines for the calculation of oil reserves in the Domani productive sediments]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [Subsoil use XXI century], 2017, no. 4, pp. 102–115.
4. Prishhepa O.M., Aver'janova O.Ju. *Ponjatijnaja baza i terminologija uglevodorodov slancevyh tolshh i nizkopronicaemyh kollektorov* [The conceptual framework and terminology of hydrocarbons shale strata and low-permeability reservoirs]. *Geologija, geofizika i razrabotka nefjnyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, geophysics and development of oil and gas fields], 2014, no. 6, pp. 4–15.
5. Prishhepa O.M., Suhanov A.A., Makarova I.R. *Metodika opredelenija zrelosti sapropelevogo organicheskogo veshhestva v domanikitah i ocnki ih uglevodorodnyh resursov* [Method for determining the maturity of sapropel organic matter in domanikites and assessing their hydrocarbon resources]. *Geologija, geofizika i razrabotka nefjnyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, geophysics and development of oil and gas fields], 2015, no. 7, pp. 4–9.
6. Skvortcov M.B., Dahnova M.V., Mozhegova S.V., Kirsanov A.M., Komkov I.K., Pajzanskaja I.L. *Rol' geohimicheskikh metodov v prognoze neftenosnosti i ocenke resursnogo potenciala chernoslancevyh tolshh (na primere bazhenovskoj svity)* [The role of geochemical methods in predicting oil content and assessing the resource potential of black shale strata (using the example of the Bazhenov formation)]. *Geologija i geofizika* [Geology and Geophysics], 2017, no. 3.