



УТОЧНЕНИЕ ГРАНИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БАЖЕНОВСКОЙ И МАРЬЯНОВСКОЙ СВИТ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОЙ МЕЗОВПАДИНЫ)

Е. Ю. Лаптева, Н. В. Щигорева

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Выполнен комплексный анализ данных сейсморазведочных работ, каротажных кривых, геохимических и литологических исследований в интервале отложений баженовской и марьяновской свит. На примере зональных работ подтверждены региональные зависимости содержания $C_{\text{орг}}$ от значений кажущегося сопротивления. Существенно уточнена фациальная граница перехода отложений баженовской свиты в марьяновскую.

Ключевые слова: юго-восток Томской области, баженовская и марьяновская свиты, динамический и кинематический анализы, органический углерод, генерационный потенциал.

REFINING THE BOUNDARIES OF THE DISTRIBUTION OF THE BAZHENOVSKAYA AND MARYANOVSKAYA FORMATIONS ON THE BASIS OF AN INTEGRATED APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA (ON THE EXAMPLE OF THE BAKCHARIAN MEZODEPRESSION)

E. Yu. Lapteva, N. V. Shchigoreva

Siberian Research Institut of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

A comprehensive analysis of seismic data, logs, geochemical and lithological studies in the sediment interval of the Bazhenovskaya and Maryanovskaya suites was performed. On the example of zonal work, regional dependences of the C_{org} content on the values of apparent resistance are confirmed. The facies boundary of the transition of sediments of the Bazhenovskaya Formation to the Marianovskaya Formation has been substantially refined.

Keywords: southeast of the Tomsk region, Bazhenovskaya and Maryanovskaya formations, dynamic and kinematic analyzes, organic carbon, generation potential.

DOI 10.20403/2078-0575-2020-2-47-54

На территории Западно-Сибирской плиты основной нефтематеринской толщей большинство исследователей признают отложения баженовской свиты, аномально обогащенные органическим веществом (ОВ), которое выступает в качестве одного из породообразующих компонентов и определяет высокий генерационный потенциал свиты.

Район исследования расположен на юго-востоке Томской области в Омско-Чулымской структурно-фациальной области (СФО) на границе Сильгинского и Ажарминского структурно-фациальных районов (СФР) в зоне фациального замещения битуминозных отложений баженовской свиты марьяновскими глинами. Далее в восточном и северо-восточном направлениях последние переходят в песчано-глинисто-алевролитистые породы максимоярской свиты (Чулымо-Тасеевский СФР). В юго-восточном направлении район исследования граничит с Тебисским СФР, где развиты отложения марьяновской свиты, замещающиеся далее в Баганском СФР песчаниками, глинами и алевролитами баганской свиты [6, 7].

Напомним, что отложения баженовской свиты соответствуют одноименному стратиграфическому горизонту волжского яруса и перекрывают породы

георгиевской свиты (георгиевский стратиграфический горизонт, киммериджский ярус). Марьяновская свита включает отложения баженовского и георгиевского стратиграфического горизонтов, официально на подсвиты не делится [6]. В настоящей работе георгиевский и баженовский горизонты рассматриваются как единый стратиграфический уровень.

В тектоническом отношении площадь исследования охватывает Бакчарскую мезовпадину и сопредельные территории.

Отложения баженовской свиты в районе исследования выделены в скважинах Болтной, Верхнекомбарской, Сомовской, Олимпийской и Горело-Ярской площадей; марьяновской – Парбигской, Кенгской, Западно-Крыловской, Крыловской, Тигинской, Западно-Колпашевской, Колпашевской, Овражной и Поскоевской. Таким образом, по скважинным данным установлено, что осадки баженовской свиты формировались на западе и северо-западе изучаемой территории, тогда как на подавляющей ее части отлагались породы марьяновской свиты.

В юрском интервале разреза на площади исследования в зоне развития отложений баженов-

ской свиты открыты Болтное (пласт Ю₁) и Сатпаевское (пласт Ю₄) нефтяные месторождения; несколько далее – Пинжинское, Селимхановское, Ондатровое и Рыбальное, залежи в которых сосредоточены в васюганском горизонте (пласт Ю₁).

На площади распространения пород марьяновской свиты выявлено только одно нефтяное месторождение – Парбигское с залежью в пласте Ю₁₅ надояхского горизонта (нижняя юра). Нефтематеринской толщей для этого уровня, как показывают результаты бассейнового моделирования, являются обогащенные ОВ глины тогурской свиты. На Колпашевской площади в горизонте Ю₁ отмечены нефтепроявления в скважинах 2 и 7 (пленка нефти). Итак, вопрос пространственного соотношения баженновской и марьяновской свит с различным генерационным потенциалом напрямую влияет на оценку нефтегазоносности территории. Соответственно, актуально уточнение границы фациального замещения отложений баженновской и георгиевской свит на марьяновские.

Анализ содержания C_{орг} в скважинах

Различный генерационный потенциал свит определяется в первую очередь концентрацией в них ОВ и его качеством. Среднее содержание ОВ в породах баженновской свиты 5–12 %, марьяновской 1–3 % [1]. В юго-восточных районах Западной Сибири наблюдаются устойчивые связи между содержанием ОВ и значениями КС и ГК [3, 4].

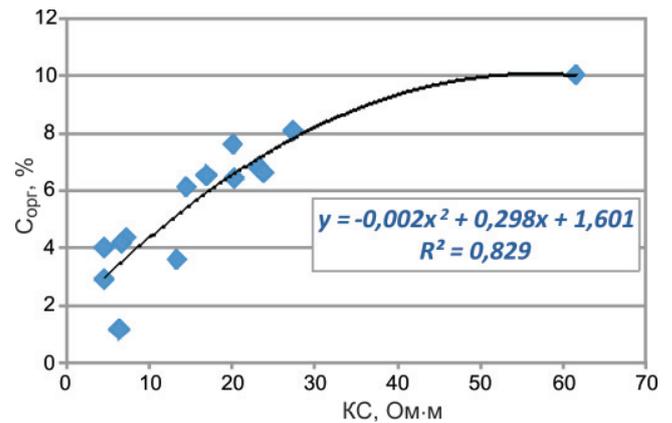


Рис. 1. Зависимость содержания C_{орг} от средних значений КС в объеме баженновского и георгиевского горизонтов

По материалам 60 глубоких скважин, расположенных на территории исследования, установлено, что концентрация C_{орг} в скважинах Армической, Болтной, Верхнекомбарской, Горело-Ярской, Новосомовской, Казанской, Олимпийской площадей в отложениях баженновской свиты составляет 5,0–10,0 %, георгиевской – 2–4 %. В скважинах Западно-Крыловской, Парбигской, Колпашевской площадей в верхах марьяновской свиты (волжский ярус) содержится около 3,0 % C_{орг}, в нижней части разреза (киммериджский ярус) – 1,2–1,4 %. Выявлена прямая зависимость с высоким коэффициентом корреляции содержания C_{орг} от значений кажущегося сопротивления (КС) в интервале баженновского

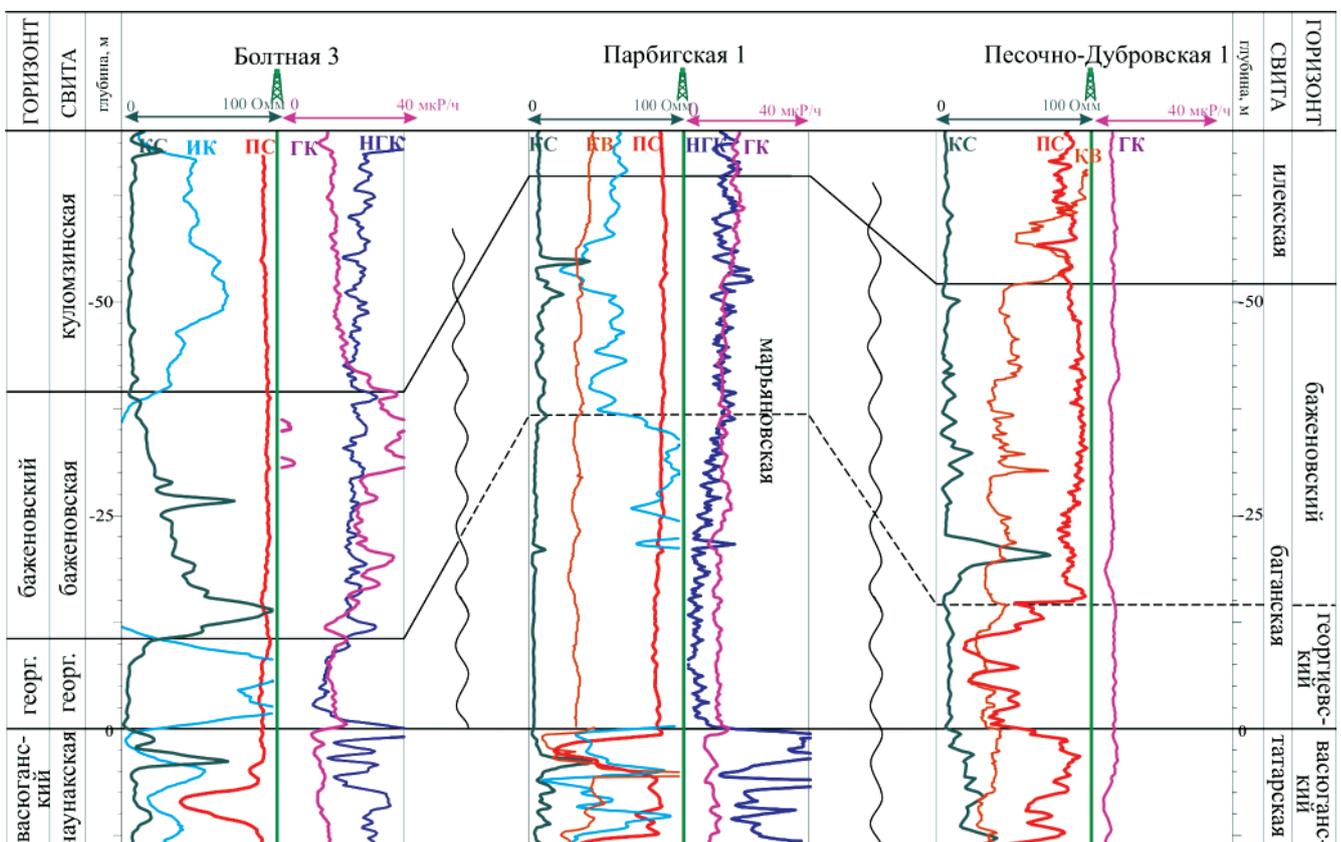


Рис. 2. Изменение характера записи кривых ГИС в интервалах баженновского и георгиевского горизонтов для отложений баженновской, марьяновской и баганской свит



и георгиевского горизонтов (рис. 1). Аналогичные зависимости с близкими коэффициентами корреляции получены и при рассмотрении этих горизонтов раздельно.

Отложения баженовской и марьяновской свит заметно различаются на диаграммах кажущегося электрического сопротивления (КС) и гамма-каротажа: для баженовской свиты КС – до 100–200, в единичных случаях до 300 Ом·м; для верхов марьяновской свиты (аналог баженовского горизонта) – до 50 Ом·м. Удельное сопротивление в низах марьяновской свиты (георгиевский горизонт) и в георгиевской свите примерно одинаково – в среднем 2–5 Ом·м. Значения ГК в породах баженовской свиты достигают 40–50 мкР/ч, марьяновской – 20–25 мкР/ч (рис. 2).

Следовательно, по значениям КС в скважинах можно с высокой долей вероятности прогнозировать содержание в них $C_{орг}$ и, соответственно, оценивать генерационный потенциал отложений.

Кинематический анализ данных сейсморазведки (использование данных о палеорельефе)

Для уточнения границы фациального замещения отложений баженовской свиты на марьяновские анализировались толщины киммеридж-волжских осадков. Установлено, что минимальными значениями характеризуются контрастные куполовидные

поднятия (к. п.), осложняющие структуры первого порядка, что говорит о высокой скорости их роста в позднеюрское время (рис. 3). На Чинжарском (Пудинский мегавал) и Инкинском (Парабельский мегавал) к. п. суммарные мощности баженовского и георгиевского горизонтов составляют 30–40 м, на Олимпийском (Казанский выступ) наблюдается их незначительное увеличение – до 40–50 м. При этом на Чинжарском и Олимпийском к. п. развиты отложения баженовской и георгиевской свит, а на Инкинском, находящемся в аналогичных тектонических условиях, – марьяновской свиты (некоторые исследователи выделяют здесь отложения переходного типа).

В скважинах Олимпийского к. п. значения КС 70–100 Ом·м, ГК до 40 мкР/ч $C_{орг}$ 6–7,5 %; Чинжарского – до 150 Ом·м, 20–30, реже до 40–50 мкР/ч, около 7 %; Инкинского – до 30 Ом·м (обычно около 20 Ом·м), до 27 мкР/ч, примерно 2,5 % соответственно. Следовательно, генерационный потенциал пород, слагающих последнее поднятие, невысок.

Таким образом, опираясь только на кинематический анализ, единой изопакиты, разделяющей территорию изучения на области с развитием баженовской и марьяновской свит, установить не удалось.

Палеотектонический анализ показал, что северо-западный и северный районы исследования

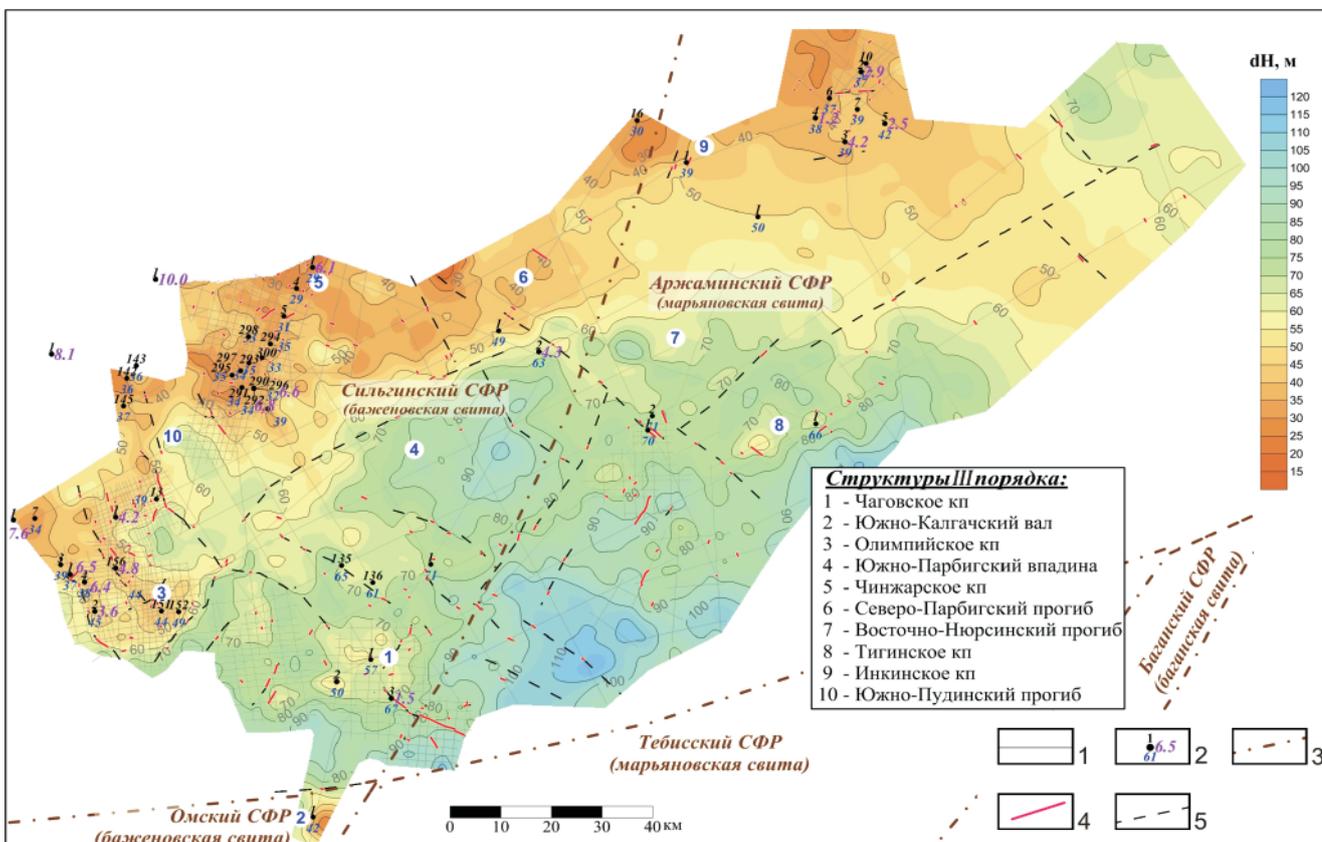


Рис. 3. Карта суммарных толщин баженовского и георгиевского горизонтов по данным сейсморазведки и ГИС 1 – сейсмические профили МОГТ 2D; 2 – скважины (в числителе номер скважины, в знаменателе – мощность, справа – среднее содержание $C_{орг}$); 3 – границы СФР в соответствии с [6]; тектонические нарушения, выделенные по результатам работ: 4 – сейсморазведочных, 5 – региональных

в целом испытывали рост структур; центральный и юго-восточный интенсивно погружались с образованием крупной палеодепрессии, раскрывающейся в юго-восточном направлении, в пределах которой происходило накопление отложений марьяновской свиты. Максимальная толщина в скважинах составляет 79 м (Парбигская скв. 3). Мощность отложений согласно структурным построениям в центре палеодепрессии, не разбуренной скважинами, достигает 110 м. Повышение толщин наблюдается также и в северо-восточном направлении в сторону Восточно-Пайдугинского мегапрогиба.

Толщины всего киммеридж-волжского интервала разреза увеличиваются в основном за счет изменения мощности отложений георгиевского горизонта, при практически постоянной мощности баженновского (см. рис. 2). На долю отложений киммериджского яруса в местах развития баженновской свиты приходится 26 % общей мощности киммеридж-волжских отложений, тогда как на площади, где развиты породы марьяновской свиты, – 47 %.

Далее в юго-восточном направлении в скважинах Песочно-Дубровской, Татьяновской, Пихтовской площадей (Баганский СФР), расположенных на периферии Западно-Сибирской плиты (ЗСП), мощность киммеридж-волжских отложений начинает сокращаться до 40–52 м, причем происходит это в первую очередь также за счет изменения толщин георгиевского горизонта. В этом же направлении повышается и степень опесчанивания всего киммеридж-волжского интервала разреза за счет привноса терригенного материала с краевого обрамления ЗСП. По форме кривой ПС отложения диагностируются как фации головных частей разрывных течений [5].

Особенности фациальных обстановок

В целом на территории юго-востока Западной Сибири существует обратная корреляционная связь между содержанием S_{org} и мощностью киммеридж-волжских отложений. Доля органического углерода заметно уменьшается по направлению от центральных областей к востоку и северу при переходе отложений баженновской свиты в марьяновские глины и глины и аргиллиты яновстанской свиты в Тазо-Хетском СФР с увеличением мощности последних стратонах [2]. Аналогичная зависимость с коэффициентом корреляции 0,77 установлена и на площади исследования. По-видимому, это связано со сменой морских обстановок формирования образований баженновской свиты с сапропелевым ОВ на более мелководные с накоплением осадков марьяновской свиты, содержащих в том числе и гумусовое ОВ.

По данным изотопного исследования ОВ, выполненного в Томском отделении СНИИГиМС под руководством Н. Л. Падалко, установлено, что в скважинах Болтных 1, 4, Верхнекомбарской 296, Новосомовской 1, Олимпийской 156 ОВ из отложе-

ний баженновской и георгиевской свит относится к сапропелевому типу. В Болтной скв. 2, расположенной ближе всего к фациальной границе смены свит, отмечено присутствие гумусовой составляющей; здесь ОВ соответствует смешанному типу с преобладанием сапропелевой органики. Карбонатные составляющие пород по изотопным данным свидетельствуют, что осадконакопление в скважинах Болтных 1, 2, 4, Новосомовской 1, Олимпийской 156 происходило в окислительно-восстановительных морских условиях. В Болтной скв. 4 по образцу из отложений георгиевской свиты определено, что осадки формировались из воды разной степени солености. Таким образом, характер изотопного состава ОВ и карбонатной составляющей пород указывает на накопление осадков баженновской и георгиевской свит в условиях моря и его прибрежной зоны (присутствие гумусовой составляющей и разная степень солености вод). Отложения марьяновской свиты в районе изучения изотопными исследованиями ОВ, к сожалению, не охарактеризованы.

Динамический анализ данных сейсморазведки

При визуальном анализе сейсмических разрезов МОГТ-2D хорошо заметна латеральная и вертикальная изменчивость характера волнового поля в зависимости от состава и мощности киммеридж-волжских отложений. В областях, занятых породами баженновской свиты, в кровле одноименного стратиграфического горизонта (ОГ Б) формируется отрицательный экстремум сейсмической записи; следующий положительный экстремум соответствует кровле васюганского горизонта (ОГ Ю₁^с). В интервале развития отложений марьяновской свиты временная мощность между сейсмическими горизонтами увеличивается, на разрезах хорошо заметно появление мало- и среднеамплитудных положительных отражений разной степени протяженности (рис. 4).

Характер изменения сейсмической записи, его усложнение в зависимости от фациальной принадлежности отложений в пределах одного сейсмического профиля показан на рис. 5. Видно, что в юго-восточном направлении происходит увеличение временной мощности между ОГ Б и Ю₁^с с появлением дополнительных положительных отражений, амплитуда которых возрастает. Изменение характеристик волнового поля происходит постепенно, что позволяет в пределах развития отложений марьяновской свиты выделить переходную зону, характеризующуюся на сейсмических разрезах увеличением временной мощности при слабом повышении значений амплитуд.

На карте средних амплитуд (окно ОГ Б –5 мс, Ю₁^с –10 мс) наблюдается повышение значений от –25000 до –5000 усл. ед. в юго-восточном направлении. Такая зональность соответствует погружению палеоструктурного плана в сторону киммеридж-волжской палеодепрессии и замещению отложе-

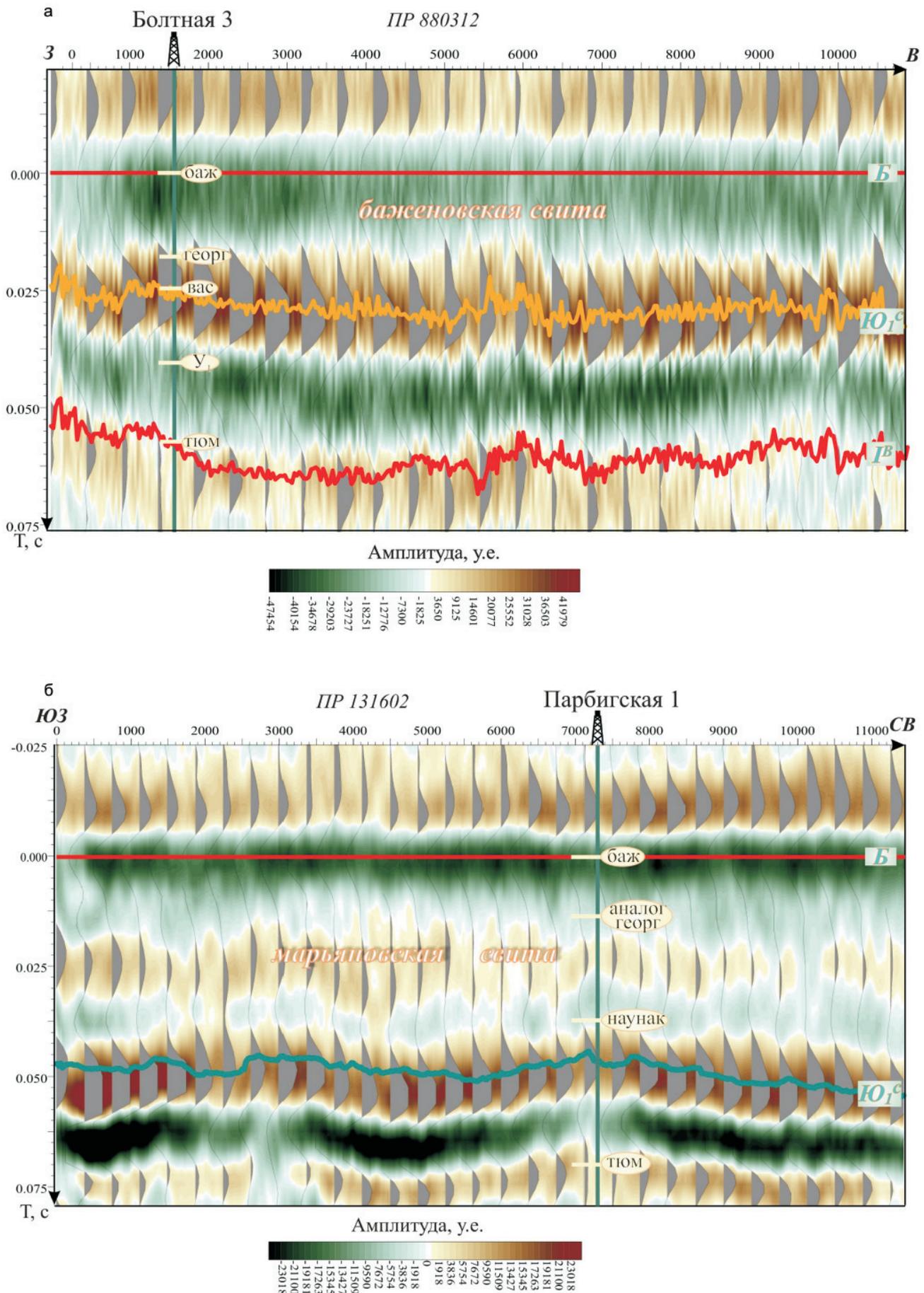


Рис. 4. Фрагменты временных разрезов, отражающие характер сейсмической записи в интервалах: базеновской и георгиевской свит (а), марьяновской свиты (б)

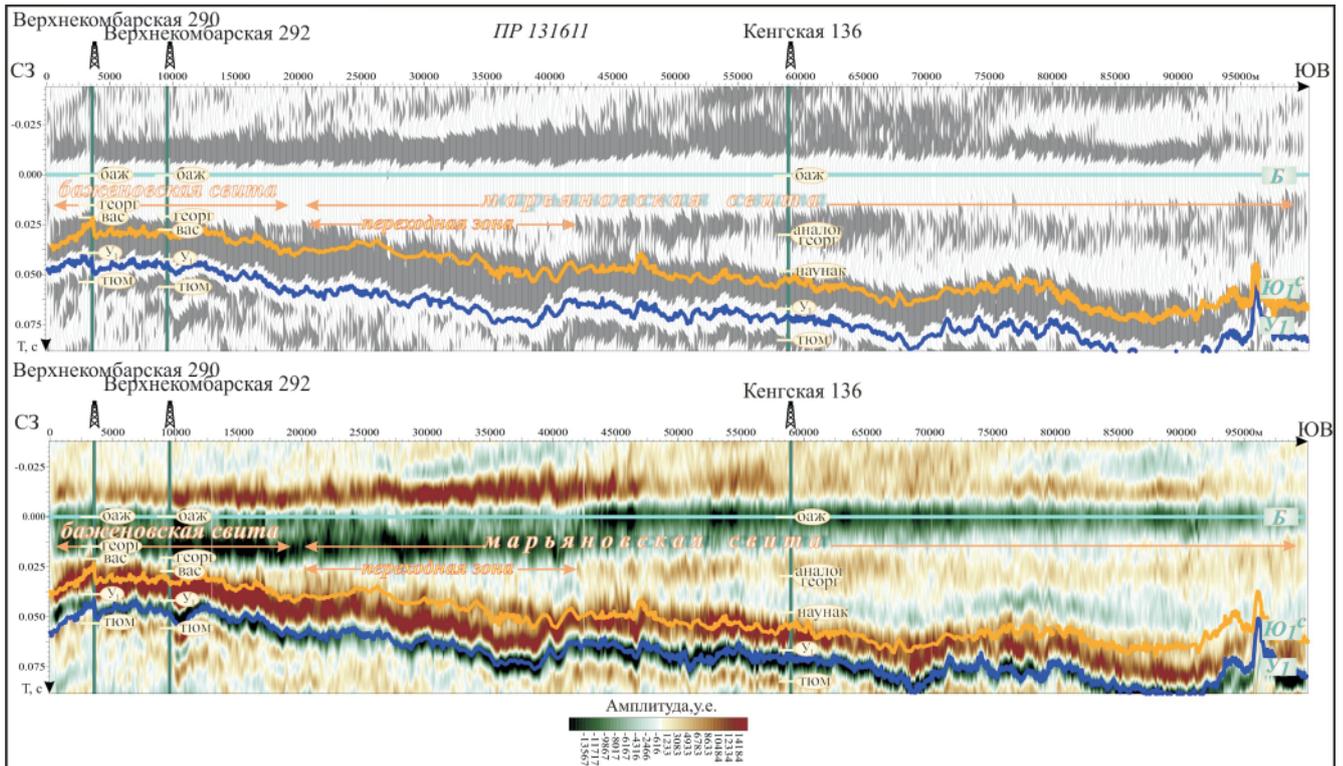


Рис. 5. Изменение характера сейсмической записи при фациальном замещении отложений баженовской свиты породами марьяновской

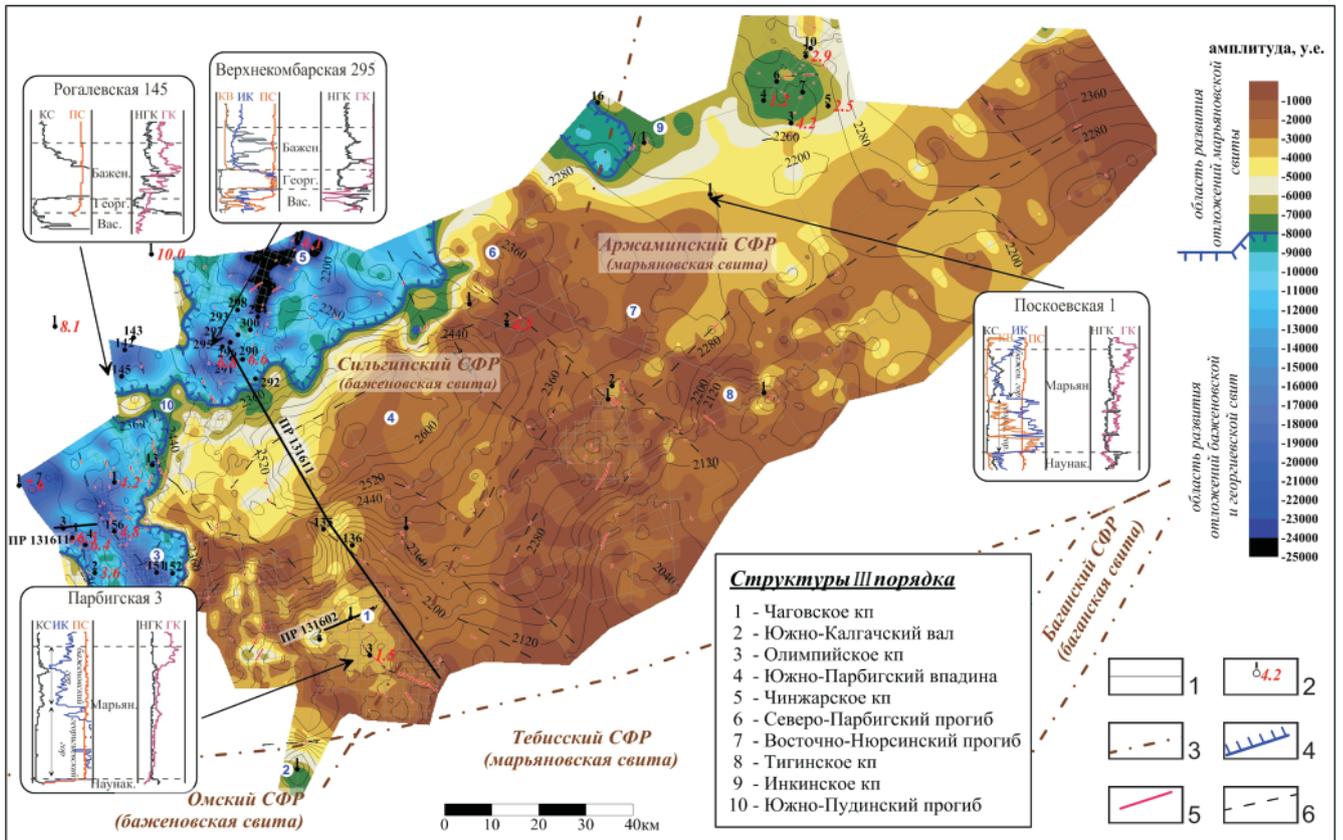


Рис. 6. Отображение строения отложений баженовского горизонта на карте амплитуд сейсмической записи
 1 – сейсмические профили МОГТ-2D; 2 – скважины (в числителе номер скважины, справа среднее содержание $S_{орг}$); 3 – границы структурно-фациальных районов в соответствии с [6]; 4 – уточненная граница распространения баженовской свиты; тектонические нарушения, выделенные по результатам работ: 5 – сейсморазведочных, 6 – региональных

ний баженовской свиты марьяновскими глинами. Границей разделения фациальных зон с учетом всех скважинных данных выбрана условная изолиния -8000 усл. ед. (рис. 6). Предлагаемая граница существенно смещена в северо-западном направлении относительно официально принятой границы распространения отложений баженовской свиты (в соответствии с [6]).

Скважины Колпашевской площади, расположенные на Инкинском к.п. и представленные, по мнению ряда исследователей, отложениями переходного типа, находятся в области средних значений амплитуд (от -8000 до -5000 усл. ед.). Поднятие по динамическим характеристикам резко отличается от Чинжарского и Олимпийского, в которых значения амплитуд ниже -10000 усл. ед. Из-за низкого содержания $S_{орг}$ в скважинах Инкинского к. п. и, соответственно, низкого генерационного потенциала киммеридж-волжских отложений на этой территории картирование переходной области как самостоятельного объекта авторы считают нецелесообразным.

Анализ амплитуд вдоль ОГ Б и в небольших временных окнах, характеризующих верхи баженовского стратиграфического горизонта, не выявил каких-либо значимых изменений по латерали. Следовательно, при фациальном переходе от баженовской свиты в марьяновскую основные изменения в волновом поле приходятся на временной интервал, соответствующий георгиевскому стратиграфическому горизонту и низам баженовского, что подтверждает закономерность, установленную по скважинным данным.

Кроме того, замечено, что суммарная мощность баженовской и георгиевской свит не зависит от значений средних амплитуд, а для отложений марьяновской свиты такая закономерность с высоким коэффициентом корреляции выявлена (рис. 7).

Установленная зависимость позволяет прогнозировать толщину отложений марьяновской свиты по динамическим характеристикам сейсмических разрезов.

Выявлена обратная связь содержания органического углерода и значений амплитуд сейсмической записи в соответствующем окне (рис. 8). Следовательно, по результатам динамического анализа можно делать выводы о нефтегазогенерационном потенциале пород баженовского горизонта.

Выводы

В интервале баженовского и георгиевского горизонтов найдены зависимости с высокими коэффициентами корреляции содержания $S_{орг}$ от значений КС, амплитуд сейсмической записи и, в меньшей степени, от толщин киммеридж-волжских отложений. Указанные зависимости позволяют на качественном уровне оценивать генерационный потенциал отложений, слагающих территорию исследования, даже не имея представительной выборки обучения по аналитическим исследованиям.

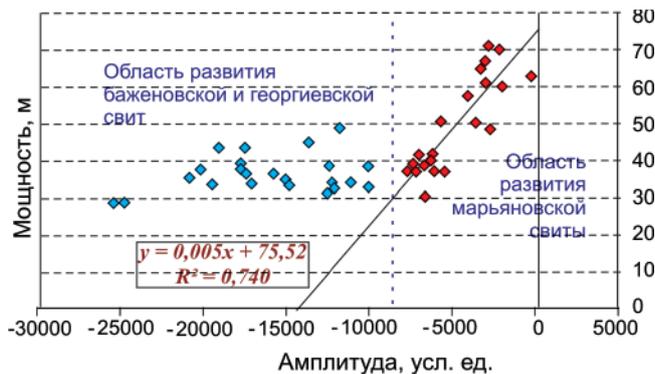


Рис. 7. Зависимость толщин отложений баженовского и георгиевского горизонтов от средних значений амплитуд в окне ОГ Б – 5мс – ОГ Ю₁^с – 10 мс

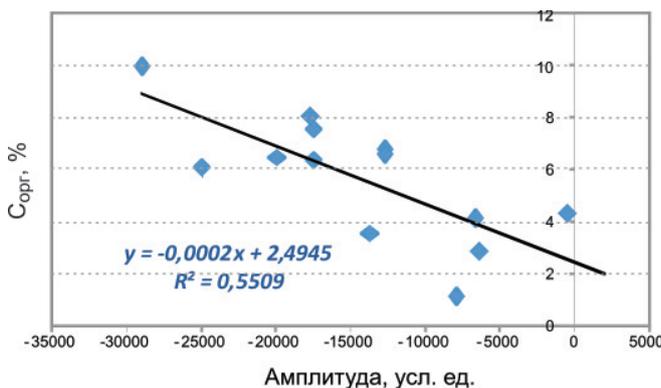


Рис. 8. Зависимость содержания $S_{орг}$ от средних амплитуд

Показано, что увеличение толщин киммеридж-волжского интервала разреза происходит в основном за счет изменения мощности георгиевского горизонта, при этом изменяются и динамические атрибуты сейсмической записи.

На основе комплексного подхода, включающего кинематический и динамический анализы, данные ГИС и аналитические геохимические исследования в скважинах, проведено стратиграфическое районирование отложений георгиевского и баженовского горизонтов. В результате фациальная граница замещения битуминозных пород баженовской свиты марьяновскими глинами существенно уточнена: смещена в северо-западном направлении, что снижает нефтеперспективность киммеридж-волжских отложений Бакчарской мезовпадины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брадучан Ю. В., Гурари Ф. Г., Захаров А. В. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). – Новосибирск: Наука, 1986. – 216 с.
2. Девятов В. П., Сапьяник В. В., Шиганова О. В. Ресурсный потенциал баженовского нефтеносного комплекса на юго-востоке Западной Сибири // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2018 – № 2. – С. 18–22.
3. Конторович В. А. Генерационный потенциал волжских отложений в юго-восточных районах За-

падной Сибири // Геология нефти и газа. – 2001. – № 1. – С. 26–32.

4. **Конторович В. А., Калинина Л. М.** Модель строения и генерационный потенциал волжских отложений в зоне сочленения Каймысовского свода и Нюрольской мегавпадины // Геология нефти и газа. – 2009. – № 1. – С. 34–44.

5. **Муромцев В. С.** Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.

6. **Решение VI Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (Новосибирск, 2003).** Региональные стратиграфические схемы триасовых и юрских отложений Западной Сибири / гл. ред. Ф. Г. Гурари. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. – 113 с.

7. **Стратиграфический словарь мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности** / под ред. Н. Н. Ростовцева. – Л.: Недра, 1978. – 183 с.

REFERENCES

1. Braduchan Yu.V., Gurari F.G., Zakharov A.V. *Bazhenovskiy gorizont Zapadnoy Sibiri (stratigrafiya, paleogeografiya, ekosistema, neftenosnost)* [The Bazhenovsky horizon of Western Siberia (stratigraphy, paleogeography, ecosystem, oil content)]. Novosibirsk. Nauka Publ., 1986. 216 p. (In Russ.).

2. Devyatov V.P., Sapyanik V.V., Shiganova O.V. [The resource potential of the Bazhenov oil complex in the southeast of Western Siberia]. *Mineralnyye resursy Rossii – Mineral resources of Russia. Economics and management*, 2018, no. 2, pp. 18–22. (In Russ.).

3. Kontorovich V. A. [Generation potential of the Volzhsky deposits in the southeastern regions of Western Siberia]. *Geologiya nefi i gaza – Oil and gas geology*, 2001, no. 1, pp. 26–32. (In Russ.).

4. Kontorovich V.A., Kalinina L.M. [The model of the structure and the generation potential of the Volzhsky deposits in the junction zone of the Kaymysovsky arch and the Nyurolskaya mega-depression]. *Geologiya nefi i gaza – Oil and gas geology*, 2009, no. 1, pp. 34–44. (In Russ.).

5. Muromtsev V.S. *Elektrometricheskaya geologiya peschanykh tel – litologicheskikh lovushek nefi i gaza* [Electrometric geology of sand bodies – lithological traps of oil and gas]. Leningrad, Nedra Publ., 1984. 260 p. (In Russ.).

6. *Resheniye VI Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri, Novosibirsk, 2003. Regionalnyye stratigraficheskiye skhemy triasovykh i yurskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri, Novosibirsk, 2003.* [Decision of the VI Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the review and adoption of revised stratigraphic schemes of Mesozoic deposits of Western Siberia, Novosibirsk, 2003. Regional stratigraphic schemes of Triassic and Jurassic deposits of Western Siberia, Novosibirsk, 2003]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2004. 113 p. (In Russ.).

7. *Stratigraficheskiy slovar mezozoyskikh i kaynozoyskikh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Stratigraphic Dictionary of the Mesozoic and Cenozoic sediments of the West Siberian Lowland. Ed. N.N. Rostovtsev]. Leningrad, Nedra Publ., 1978. 183 p. (In Russ.).

© Е. Ю. Лаптева, Н. В. Щигорева, 2020