

УДК 552.5: 550.4:553.982(571.51)

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРЕЗА ВОСТОЧНОГО БОРТА БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ВПАДИНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ТУКОЛАНДО-ВАДИНСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ-320)

Н.Ф. Столбова, Ю.В. Киселев, О.В. Бетхер*, Ю.М. Столбов

Томский политехнический университет. E-mail: litolog@mail.ru

*Томский государственный университет

Установлено широкое проявление в изученном разрезе процессов флюидомиграции, выразившихся в развитии эпигенетических преобразований пород и формировании литогеохимических аномалий. В отложениях сивовской, яновстанской, малохетской и суходудинской свит выявлены нефтематеринские породы доманикового типа. Комплексный анализ литогеохимических аномалий позволил выделить в разрезе перспективные на нефтегазоносность интервалы пород-коллекторов. Сделан вывод о возможности использования литолого-петрографических, битуминологических и литогеохимических исследований керна и шлама для корректировки интервалов испытаний скважин на нефтегазоносность.

Литогеохимические исследования разрезов глубоких скважин на основе комплексных литолого-петрографических, минералого-геохимических и битуминологических методов анализа разрабатываются в петролого-геохимической лаборатории Томского политехнического университета и активно внедряется в практику работ. Они направлены на изучение характера преобразований нефтегазоносных отложений в связи с флюидомиграцией в них углеводородов не только на породно-минеральном (литологические, минералого-петрографические и битуминологические исследования), но и на элементном уровнях (литогеохимические исследования) организации вещества, что позволяет более углубленно изучить процессы эволюции нефтегазоносных осадочных отложений. При проведении исследований наиболее эффективны ядерно-геохимические методы анализа, позволяющие видеть особенности зон флюидомиграции на геохимическом уровне.

Комплексная методика исследований была применена при изучении геологического разреза Туколандо-Вадинской параметрической скважины 320, пробуренной на восточном склоне Большехетской впадины Пур-Тазовской нефтегазоносной области Западно-Сибирской плиты.

Литологические исследования разреза скважины заключались в детальном макроскопическом, микроскопическом и люминесцентно-микроскопическом изучении образцов керна, отобранных через 0,1...1,0 м. Анализировались литологические разновидности пород, особенности их компонентного состава, текстурно-структурные признаки и взаимоотношения с другими породами в слоевых ассоциациях. При этом выделялись зоны изменений и преобразований пород, а также прямые и косвенные признаки нефтегазоносности. Во всех образцах керна, а также в пробах шлама, отобранных через 5...10 м, определены концентрации урана и глинозема.

При литогеохимических исследованиях использовались, в первую очередь, данные распространения в породно-слоевых ассоциациях нефтегазоносных отложений урана и Al_2O_3 , в связи с их высокой чувствительностью к изменениям режимов Eh и pH, тесной связью с процессами литогенеза,

эпигенеза и миграцией углеводородов (УВ). Особенности распространения урана в породах, связью его с органическим веществом (ОВ) изучались методом f -радиографии в петрографических шлифах. Аналитические определения урана и глинозема методом запаздывающих нейтронов и облучение шлифов выполнялись на базе Томского исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т.

Исследования разреза Туколандо-Вадинской параметрической скважины выполнены в участках отбора керна и шлама. КERN изучен в интервалах вскрытия яковлевской (K_1al_2-a, jak) – 1800...2215 м, малохетской (K_1h_1-mch) – 2215...2589 м, суходудинской (K_1v-h, sd) – 2589...3374 м, нижнехетской (K_1b-v_1, nch) – 3374...3737 м свит нижнего мела; яновстанской свиты ($J_3km_2-K_1b, ian$) – 3737...4135 м нижнего мела – верхней юры, сивовской ($J_3o_1-km_1, sg$) – 4135...4287 м и малышевской (J_2bt-k_1, ml) – 4376...4521 м свит верхней-средней юры. Шлам изучен из отложений танамской (инт. 575...949 м), насоновской (949...1335 м), дорожковской (1335...1404 м), долганской (1404...1800 м) свит, а также в интервалах всех вышеперечисленных свит, по которым не производился отбор керна.

Средневзвешенные содержания урана в юрских и меловых отложениях разреза (табл. 1) примерно соответствуют их содержаниям в терригенных формациях Западно-Сибирской платформы [1]. Отмечаются лишь незначительные колебания средних концентраций урана по свитам при изменении в породах алевроито-глинистых составляющих. Более стабильны средние содержания в породах глинозема. Однако распределение урана и глинозема объясняется не только неоднородностью распределения в разрезах свит песчаных, алевроитовых и глинистых пород, но и широким проявлением в изученном разрезе процессов эпигенетических преобразований пород.

В результате петрографических исследований захороненного ОВ по методике Е.С. Ларской [2] выявлены и охарактеризованы дисперсные, детритные морфологические типы захороненного гумусового и сапропелевого ОВ. Метод осколочной радиографии подтвердил преобладание в разрезе

безуранового гумусового ОВ и выявил присутствие ураноносного керогена типа II. По данным люминесцентной микроскопии он сопровождается сингенетичными битумоидами и установлен в значительных количествах в породах сиговской и яновстанской свит. Это свидетельствует о присутствии в сиговской и яновстанской свитах нефтематеринских отложений доманикового типа [3].

Наличие керогена типа II с конвергентными признаками генезиса отмечено также в отложениях малохетской и суходудинской свит. Исследование генерационных свойств пород показало, что наиболее высокими удельными объемами генерации УВ характеризуются отложения яновстанской ($1,8 \text{ кг УВ/м}^3$, $C_{\text{орг}}=1,2 \%$) и сиговской ($9,0 \text{ кг УВ/м}^3$, $C_{\text{орг}}=3,2 \%$) свит, хотя и более низкими, по сравнению с отложениями баженовской свиты, достигающими $38,5 \text{ кг УВ/м}^3$ при содержаниях $C_{\text{орг}}=8,5 \%$ [4, 5].

Таблица 1. Средневзвешенные характеристики пород по свитам разреза (керна)

Свита	Кол-во проб	U, г/т	Al ₂ O ₃ , %	U/Al ₂ O ₃	C _{орг} *, %	C _{орг. ур.} **, %
Яковлевская	64	1,89	13,57	0,13	3,2	$\frac{0,14}{12}$
Малохетская	34	1,75	14,08	0,12	0,79	$\frac{0,06}{3}$
Суходудинская	159	2,76	14,26	0,19	0,37	$\frac{0,31}{82}$
Нижнехетская	207	2,57	14,67	0,18	0,48	$\frac{0,12}{95}$
Яновстанская	156	3,1	15,33	0,2	1,5	$\frac{0,5}{55}$
Сиговская	66	2,56	15,61	0,16	1,2	$\frac{0,24}{16}$
Малышевская	52	2,5	14,81	0,17	0,9	$\frac{0,17}{19}$

*по данным [4], средневзвешенные содержания C_{орг}, % на исх. породу;

**C_{орг. ур.} = $0,34[C_U - (0,18C_{\text{Al}_2\text{O}_3})]$, %

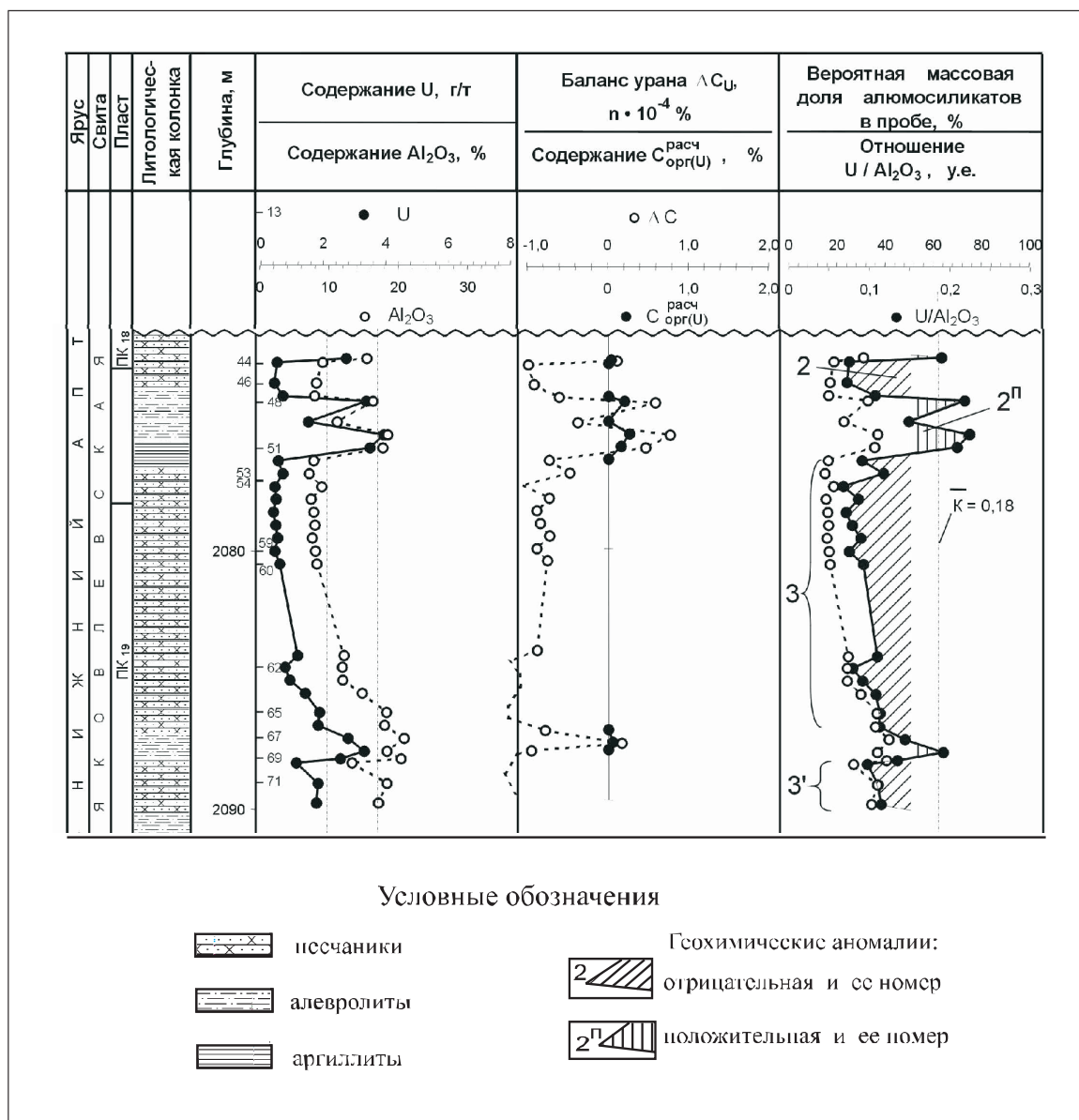


Рисунок. Фрагмент литогеохимического разреза по скважине Туколандо-Вадинская-320 (инт. 2072...2090 м)

Для выделения в разрезе литогеохимических аномалий использована величина отношения геохимически подвижного элемента урана к более инертному в процессах флюидомиграции глинозему [3]. Результаты исследований представляются в виде литогеохимических разрезов (рисунок), построенных по специальной программе. Отклонение величины U/Al_2O_3 -отношения от среднего значения, принятого для терригенных отложений Западной Сибири равным 0,18 [3], свидетельствует о степени проявления процессов метасоматоза, сопровождающихся выносом урана и других элементов, участвующих в формировании зон разуплотненных пород. Выделяемые в разрезе интервалы пород с понижен-

ными значениями U/Al_2O_3 по сравнению с 0,18 представляют собой отрицательные аномалии, соответствующие участкам разуплотненных пород (аномалии 2, 3). Интервалы пород с величинами отношений U/Al_2O_3 , превышающими 0,18, позволяют выделять положительные аномалии, соответствующие участкам уплотненных пород (аномалия 2п).

В табл. 2 приведена литогеохимическая характеристика некоторых аномалий разреза. По данным литогеохимического изучения керн в разрезе выявлено 52 отрицательных аномалии и 21 положительная аномалия.

Отрицательные литогеохимические аномалии. Толщины отрицательных аномалий в разрезе ко-

Таблица 2. Литогеохимическая характеристика основных аномалий разреза (керна)

Свита	Кол-во аномалий		В т.ч. аномалии №	Интервал, м	Толщина, м	Средние значения количество проб			Породы	Вторичные изменения (эпигенетические преобразования)	Класс коллектора
	Отрицательные	Положительные				U n·10 ⁻⁴ , %	Al ₂ O ₃ , %	U/Al ₂ O ₃			
Яковлевская	4	2	3	2076,5...2086,7	10,2	<u>0,99</u> 15	<u>10,59</u> 15	<u>0,09</u> 15	Песчаники, алевролиты (1,7 м)	Пор, Тр	IV
			2п	2074,2...2076,0	1,8	<u>3,18</u> 4	<u>15,0</u> 4	<u>0,2</u> 4	Алевролиты, переслаивание	Н-Mic, S	
Малохетская	3	1	4	2280,8...2284,0	3,2	<u>0,94</u> 10	<u>12,43</u> 10	<u>0,08</u> 10	Песчаники	Q, Пор, Н-Mic	V
Суходудинская	11	7	5п	2600,3...2602,1	1,8	<u>4,07</u> 4	<u>16</u> 7	<u>0,25</u> 7	Переслаивание алевролитов и песчаников	Н-Mic, Kln, Bt, Chl, Py	
			9	2602,4...2604,8	2,4	<u>2,58</u> 9	<u>13,99</u> 9	<u>0,18</u> 9	Песчаники	Q, Пор, Bt, Kln	
			11	2608,1...2610,8	2,7	<u>1,6</u> 8	<u>12,5</u> 8	<u>0,128</u> 8	Песчаники	Q, Сс,Kln, Др, Пор, Сер	III, IV
			13	2668,1...2671,2	3,1	<u>1,76</u> 10	<u>13,54</u> 10	<u>0,13</u> 10	Песчаники	Q, Сс, Н-Mic, Bt	IV
Нижнехетская	16	6	24	3640,6...3643,6	3	<u>1,5</u> 11	<u>11,13</u> 11	<u>0,135</u> 11	Песчаники	Q, Сс, Тр, Bt , Py	VI
Яновстанская	10	3	15п	3998,2...4010,5	12,7	<u>4,53</u> 19	<u>14,37</u> 19	<u>0,31</u> 19	Алевролиты	Тр, Н-Mic, Bt, Chl?, S	
Сиговская	3		41	4235,5...4248	12,5	<u>2,06</u> 17	<u>13,89</u> 17	<u>0,134</u> 17	Песчаники	Н-Mic, Q, Сс, Др	VI
Малышевская	5	2	42	4400...4410	10	<u>1,28</u> 8	<u>12,93</u> 8	<u>0,099</u> 8	Песчаники	Н-Mic, Q, Сс, Др, S, Bt, Пор	V
			46	4500...4506	6	<u>2,08</u> 4	<u>14,71</u> 4	<u>0,14</u> 4	Песчаники	Н-Mic, Q, Сс, Др, S, Bt	VI
Пор – пористость			Пер – перекристаллизация			Bt – биотитизация			Н-Mic – гидрослюди-зация		S – сидеритизация
Тр – трещиноватость			Kln – каолинитизация			Chl – хлоритизация			Сер – серицитизация		З – номер отрицательной аномалии
Др – дробление			Q – окварцевание			Сс – кальцитизация			Py – пиритизация		Зп – номер положительной аномалии

леблются в пределах 1,3...12,5 м, составляя в среднем 3,5 м. Содержание урана в отрицательных аномалиях колеблется в пределах 0,71...3,26 г/т, составляя в среднем 2,11 г/т. Содержание глинозема колеблется в пределах 10,59...17,53 % при средней величине 14,34 %. По степени отклонений от среднего значения U/Al_2O_3 -отношения 0,18, отрицательные аномальные зоны можно условно разделить на контрастные, в которых отношения равны 0,10 и менее, средней и слабой контрастности, со значениями U/Al_2O_3 -отношений равными, соответственно, 0,11...0,15 и более 0,15...0,18.

Контрастные аномалии немногочисленны и составляют 10 % отрицательных аномалий разреза. Выделено две аномалии в яковлевской свите и по одной аномалии в малохетской, суходудинской и малышевской свитах. Толщины аномалий колеблются в пределах 2,2...10,2 м. Интервалы аномальных зон сложены преимущественно песчаниками и по коллекторским свойствам соответствуют коллекторам III–IV, реже V классов [6]. Для пород выделенных зон характерен интенсивный катаклаз, трещиноватость, повышенная пористость и проницаемость, значительное проявление эпигенетических преобразований. В песчаниках малышевской свиты (аномалия 42) наблюдается развитие регенерационного кварцевого цемента, доломитизация и сидеритизация пород на фоне интенсивного катагенетического механического уплотнения и гравитационной коррозии обломков. В породах отмечается резкое снижение содержания урана и глинозема. Эпибитумоиды присутствуют в незначительных количествах.

Отрицательные аномалии средней контрастности преобладают в разрезе, составляя 48 % всех отрицательных аномалий. Они выделены в отложениях суходудинской (7 аномалий), нижнехетской (4 аномалии), яковлевской, малохетской, сивговской и малышевской свитах. Толщины аномалий колеблются в пределах 1...11 м, преобладают толщины порядка 5 м и только в отложениях суходудинской свиты мощность аномалий не превышает 3,1 м, составляя в среднем 1,7 м. Интервалы аномальных зон сложены песчаниками, алевропесчаниками, часто с прослоями алевролитов и аргиллитов. По петрофизическим характеристикам они соответствуют коллекторам IV–V классов в отложениях яковлевской-суходудинской свит и VI класса – в отложениях нижнехетской, сивговской и малышевской свит. Аномалии средней контрастности, наряду с повышенной пористостью и проницаемостью пород, характеризуются широким спектром преобразований: биотитизацией, хлоритизацией, гидрослюдизацией, серицитизацией, каолинитизацией, пиритизацией и окварцеванием. Карбонатизация пород, сопровождаемая коррозией терригенных зерен, проявлена достаточно широко. Отмечается присутствие в породах битумоидов.

Отрицательные аномалии слабой контрастности преобладают среди отложений суходудинской (три аномалии), нижнехетской и яновстанской свит (по семь аномалий). Толщины аномалий колеблутся

в пределах 1,2...9,0 м, составляя в среднем 2,6 м. Интервалы аномальных зон сложены, в основном, переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, либо алевролитов и аргиллитов. В аномальных интервалах иногда проявляются элементы послонной трещиноватости пород, их биотитизации, гидрослюдизации, хлоритизации, карбонатизации. Большинство аномалий по коллекторским свойствам соответствуют коллекторам VI класса. В ряде случаев характерно присутствие эпибитумоидов.

Положительные литогеохимические аномалии. Аномалии характерны для интервалов алевроитоглинистых пород, участков тонкого переслаивания пород песчаного, алевропесчаного состава, прослоев алевролитов и аргиллитов. Толщины положительных аномалий в разрезе колеблются в пределах 1,0...3,3 м и только аномалия 15п яновстанской свиты достигает толщины 12,7 м. По данным опробования шлама выделена положительная литогеохимическая аномалия толщиной 48 м в отложениях точинской свиты. Содержание урана в положительных аномалиях колеблется в пределах 3,0...4,53 г/т, составляя в среднем 3,42 г/т. Содержание глинозема колеблется в пределах 12,04...17,87 %, составляя в среднем 15,33 %. По величине U/Al_2O_3 -отношения выделяются аномалии с отношениями 0,18...0,20 и 0,21...0,31. Первые единичны и более характерны для отложений существенно песчаного состава яковлевской и нижнехетской свит. Аномалии с величиной U/Al_2O_3 -отношения 0,21...0,31 преобладают в отложениях суходудинской, нижнехетской, яновстанской и малышевской свит. Эпигенетические преобразования в положительных аномалиях проявились в карбонатизации, биотитизации, гидрослюдизации и реже – хлоритизации пород.

На основании качественной (в шлифах) и количественной (с использованием определений нерастворимого остатка в породах) оценки известковой (карбонатной) составляющей в породах яковлевской-нижнехетской свит установлено, что наиболее высокие содержания карбонатов характерны для пород интервалов положительных аномалий; в породах отрицательных аномалий отмечается относительное увеличение содержания карбонатов от контрастных аномалий к слабо контрастным.

На основе комплексной оценки литогеохимических аномалий в разрезе выделено восемь интервалов перспективных на нефтегазоносность разуплотненных пород-коллекторов: пласты (пл.) ПК₁₈, ПК₁₉, ПК₂₀ яковлевской свиты; пл. Мх₃ малохетской свиты; пл. Сд-0₁ и пл. Сд-I суходудинской свиты; пл. Нх-IV₁ нижнехетской свиты; пл. Сг₇ (Ю₁³) сивговской свиты; пл. Мл-II и пл. Мл-III малышевской свиты.

Испытаниями на нефтегазоносность зон отрицательных литогеохимических аномалий подтверждено присутствие углеводородных флюидов, пластовых и минерализованных вод. Слабое проявление углеводородов, зафиксированное при испытаниях, по-видимому, связано с нарушением равновесия между CO₂ и УВ и обусловлено преобладанием в разрезе процессов окисления. Это вы-

разилось в образовании зон уплотнения с окисленными битумами, представляющими собой положительные литогеохимические аномалии. Образование окисленных битумов вероятно связано с процессами инфильтрационного эпигенеза. При испытаниях скважин углеводороды, как правило, выявлены ниже зон проявления положительных литогеохимических аномалий.

По данным опробования шлама также выделены отрицательные и положительные аномалии. Отрицательные аномалии преобладают в верхних и нижних частях насоновской свиты, нижних горизонтах долганской свиты, в пластах Mx_1 , Mx_5 , Mx_8 – Mx_{10} малохетской свиты. В породах суходудинской свиты интервалы отрицательных аномалий хорошо согласуются с интервалами, выделенными по данным ГИС. Положительные аномалии выявлены в низах сиговской свиты и среди отложений точинской свиты.

Выводы

В изученном разрезе широко проявлены процессы флюидомиграции, выразившиеся в развитии

эпигенетических преобразований пород и формирования литогеохимических аномалий.

Выявленные в разрезе отрицательные аномалии – зоны разуплотнения пород, представляют собой породы-коллекторы, перспективные с позиций возможной локализации в них залежей УВ.

Интервалы положительных аномалий, сложенные уплотненными породами и сопровождаемые окисленными битумоидами, часто представляют собой флюидоупоры.

Отсутствие промышленных залежей УВ в интервалах проведенных испытаний нижних горизонтов разреза обусловлено, по-видимому, относительно низким нефтегазогенерационным потенциалом нефтематеринских отложений яновстанской и сиговской свит по сравнению с типовыми отложениями баженовской свиты.

Возможность уточнения разреза по результатам комплексного изучения керна и шлама позволяет рассматривать литогеохимические методы, как перспективные для выявления зон разуплотненных пород и корректировки интервалов испытаний скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. — Л.: Недра, 1974. — 231 с.
2. Ларская Е.С. Диагностика и методы изучения нефтегазоматеринских пород. — М.: Недра, 1983. — 200 с.
3. Столбов Ю.М., Столбова Н.Ф., Фомин Ю.А. О возможности применения методов прикладной ядерной геохимии при изучении процессов наложенного эпигенеза нефтегазоносных осадочных бассейнов // Сб. научных трудов НТП "Нефтегазовые ресурсы". — М.: Изд-во ГАНГ им. И.М. Губкина, 1994. — С. 32–40.
4. Кринин В.А., Ларичев А.И., Рязанова Т.А. и др. Новые данные по геологии юрско-мелового разреза восточного борта Большехетской впадины // Вестник Томского гос. ун-та. — 2003. — Прилож. № 3 (11), апрель. — С. 293–295.
5. Ларичев А.И., Рязанова Т.А., Меленевский В.Н. и др. Геохимическая характеристика юрско-мелового разреза восточного борта Большехетской впадины // Вестник Томского гос. ун-та. — 2003. — Прилож. № 3 (11), апрель. — С. 300–302.
6. Ханин А.А. Породы — коллекторы нефти и газа и их изучение. — М.: Недра, 1969. — 368 с.