

ОСОБЕННОСТИ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГИС БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Светлана Владимировна Рыжкова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, e-mail: RzhkovaSV@ipgg.sbras.ru; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, старший преподаватель кафедры геологии месторождений нефти и газа ГГФ

Михаил Александрович Фомин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова 2, старший преподаватель кафедры геологии месторождений нефти и газа ГГФ

Альвина Григорьевна Замирайлова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, e-mail: ZamirailovaAG@ipgg.sbras.ru

Елена Анатольевна Костырева

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

В статье представлены результаты выявления взаимосвязи кремнистого, глинистого, карбонатного и органического веществ и пирита от типов электрического и радиоактивного каротажа. Описано влияние содержания перечисленных породообразующих компонентов пород на геофизические характеристики. Приведена объемная литологическая модель скважины Арчинская-47, построенная на основе установленных корреляционных связей.

Ключевые слова: баженовская свита, литологический состав, интерпретация электрического и радиоактивного каротажа

FEATURES OF THE LITHOLOGICAL INTERPRETATION OF THE GIS OF THE BAZHENOV FORMATION IN THE SOUTH-EASTERN REGIONS OF WESTERN SIBERIA

Svetlana V. Rzhkova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Senior Researcher, e-mail: RzhkovaSV@ipgg.sbras.ru; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., Senior Lecturer

Mikhail A. Fomin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Head of the Laboratory, e-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., Senior Lecturer

Al'vina G. Zamirailova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Senior Researcher, e-mail: ZamirailovaAG@ipgg.nsc.ru

Elena A. Kostyreva

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Senior Researcher, e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

The article presents the results of revealing the relationship of siliceous, clay, carbonate and organic substances and pyrite from the types of electrical and radioactive logging. The influence of the content of the listed rock-forming components of rocks on the geophysical characteristics is described. The volume lithological model of the Archinskaya-47 well, constructed on the basis of established correlations, is presented.

Keywords: Bazhenov formation, lithological composition, interpretation of electrical and radioactive logging

Первоначально считалось, что баженовская свита имеет однородный литологический состав и представлена преимущественно аргиллитами [1]. Результаты детальных аналитических исследований пород из разных районов распространения свиты показали их многокомпонентный состав [2, 3, 4, 5; и др.]. Основная часть в разрезе представлена веществом: кремнистым, глинистым, карбонатным, органическим и пиритом. В практике литологической интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС) в ходе анализа керн-ГИС устанавливают взаимосвязи физических характеристик пород баженовской свиты с данными разных видов каротажа [6, 7, 8; и др.]. Для разрезов баженовской свиты юго-восточных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна характерно переслаивание в разрезе микститов, отличающихся соотношением кремнистой, глинистой, карбонатной, углеродистой компонент пород [4, 9]. Подобный «однородный» состав свиты создает трудности в литологическом расчленении разреза по данным каротажа скважин. Вопрос влияния содержания кремнистой, глинистой, карбонатной, углеродистой (органическое вещество) и пиритовой компонент пород на их геофизические характеристики при интерпретации литологического состава баженовской свиты юго-восточных районов Западной Сибири освещен слабо. В связи с этим, была поставлена задача выявить взаимосвязи кремнистой, глинистой, карбонатной компонент, органического вещества и пирита от типов электрического и радиоактивного каротажа, и на основе установленных зависимостей построить объёмную литологическую модель разреза. В последующем полученные результаты будут использованы для составления модели литологии баженовской свиты в юго-восточных районах Западной Сибири по материалам каротажа скважин.

Объектом исследования стали данные электрического и радиоактивного каротажа и результаты литолого-геохимических исследований керна скважины Арчинская № 47, расположенной в пределах Нюрольской мегавпадины. Материалы аналитических исследований 108 образцов пород представлены содержанием следующих компонентов: минералы кремнезема, глинистые минералы, по-

левые шпаты (альбит), карбонатные минералы, органическое вещество (ОВ) и пирит. В качестве глинистой компоненты анализировалась сумма глинистых минералов и полевых шпатов. Подробная характеристика литологии анализируемого разреза, описание методов литологических исследований и увязки керн-ГИС по глубине приведены в работе [9].

Методика представленных исследований заключалась в установлении корреляционных взаимосвязей содержания кремнистой, глинистой, карбонатной компонентов пород, пирита и органического вещества с данными бокового (БК), микробокового (МБК), индукционного (ИК) каротажа, гамма-каротажа (ГК), каротажа по тепловым нейтронам (НКТ), плотностного (ГГК) и водородосодержания (W). Каротаж по скважине выполнен с шагом 0,2 м. Увязка образцов с глубиной по керну выполнена с точностью 0,1 м. Для получения значений всех видов каротажа в образцах, не соответствующих шагу измерений по керну, геофизические характеристики пересчитывались. Для корректного выполнения исследования все значения ГИС были нормированы, т.е. пересчитаны в диапазоне от 0 до 1 по методике, приведенной в работе [7]. После этого в программном пакете Excel с помощью статистических графиков проанализированы двумерные зависимости между указанными параметрами, далее в программном пакете GeoOffice Solver был проведен анализ трехмерных зависимостей, которые послужили основой расчета содержания компонентов в породе с шагом 0,1 м.

Образцы с аномальными (более 20 %) содержаниями карбонатного материала и пирита, формирование которых, как показано в работах [7, 10], связано с вторичными преобразованиями состава пород на геохимических барьерах из выборки для трехмерного моделирования были исключены.

Результаты

Устойчивые взаимосвязи глинистой компоненты, суммы кремнистой и глинистой компонент, органического вещества и пирита установлены с удельным электрическим сопротивлением (данные БК, МБК), индукционной проводимостью (данные ИК), радиоактивностью (данные ГК, НКТ), плотностью (данные ГГК) и содержанием водорода (данные W) (таблица).

Глинистые компоненты пород наиболее надежно коррелируются ($R^2 > 0,7$) с показаниями электрических типов каротажа (ИК, БК, МБК). Закономерное увеличение глинистого материала от нижней части баженовской свиты к куломзинской свите выражается в снижении удельного электрического сопротивления (рис. 1). Глины в терригенном разрезе, как известно, однозначно выделяются по данным радиоактивного каротажа. Снижение концентрации этого компонента (менее 50 %) в разрезе баженовской свиты закономерно приводит к существенному ухудшению взаимосвязи с данными ГК и НКТ, что наглядно отражают результаты анализа взаимосвязи содержания глинистой компоненты от ГК и НКТ в этом интервале разреза (см. таблицу).

Влияние содержания органического и карбонатного вещества и типа глинистых минералов на показания радиоактивного каротажа показано на диаграмме

взаимосвязи содержания глинистой компоненты на показания гамма-каротажа (рис. 2). Поле 1 характеризуется высоким содержанием органического вещества, что отражается в преобладании высокорadioактивных образцов породы ($GK > 30$ мкР/ч), поле 3 от поля 2 отличается повышенными значениями содержаний глинистого материала (39,8 %, причем в составе глинистого материала преобладает иллит, а каолинит отсутствует), низкими содержаниями органического вещества (около 6,5 %) и карбонатного материала (2,2 %). Суммарное среднее содержание суммы кремнистой и глинистой компоненты пород по выделенным трём полям изменяется незначительно от 70,8 до 86,1 %.

Таблица 1

Коэффициенты детерминации и количество образцов в выборке уравнений зависимости литологических и геофизических параметров

Тип каротажа	Компоненты пород							
	Глинистая		Сумма кремнистой и глинистой		Органическое вещество		Пирит	
	R ²	Кол-во образцов, шт.	R ²	Кол-во образцов, шт.	R ²	Кол-во образцов, шт.	R ²	Кол-во образцов, шт.
ВК	0,70	93	0,72	70	0,72	91	0,11	81
МВК	0,72	93	0,77	70	0,71	91	0,05	81
ИК	0,76	93	0,76	70	0,83	65	0,12	81
GK	0,41 *	35*	0,42	86	0,61	81	0,44	81
NKT	0,58 *	35*	0,44	86	0,61	32*	0,61	81
GGK	0,68	79	0,64	84	0,84	101	0,55	81
W	0,36	79	0,49	84	0,63	95	0,60	81
ВК, МВК								
ВК, GGK								
NKT, GGK								

* - выборка охватывает верхнюю и центральную части баженовской свиты; цветом в нижних трех строках показаны параметры, по которым расчет компонентов пород выполнен по результатам анализа трехмерных связей.

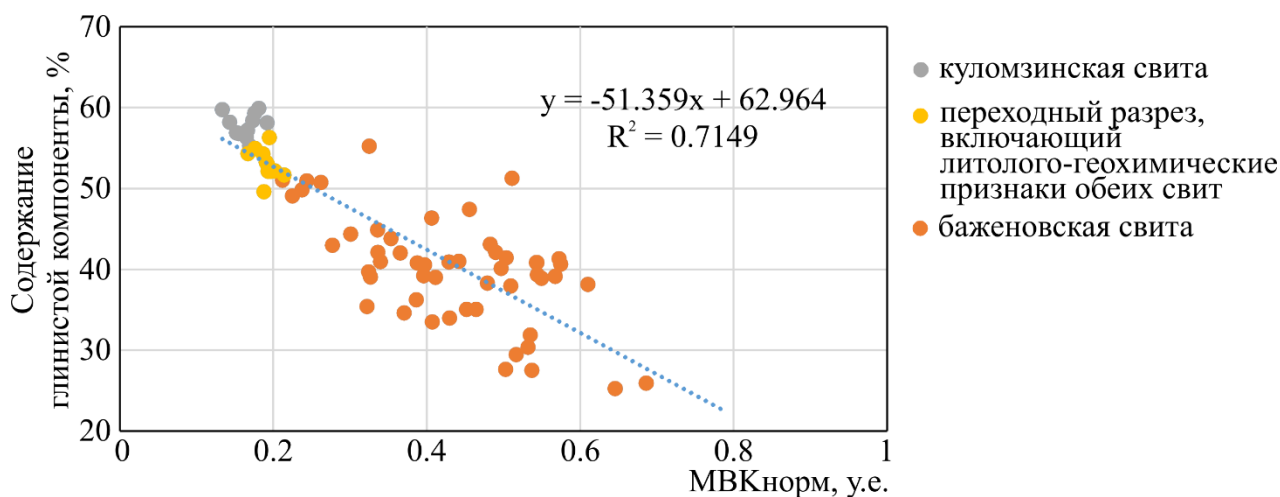


Рис. 1 Взаимосвязь содержания глинистой компоненты пород и значений микробокового каротажа

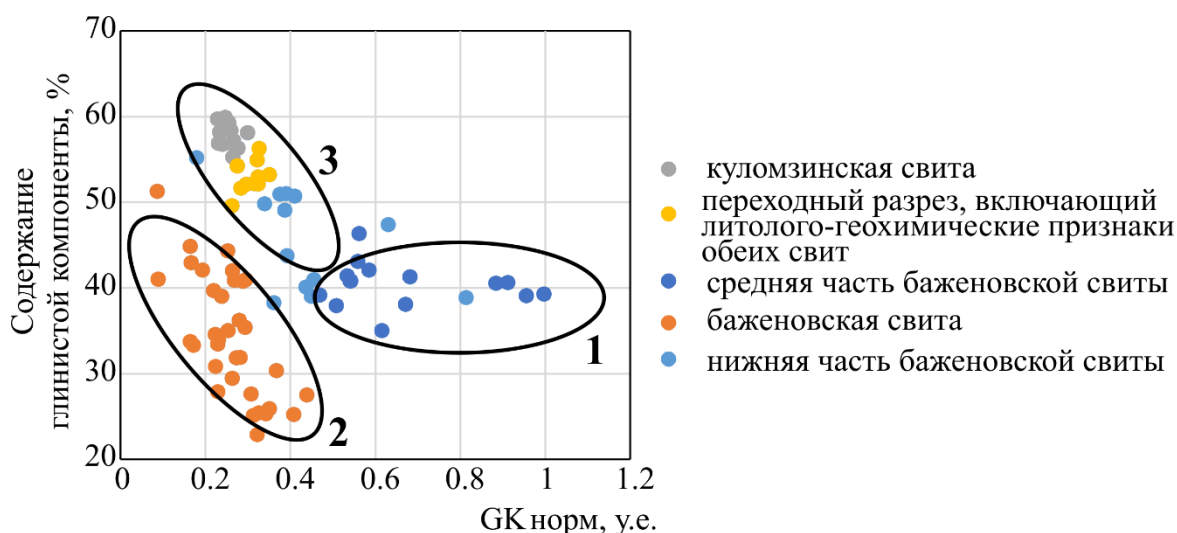


Рис. 2 Взаимосвязь глинистой компоненты пород и гамма-активности

Пирит образуется в диагенезе и в катагенез [10]. Ранее считалось, что низкие показания проводимости на индукционном каротаже связаны с высоким содержанием пирита в баженовской свите. В изученной выборке содержание пирита в баженовской и куломзинской свитах отличается незначительно, в основном не превышая 6 %. Высокие (более 8 %) содержания пирита отражаются в показаниях бокового и микробокового каротажа. В изученном разрезе подобные прослои пирита редки. Прослои, характеризующиеся низким удельными электрическими сопротивлениями (менее 7 Ом·м), ассоциируются с вторичным накоплением пирита в нижнемеловой части разреза на «геохимических барьерах» описанных в работе [10]. В разрезе баженовской свиты прослои пирита с высокими показателями сопротивления сопутствуют прослоям обогащенным

органическим веществом (рис. 3). В ходе анализа трехмерных связей прослойки пирита исключались из выборки.

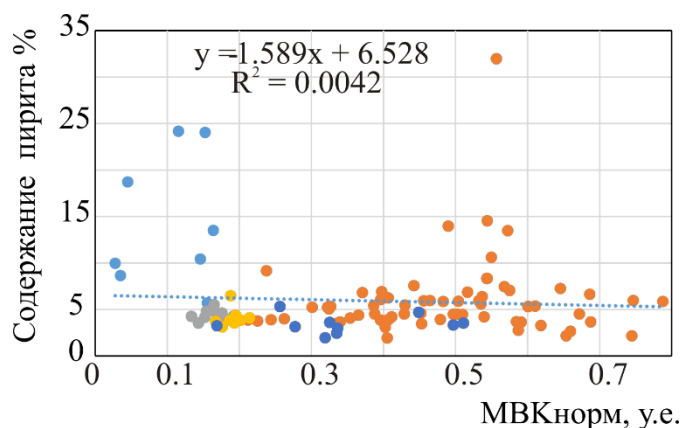


Рис. 3 Взаимосвязь содержания пирита и показаний микробокового каротажа

Высокая корреляция содержания органического вещества и кремнистой компоненты пород установлена с показаниями индукционного каротажа. Биогенное происхождение кремнистого вещества [4, 7] объясняет эту зависимость (рис. 4).

Содержание кремнистой и карбонатной компонент пород слабо взаимосвязаны с показаниями электрического и радиоактивного каротажа, тем не менее использование выявленных зависимостей керн-керн позволяет определить содержание этих компонентов (рис. 5).

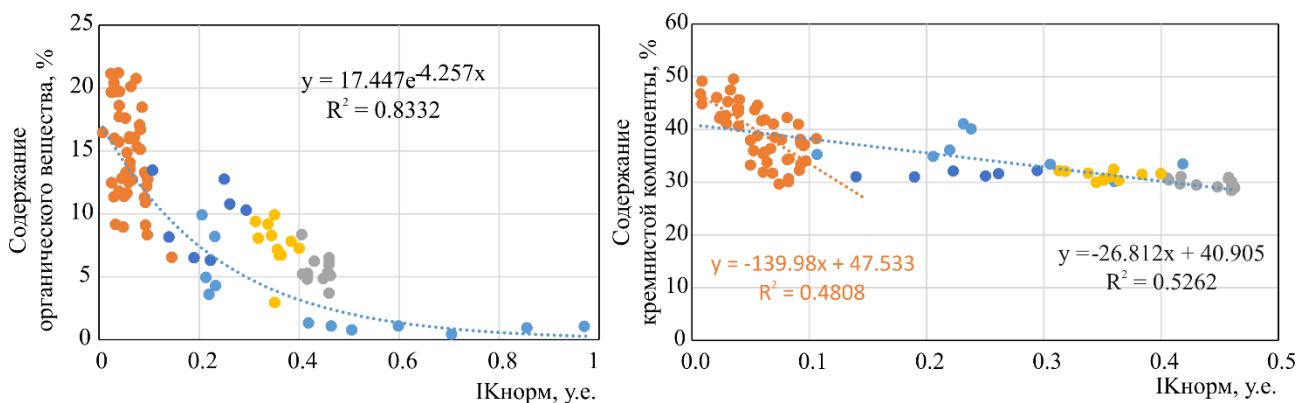


Рис. 4 Взаимосвязь содержания органического и кремнистого вещества пород и индукционного каротажа.

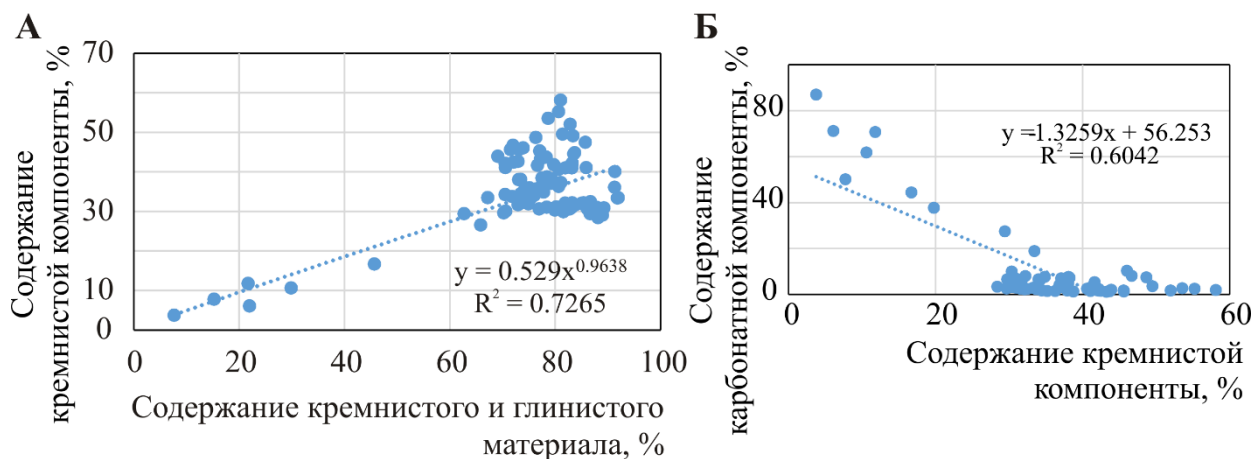


Рис. 5 Зависимости содержаний А) кремнистой компоненты пород от суммарного содержания кремнистой и глинистой компонент, б) карбонатной компоненты от кремнистой

Выявленные взаимосвязи были использованы для построения объемной литологической модели изученного разреза скважин Арчинская-47 (рис. 6).

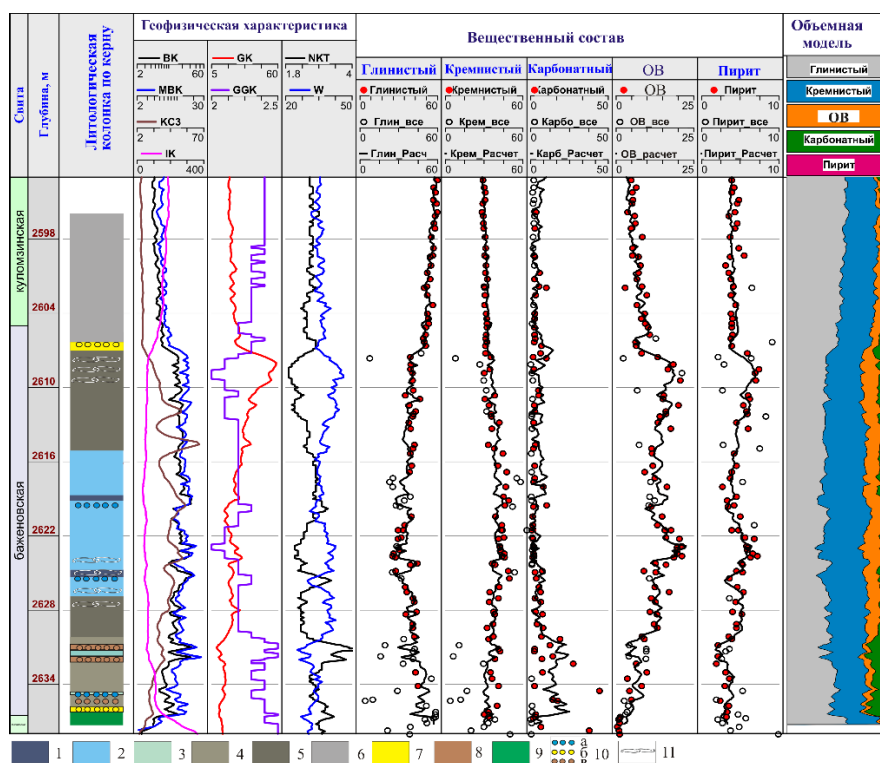


Рис. 6 Геолого-геофизический планшет по скважине Арчинская

1 – силициты керогеновые, 2 - микститы кероген-глинисто-кремнистые, 3 - микститы глинисто-кремнистые, 4 - микститы кремнисто-глинистые, 5 - микститы кероген-кремнисто-глинистые, 6 - микститы кремнисто-глинистые, 7 – известняк, 8 – доломит; 9 – глинистые породы георгиевской свиты; 10 – радиоляриты: а) кремнистые, б) карбонатизированные, в) доломитизированные; 11 - прослой, насыщенные остатками раковин двустворок.

Выводы

Установленные статистически значимые взаимосвязи глинистой компоненты, суммы кремнистой и глинистой компонент, органического вещества и пирита от данных электрического и плотностного каротажа, а также влияние содержания отдельных компонентов породы на указанные геофизические характеристики свидетельствуют о высокой результативности применения трехмерного моделирования литологических параметров от данных электрометрического и радиоактивного каротажа для моделирования литологического состава баженновской свиты юго-восточных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Наиболее низкие показания индукционного каротажа связаны с содержанием органического вещества, что согласуется с определением баженновской свиты как высокоуглеродистой толщи и отражено в геофизических характеристиках её стратотипа и гипостратотипа. Большое влияние на показания индукционного каротажа оказывает также содержание кремнистой компоненты.

Для восстановления состава пород следует анализировать разрез баженновской свиты, выделенный в соответствии со стратотипом свиты, совместно с прилегающей частью куломзинской свиты толщиной около 10 м.

Представленные результаты, безусловно, не окончательные. Использование полученных уравнений для расчета компонентов пород в разрезах скважин, охарактеризованных керном и расположенных, как и Арчинская № 47, в пределах Нюрольской мегавпадины позволит детализировать сделанные выводы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проектов ФНИ № 0331-2019-0019, № 0331-2019-0022 и № 0266-2019-0006.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурова Т.И. О вещественном составе верхнеюрских отложений Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР. – 1960. – Т.134. – N 4. – С. 924-927.
2. Зарипов В.А., Ушатинский И.Н. Особенности формирования, строения и состава битуминозных отложений баженновской свиты в связи с их нефтеносностью // Труды ЗапСибНИГРИ, вып.113. – Тюмень, 1976. – С.53-71.
3. Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Некоторые аспекты формирования баженновской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна // Литосфера. – 2005. – № 4. – С. 118-135.
4. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженновской свиты // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 11. – С. 2034-2043.
5. Немова В.Д. Многоуровневая литологическая типизация пород баженновской свиты // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 8. – С. 13-17.
6. Павлова М.А., Эдер В.Г., Замирайлова А.Г. Модель баженновской свиты на примере данных участка Салымского месторождения // Геология нефти и газа. – 2015. – №3. – С. 57-62.
7. Калмыков Г.А., Балущкина Н.С. Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженновской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. – М: ГЕОС, 2017. – 246 с.

8. Глинских В.Н., Федосеев А.А. Новый подход к литолого-электрофизической интерпретации данных электромагнитных зондирований в интервалах баженовской свиты // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – № 4. – С. 80-88.

9. Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Сотнич И.С. Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) // Геология нефти и газа. – 2019. – № 3. – С. 99-113.

10. Эдер В.Г. Пиритизация пород зон перехода черносланцевой толщи к вмещающим отложениям на примере баженовской свиты Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые. – 2020. – № 3. – С. 257-271.

REFERENCES

1. Gurova T.I. O veshchestvennom sostave verhneyurskih otlozhenij Zapadno-Sibirskoj nizmennosti // Dokl. AN SSSR. – 1960. – Т.134. – N 4. – s. 924-927.

2. Zaripov V.A., Ushatinskij I.N. Osobennosti formirovaniya, stroeniya i sostava bituminoznych otlozhenij bazhenovskoj svity v svyazi s ih neftenosnost'yu // Trudy ZapSibNIGRI, Tyumen', vyp.113, 1976. – s.53-71.

3. Zanin YU.N., Zamirajlova A.G., Eder V.G. Nekotorye aspekty formirovaniya bazhenovskoj svity v central'nyh rajonah Zapadno-Sibirskogo osadochnogo bassejna // Litosfera. – 2005. – № 4. – S. 118-135.

4. Kontorovich A.E., YAn P.A., Zamirajlova A.G., Kostyрева E.A., Eder V.G. Klassifikaciya porod bazhenovskoj svity // Geologiya i geofizika. – 2016. – Т. 57. – № 11. – S. 2034-2043.

5. Nemova V.D. Mnogourovnevaya litologicheskaya tipizaciya porod bazhenovskoj svity // Neftyanoe hozyajstvo. – 2019. – № 8. – S. 13-17.

6. Pavlova M.A., Eder V.G., Zamirajlova A.G. Model' bazhenovskoj svity na primere dannyh uchastka Salym'skogo mestorozhdeniya // Geologiya нефти i gaza. – 2015. – №3. – S. 57-62.

7. Kalmykov G.A., Balushkina N.S. Model' neftenasyshchennosti porovogo prostranstva porod bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri i ee ispol'zovanie dlya ocenki resursnogo potenciala. – M: GEOS, 2017. – 246 s.

8. Glinskih V.N., Fedoseev A.A. Novyj podhod k litologo-elektrofizicheskoj interpretacii dannyh elektromagnitnyh zondirovanij v intervalah bazhenovskoj svity // Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri. – 2019. – № 4. – S. 80-88.

9. Zamirajlova A.G., Kostyрева E.A., Eder V.G., Ryzhkova S.V., Sotnich I.S. Litologo-geohimicheskaya harakteristika georgievskoj, bazhenovskoj i kulomzinskoj svit na Archinskoj ploschadi (Nyuro'l'skaya vpadina, Tomskaya oblast') // Geologiya нефти i gaza. – 2019. – № 3. – S. 99-113.

10. Eder V.G. Piritizaciya porod zon perekhoda chernoslancevoj tolshchi k vmeshchayushchim otlozheniyam na primere bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // Litologiya i poleznye iskopaemye. – 2020. – № 3. – S. 257-271.

© С. В Рыжкова, М. А. Фомин, А. Г. Замирайлова, Е. А. Костырева, 2021