

## Методика прогноза содержания органического вещества в породах баженовской свиты по данным геофизических исследований скважин на примере месторождений Томской области

А.А. Рогов  
(ОАО «ТомскНИПИнефть»)

Адрес для связи: [RogovAA@tomsknipi.ru](mailto:RogovAA@tomsknipi.ru)

**Ключевые слова:** баженовская свита, органическое вещество, спектрометрический гамма-каротаж (СГК), Томская область

Согласно общепринятой в настоящее время концепции поиска нефти в породах Баженовской свиты одним из ключевых факторов оценки перспективности является содержание органического вещества  $C_{орг}$ . Прогнозное распределение  $C_{орг}$  по площади базируется на результатах лабораторных исследований кернa и не всегда соответствует фактической геохимической обстановке ввиду низкой концентрации исследований. В связи с этим выполнить детальный прогноз  $C_{орг}$  в масштабах исследуемой территории и, следовательно, уточнить потенциально перспективные районы достаточно проблематично. Для решения указанной проблемы предложена методика прогноза  $C_{орг}$  по данным геофизических исследований скважин (ГИС), которая основана на корреляционных связях геохимических параметров с параметрами, полученными по данным спектрометрического гамма-каротажа (СГК). В качестве объекта исследования выбраны скважины, расположенные в различных нефтегазовых районах Томской области, для которых проведены лабораторные исследования пород баженовской свиты, в частности, методом пиролиза Rock-Eval, и имеются материалы расширенного комплекса ГИС. Входными данными для обоснования методики послужили пиролитические исследования образцов кернa ( $C_{орг}$ ), а также данные СГК (массовое содержание урана, калия и тория). Рассмотрена возможность построения корреляционной связи между параметром  $C_{орг}$  и содержанием урана, определенным по данным СГК, по всем разрезу

## Technique for total organic carbon forecasting in Bazhenov formation using well-logging data by the example of deposits in Tomsk region

A.A. Rogov  
(TomskNIPIneft JSC, RF, Tomsk)

E-mail: [RogovAA@tomsknipi.ru](mailto:RogovAA@tomsknipi.ru)

**Keywords:** Bazhenov formation, total organic carbon (TOC), spectral gamma-ray logging (SGR), Tomsk region

According to the currently accepted methodology applied to shale oil prospecting (in Bazhenov rocks), total organic carbon (TOC) in Bazhenov rocks is one of the key factors in prospective area assessment. The prospected TOC areal distribution is primarily obtained as a result of core sample laboratory tests, and it does not always correspond to the real geochemical environment owing to insufficient amount of investigations. This fact makes detailed TOC forecasting on the scale of the study area, and subsequently, defining potentially prospective areas difficult. To solve the above mentioned problem the author proposes TOC forecasting technique using well logging data which is based on correlations of geochemical parameters with parameters obtained by spectral gamma-ray logging (SGR).

The research target is wells located in different oil-gas bearing areas within Tomsk Oblast which were subject to laboratory tests on Bazhenov rocks, using Rock-Eval pyrolysis, in particular, and advanced well logging. Both pyrolysis investigations of core samples (TOC) and spectral gamma-ray logging (uranium, potassium and thorium mass content) provided input data for technique validation. Based on the observed regularity indicating that Bazhenov bituminous argillite radioactivity is due to uranium sorption enrichment, the correlation between total organic carbon content and uranium content determined by spectral gamma-ray logging throughout the Bazhenov section was considered.

Selected parameter comparison reveals rather tight correlations ( $R^2 \approx 0.9$ ), which can be referred to for reliable forecasting of total organic carbon in Bazhenov rocks. The comparison of different relations with basic geochemical parameters can

баженовской свиты. На основе сопоставлений выбранных параметров, получены достаточно тесные корреляционные связи ( $R^2 \approx 0.9$ ), позволяющие выполнять надежный прогноз содержания органического вещества в породах баженовской свиты. Сопоставление различных типов зависимостей с базовыми геохимическими параметрами потенциально указывает на их взаимосвязь с катагенетической преобразованностью пород, что в дальнейшем будет способствовать локализации и детальному ранжированию потенциально перспективных зон баженовской свиты.

potentially indicate their interrelation with diagenetic transformation of rocks which, in turn, facilitates locating and detailed ranging of potentially prospective zones within the Bazhenov section.

## Введение

Согласно общепринятой в настоящее время концепции поиска нефти в породах Баженовской свиты одним из ключевых факторов оценки перспективности является содержание органического вещества  $C_{орг}$ . Прогнозное распределение  $C_{орг}$  по площади базируется на результатах лабораторных исследований керна и не всегда соответствует фактической геохимической обстановке ввиду низкой концентрации исследований. В связи с этим выполнить детальный прогноз  $C_{орг}$  в масштабах исследуемой территории и, следовательно, уточнить потенциально перспективные районы достаточно проблематично. Для решения указанной проблемы предложена методика прогноза  $C_{орг}$  по данным геофизических исследований скважин (ГИС), которая основана на корреляционных связях геохимических параметров с параметрами, полученными по данным спектрометрического гамма-каротажа (СГК).

В качестве объекта исследования выбраны шесть разведочных скважин, расположенных в различных нефтегазоносных районах Томской области (рис.1), для которых проведены лабораторные исследования пород керна пород баженоской свиты, в частности методом пиролиза Rock-Eval, а также имеются материалы расширенного комплекса ГИС, представленного методами радиоактивного каротажа (ГК/СГК, ННКт, ГГКп) и электрометрии (БК, ИК, ВИКИЗ, ПС).

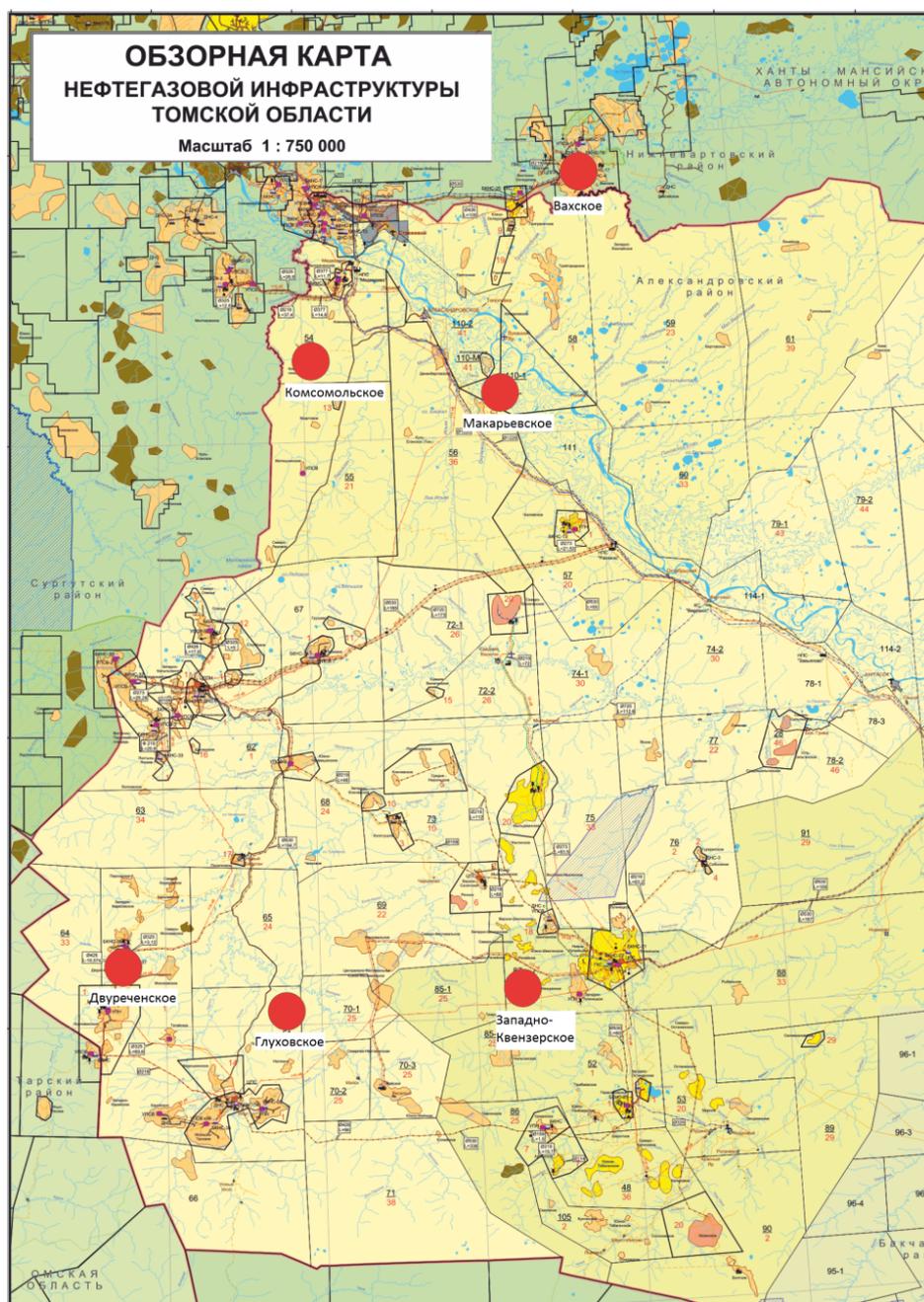


Рис. 1. Фрагмент обзорной карты Томской области с указанием расположения исследуемых скважин

Как известно [1], радиоактивность битуминозных аргиллитов баженовской свиты обусловлена их сорбционным обогащением ураном. Живые планктонные организмы не накапливают уран ни в тканях, ни в раковинах. Сорбционное связывание урана органическим веществом происходит после отмирания микроорганизмов. В поверхностных взвешах накопление урана также не связано с окислительной обстановкой осадконакопления.

Восстановление и сорбция урана на органическом веществе пеллет и флокул начинается после их попадания в придонные анаэробные слои и выпадения в осадок. Исходя из данной закономерности, рассмотрена возможность построения корреляционной связи между содержанием органического вещества  $C_{орг}$  и содержанием урана, определенным по данным СГК, по всем разрезу баженовской свиты.

Входными данными для обоснования методики послужили пиролитические исследования ( $C_{орг}$ ), а также данные СГК (массовое содержание урана, калия и тория). На основе сопоставлений выбранных параметров получены зависимости, показанные на рис. 2.

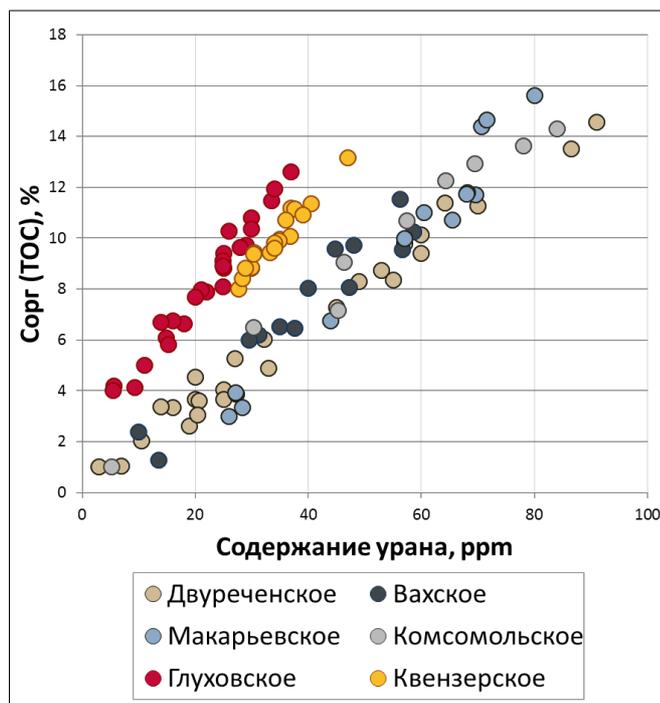


Рис. 2. Зависимость содержания органического вещества  $C_{орг}$  от массового содержания урана в породах баженовской свиты для различных нефтяных месторождений Томской области

Из рис. 2 видно, что наблюдаются достаточно тесные корреляционные связи как в отдельных скважинах, так и в группах согласно структурно-тектоническому районированию:

- Западно-Квензерское и Глуховское месторождения относятся к отрицательной структуре - Нюрольской мегавпадине;

- Вахское, Комсомольское, Макарьевское месторождения относятся к положительным структурам соответственно Трайгородскому мезовалу, Нижневарттовскому своду, Полуденному выступу.

Наиболее вероятной причиной типизации корреляционных связей, по мнению автора, является различие в фациальной обстановке осадконакопления пород баженовской свиты. Так, для более погруженных отложений Западно-Квензерского и Глуховского месторождений, на территории которых осадконакопление происходило в преимущественно анаэробных, восстановительных условиях, содержание урана и, следовательно, органического вещества, существенно больше, чем в приподнятых отложениях остальных рассматриваемых месторождений. Это подтверждает гипотезу, выдвинутую в работе [1]: осаждение урана контролируется рН среды, и наиболее активная сорбция урана на органических компонентах происходит в преимущественно восстановительной обстановке. Полученные результаты в совокупности с данными геохимических исследований применимы для базового анализа районов исследования с целью количественной и качественной оценки содержания органического вещества [2].

### **Апробация методики и полученные результаты**

На начальном этапе ввиду отсутствия скважин, для которых имелись материалы СГК и результаты геохимических исследований керна баженовской свиты, для обоснования петрофизических связей использовались данные спектрометрии, полученные в лабораторных условиях на керновых колонках (суммарным вынос – более 90 %). Последующий анализ скважинного и лабораторного замеров содержания урана подтвердил наличие между ними достаточно тесной корреляционной связи ( $R^2 > 0,95$ ) (см. рис. 2). Это позволяет использовать лабораторные данные вместо скважинных замеров содержания урана без введения в петрофизическую зависимость существенной погрешности.

Для оценки применимости предлагаемой методики в рамках оперативной интерпретации материалов геофизических исследований скв. 55 Вахского месторождения (с отбором керна в интервале баженовской свиты) выполнен прогноз параметра  $C_{орг}$  по данным скважинной спектрометрии. Затем по результатам геохимических исследований керна получены фактические значения  $C_{орг}$  и выполнено сопоставление прогнозных и фактических данных. Из рис. 3 видно, что прогнозные значения достаточно хорошо подтверждаются фактическими керновыми данными, за исключением отдельных интервалов в подошвенной части свиты.

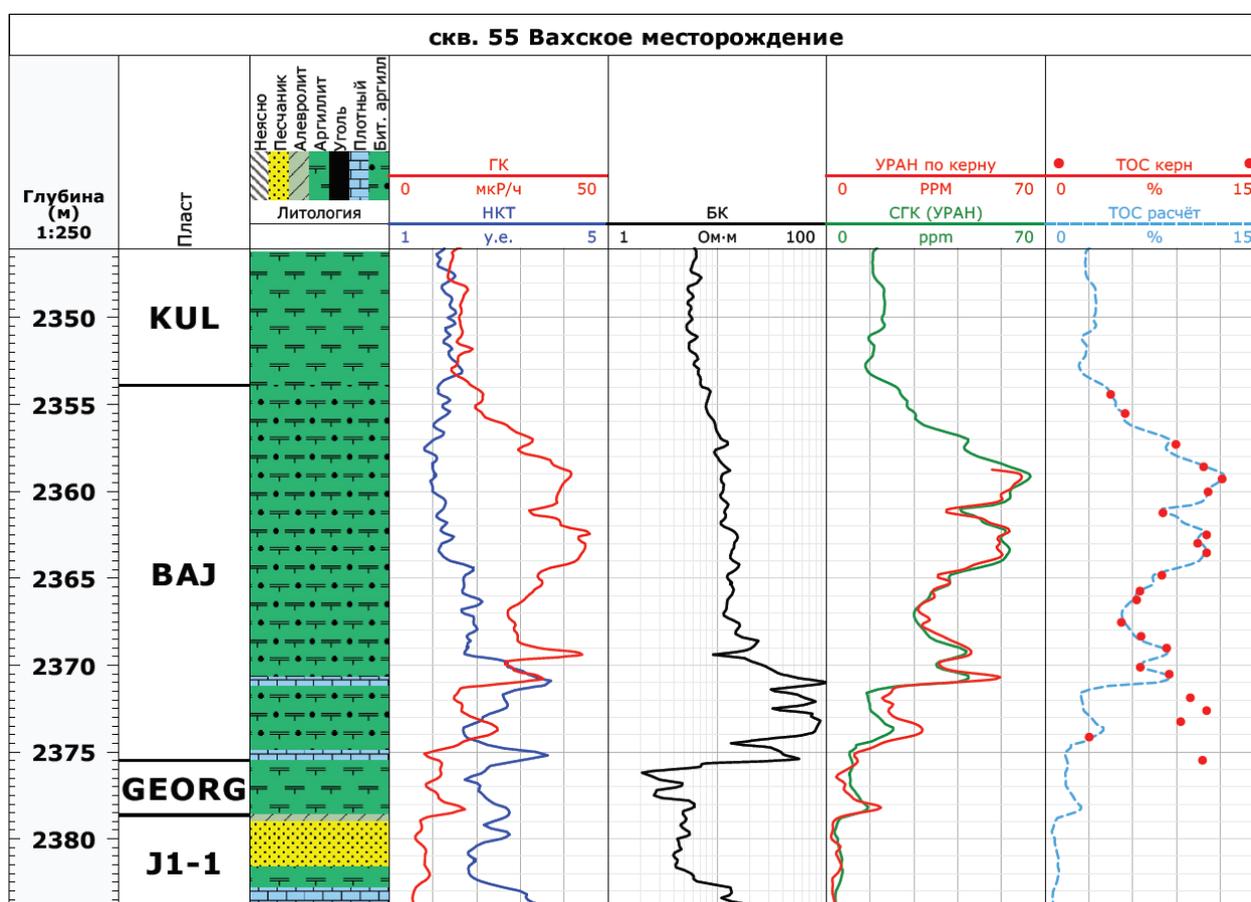


Рис. 2. Результаты расчета параметра  $C_{орг}$  по данным СГК на примере скв. 55 Вахского месторождения

Наиболее вероятной причиной расхождений прогнозных и фактических значений является литологическая типизация разреза. Как видно из рис. 3 (кривые НКТ, БК), подошвенная часть характеризуется повышенной

карбонатизацией, при этом содержание урана резко падает при достаточно высоком содержании органического вещества. По данным минералогического анализа указанный интервал представлен доломитами известковистыми органогенными, основную часть объема породы составляют раковины радиолярий различной сохранности, замещенные кальцитом и обогащенные органическим веществом. По мнению автора, исходя из вида фаунистических остатков (радиолярии), сопутствующих диагенетических преобразований (замещение кальцитом), а также молекулярных характеристик органического вещества, можно сделать вывод, что на момент начала формирования баженовской свиты геохимическая обстановка осадконакопления была частично аэробной. Данный тип обстановки не способствовал максимальной сорбции урана на поверхности молекул органического вещества – часть урана окислялась, переходила в растворенное состояние и удалялась из зоны осадконакопления глубинными растворами [1].

В настоящее время предлагаемая методика не позволяет выполнять прогноз  $C_{\text{орг}}$  по данным СГК для высококарбонатизированных интервалов баженовской свиты ввиду непредставительной корреляционной связи. Для учета типизации разреза предлагается предварительно разделять баженовскую свиту на литологические типы: глинисто-кремнистый, представленный преимущественно силицитами, и карбонатный, представленный органогенными известняками, - на качественном уровне с помощью таких методов ГИС, как БК, НККт, ГГКп, АК, и с дальнейшим применением реализованной методики только для глинисто-кремнистого типа.

Пошаговый алгоритм применения методики с целью регионального прогноза  $C_{\text{орг}}$  по данным ГИС приведен на рис. 4.

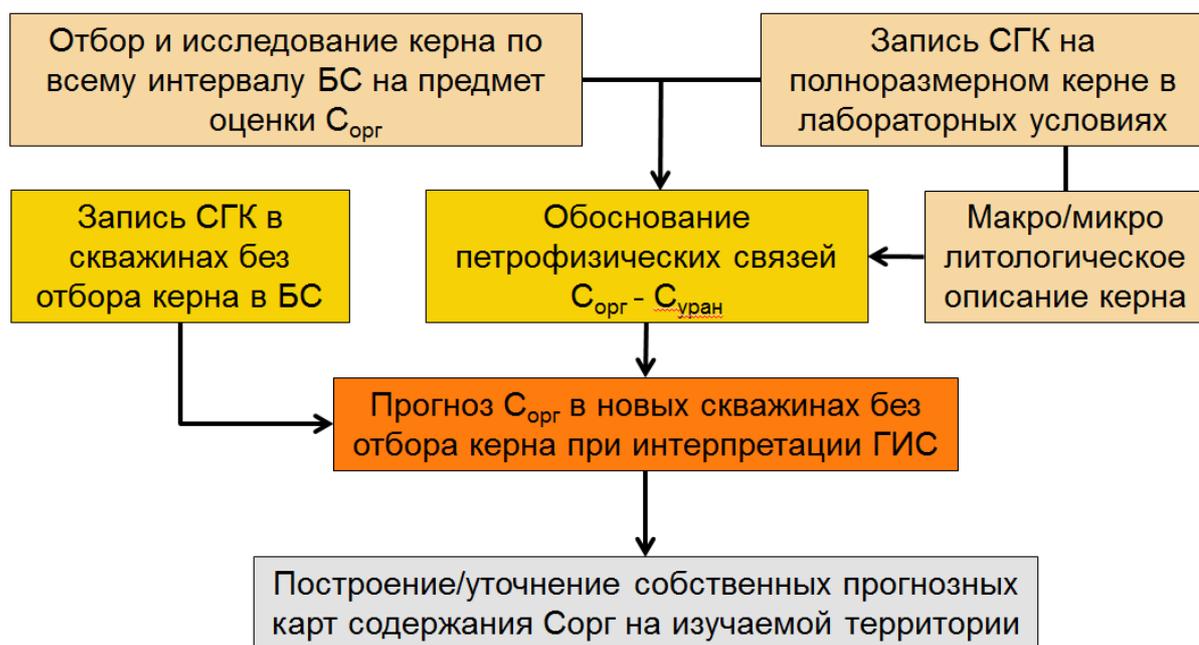


Рис. 4. Алгоритм обоснования методики для прогноза  $C_{орг}$  (БС – баженовская свита)

## Выводы

1. Реализованная методика позволяет прогнозировать содержание органического вещества в породах баженовской свиты по данным ГИС (СКГ), а также качественно определить окислительно-восстановительную обстановку осадконакопления. В совокупности это способствует более точной локализации потенциально перспективных зон баженовской свиты.

2. К основным преимуществам методики можно отнести ее экономическую эффективность, заключающуюся в отсутствии необходимости проведения дополнительных специализированных исследований керна: на начальном этапе используются только геохимические и рутинные исследования; для дальнейшего регионального прогноза  $C_{орг}$  требуется лишь включение в обязательный комплекс ГИС одного специального метода – СКГ, стоимость которого существенно ниже стоимости керновых исследований.

3. Предлагаемая методика имеет ряд ограничений, связанных с литологическими особенностями пород, которые в совокупности могут снизить достоверность прогноза. Однако вполне влияние данного фактора можно

минимизировать путем построения дополнительных петрофизических зависимостей, а также проведения базового минерально-компонентного анализа исследуемых пород.

---

### **Список литературы**

1. *Батурин Г.Н.* Уран в современном морском осадкообразовании. – Москва: Атомиздат, 1975г. - 152 с.
2. *Гурари Ф.Г., Матвиенко Н.И.* Палеогеография баженовской свиты по распределению в ней урана // Тр. Ин-та / СНИИГГиМС. - 1980. - Вып. 275 - 132 с.