

УДК 552.578.2.061.32:551.736(470.1)

## ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА КОРОТАИХИНСКОЙ ВПАДИНЫ: УГЛЕПЕТРОГРАФИЯ, ГЕОХИМИЯ И НЕФТЕГАЗОГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

© 2017 г. | О.С. Котик<sup>1</sup>, И.С. Котик<sup>1</sup>, Т.Г. Каргиева<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБУН «Институт геологии Коми НЦ УрО РАН», Сыктывкар, Россия, olya.procko@gmail.com, iskotik@geo.komisc.ru;<sup>2</sup>ООО «Шелл НефтеГаз Девелопмент (И)», Москва, Россия, kargiaty@mail.ru

## PERMIAN DEPOSITS OF THE SOUTH-EAST OF KOROTAIKHINSKAYA DEPRESSION: COAL PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY AND OIL-AND-GAS GENERATION POTENTIAL

© 2017 | O.S. Kotik<sup>1</sup>, I.S. Kotik<sup>1</sup>, T.G. Kargieva<sup>2</sup><sup>1</sup>FGBUN "Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Syktyvkar, Russia, olya.procko@gmail.com, iskotik@geo.komisc.ru;<sup>2</sup>ООО "Shell NeftGaz Development (II)", Moscow, Russia, kargiaty@mail.ru

Поступила 28.04.2017 г.

Принята к печати 07.07.2017 г.

**Ключевые слова:** пермские отложения; органическое вещество; отражательная способность витринита; водородный индекс; тип керогена; битумоиды; n-алканы.

В статье представлены результаты геохимических и углепетрографических исследований пермских отложений юго-восточной части Коротаихинской впадины. Породы левкоркутской (P<sub>1</sub>lv) и силовской (P<sub>2</sub>sl) свит характеризуются близким составом микрокомпонентов с преобладанием группы витринита и значительно большим содержанием липтинита (до 20 %) в верхнепермских породах. По результатам пиролитических исследований определено, что ОВ пород P<sub>1</sub>lv представлено керогеном III–IV типов с низким остаточным генерационным потенциалом (HI < 50 мг УВ/г C<sub>орг</sub>), а P<sub>2</sub>sl — керогеном II–III типов с хорошим УВ-потенциалом (HI = 161–357 мг УВ/г C<sub>орг</sub>). Данные отражательной способности витринита (R<sub>o</sub>) свидетельствуют о высокой катагенетической преобразованности органического вещества пород P<sub>1</sub>lv, соответствующей градациям МК<sub>2</sub>–МК<sub>3</sub> (R<sub>o</sub> = 0,75–1 %) на западе исследуемой территории и МК<sub>5</sub> (R<sub>o</sub> = 1,75–1,95 %) на востоке с локальными проявлениями аномально высоких значений зрелости до градаций АК (R<sub>o</sub> > 2 %). Отложения P<sub>2</sub>sl достигли главной зоны нефтегенерации с уровнем преобразованности ОВ до градации МК<sub>2</sub>–МК<sub>3</sub> (R<sub>o</sub> = 0,8–0,85 %). Характер распределения n-алканов и изопреноидов в УВ-фракции битумоидов свидетельствует о значительной доле гумусового ОВ в составе исходной биомассы с вкладом сапропелевой составляющей, возрастающей в глинистых породах нижней перми.

Received 28.04.2017

Accepted for publishing 07.07.2017

**Key words:** permian deposits; organic matter; vitrinite reflectance; hydrogen index; type of kerogen; bitumoid; n-alkanes.

The article presents the results of geochemical and coal petrological research of Permian deposits in the southeastern part of Korotaihkinskaya depression. The lekvorkutskaya (P<sub>1</sub>lv) and sylovskaya (P<sub>2</sub>sl) suites are characterized by a similar maceral composition with the predominance of vitrinite group and larger content of liptinite (20 %) in Upper Permian rocks. The Rock-Eval pyrolysis analyses show that the organic matter of P<sub>1</sub>lv deposits has type III–IV kerogen with a low generation potential (HI < 50 mg HC/g TOC), and the organic matter of P<sub>2</sub>sl deposits has type II–III kerogen with a good hydrocarbon potential (HI — 161–357 mg HC/g TOC). R<sub>o</sub> data show the catagenetic transformation of organic matter of P<sub>1</sub>lv deposits according to the gradation МК<sub>2</sub>–МК<sub>3</sub> (R<sub>o</sub> — 0.75–1 %) in the west and gradation МК<sub>5</sub> (R<sub>o</sub> — 1.75–1.95 %) in the east of the studied area with local abnormally high values of maturity to gradation АК (R<sub>o</sub> > 2 %). The P<sub>2</sub>sl deposit reached the main oil generation zone, and catagenetic transformation of organic matter has gradation МК<sub>2</sub>–МК<sub>3</sub> (R<sub>o</sub> — 0.8–0.85 %). The distribution of n-alkanes and isoprenoids in the hydrocarbon fraction of bitumen shows a significant proportion of humic organic matter with the contribution of sapropel compounds increasing in Lower Permian clay rocks.

Территория Коротаихинской впадины является одной из слабоизученных с точки зрения вопросов геохимии, типа вмещающего ОВ и нефтегазогенерационного потенциала осадочных комплексов. Результаты органической геохимии пермских отложений по немногочисленным скважинам и естественным обнажениям освещены в ряде работ [1, 2, 8]. В последние годы отложениям, подобным рассматриваемому

комплексу (не только газоматеринским, но и нефтематеринским), уделяется большое внимание многих исследователей. За последние 30 лет появилось большое число работ по вопросу возможности генерации нефтяных УВ углями [14, 15, 19, 20, 22]. Пермские отложения, рассматриваемые авторами статьи, характеризуются повышенной уленосностью разреза и соответственно высоким содержанием ОВ. Однако



## GEOCHEMICAL SURVEYS

не любое ОВ способно генерировать УВ — особенно это касается нефтяных. На возможность генерировать УВ влияют тип исходного ОВ, соотношение его микрокомпонентов и уровень катагенетической преобразованности. Для получения этой необходимой информации были проведены комплексные исследования, результаты и обсуждения которых даны в настоящей статье. Комплекс углепетрографических и геохимических исследований позволил получить взаимодополняющую информацию и дать оценку генерационным способностям нефтегазоматеринских пород угленосного комплекса.

## Геологическое строение района исследований

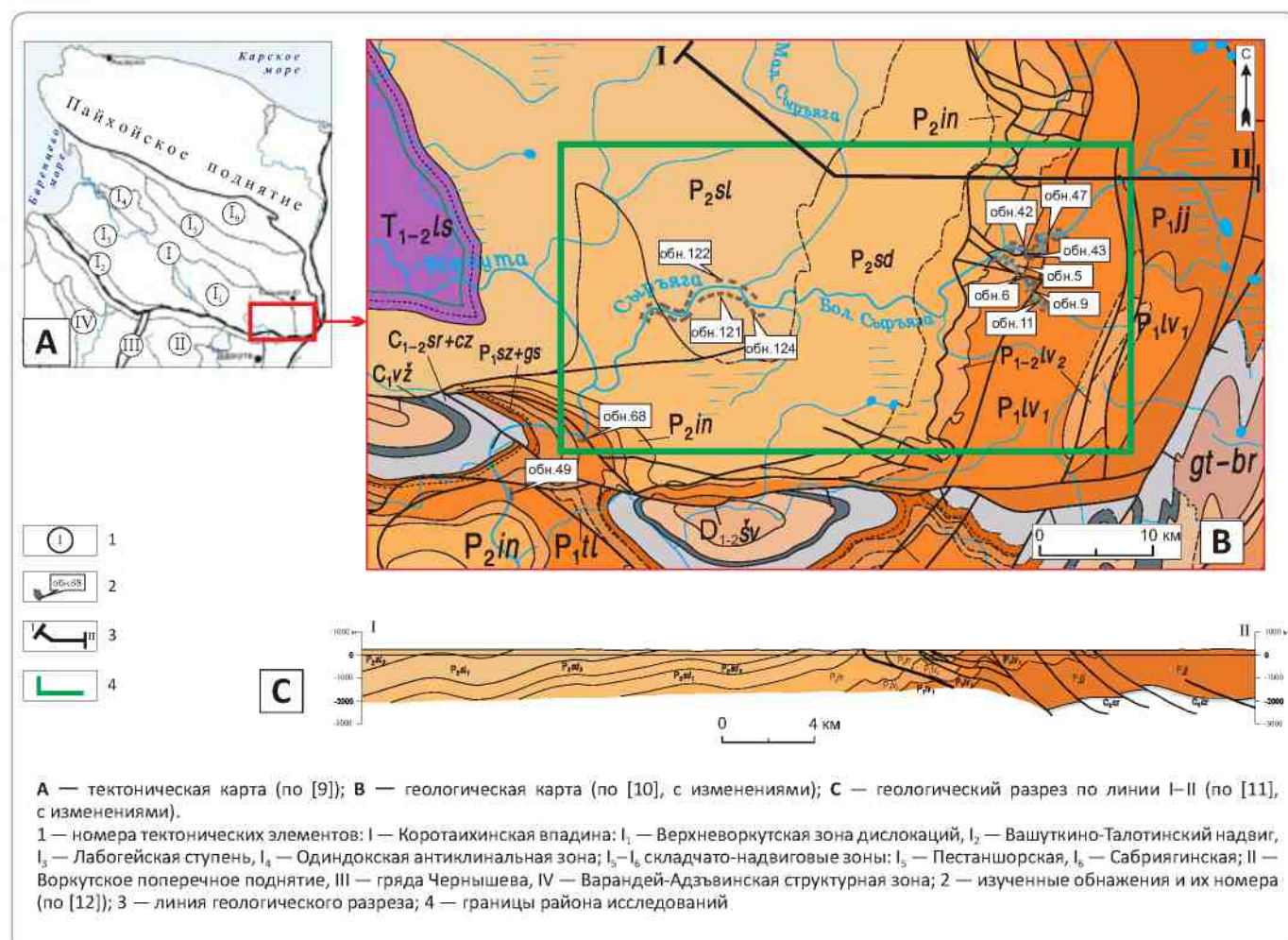
Исследуемая территория расположена в юго-восточной части Кортаихинской впадины в пределах структур II порядка — Верхневоркутской зоны дислокаций (западная часть) и Пестаншорской складчато-надвиговой зоны (восточная часть) (рис. 1). Данные тектонические элементы имеют различный

характер дислоцированности пермских отложений. Западная часть исследуемой территории в составе Верхневоркутской зоны дислокаций имеет более спокойное строение с погружением пермских пород в северо-западном направлении. Восточная часть является наиболее дислоцированной, осложненной складчато-надвиговыми дислокациями. Пермские отложения здесь смяты в складки, осложненные взбросо-надвиговыми нарушениями, и надвинуты в западном направлении по Сырьягинскому надвигу на породы верхней перми (см. рис. 1).

## Материалы и методы исследований

Пермские отложения были изучены авторами статьи в естественных выходах (см. рис. 1) по рекам Сырьяга, Большая Сырьяга, Воркута и ручью Бокотовому (левый приток р. Большая Сырьяга). Территориально они расположены в западной части, где обнажаются породы силовской свиты казанского и татарского ярусов верхней перми ( $P_2sl$ ), и в надвиго-

Рис. 1. Геологическое строение района исследований  
Fig. 1. Geological structure of the study area





вой, восточной части, в области развития отложений лекворкутской свиты кунгурского яруса нижней перми ( $P_1lv$ ). Основными объектами исследований стали аргилито-алевролитовые пачки, включающие прослой углей и углистых аргиллитов.

Для получения наиболее полной характеристики ОВ был применен комплекс методов, включающий углепетрографические и геохимические исследования. Углепетрографические исследования проводились для определения мацерального состава углей и ОВ углисто-глинистых пород и измерения показателя отражения витринита ( $R_o$ ). Органическое вещество изучалось в аншлифах в отраженном и ультрафиолетовом свете и в шлифах в проходящем свете. Проведенные углепетрографические исследования позволили охарактеризовать состав ОВ, условия его накопления и уровень катагенетической преобразованности. Результаты пиролитических исследований по методу Rock-Eval позволили определить содержание органического углерода (ТОС), свободных ( $S_1$ ) и связанных ( $S_2$ ) УВ в породе, температуру максимального выхода УВ ( $T_{max}$ ). Геохимические исследования включали определение содержания  $C_{орг}$  (%), выхода хлороформного битумоида (ХБА, %) и анализ состава насыщенных УВ методом газовой хроматографии (ГХ).

Лабораторные и аналитические исследования проводились в лабораториях Института геологии Коми НЦ УрО РАН (ЦКП «Геонаука», г. Сыктывкар), Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва) и ФГБУ «ВНИГНИ» (г. Москва).

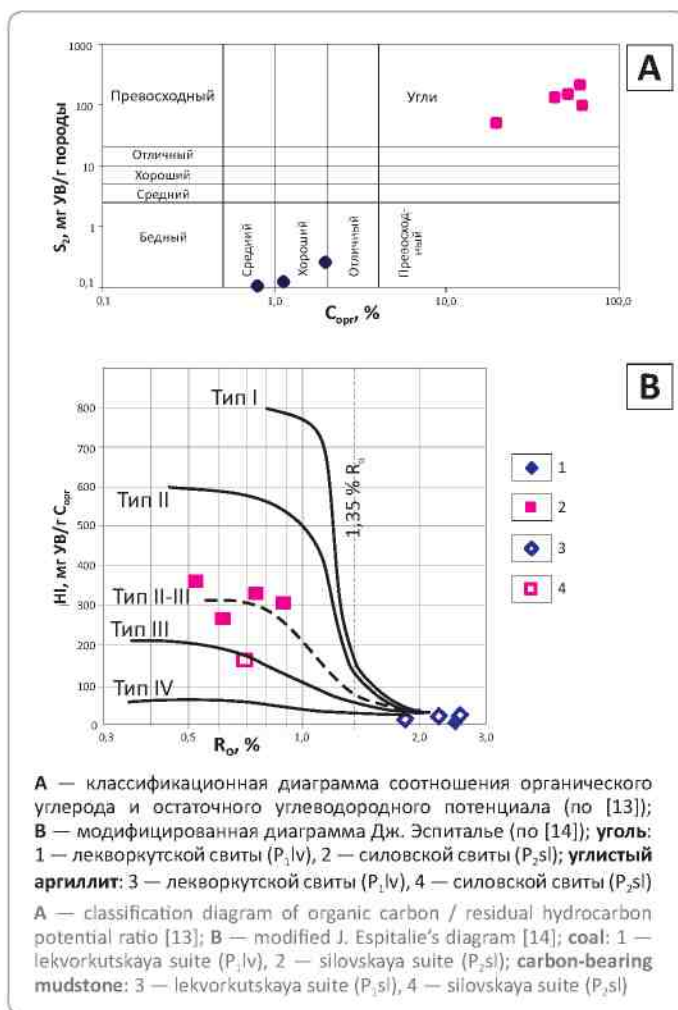
### Нефтегазоматеринские свойства пород

Как отмечалось, определение качества нефтегазоматеринских пород исследуемого угленосного комплекса основывалось на ряде параметров: содержании органического углерода ( $C_{орг}/ТОС$ , %), типе ОВ, его УВ-потенциале и уровне катагенетической преобразованности. Исследованные образцы углей и углистых пород разделяются на две группы — нижнепермскую ( $P_1lv$ ) и верхнепермскую ( $P_2sl$ ).

Для изученных образцов нижней перми значения  $ТОС/C_{орг}$  находятся в пределах: 0,8–4,18 % для глинистых пород и 42,4–64 % для углей. Верхнепермские угли характеризуются содержаниями  $C_{орг}$  от 37 до 61,8%, а углистые аргиллиты от 2 до 19,7%. По результатам пиролитических исследований для пород двух рассматриваемых возрастных интервалов имеются существенные отличия как в количестве УВ, выделившихся при температуре выше 300 °C ( $S_2$ ), так и в значениях водородного индекса ( $HI = S_2/C_{орг}$ ). Очень низкие значения показателей

$S_2$  и  $HI$  (рис. 2) характерны для пород  $P_1lv$  ( $S_2 = 0,11–5,75$  мг УВ/г породы;  $HI = 7–49$  мг УВ/г  $C_{орг}$ ), а наиболее высокие — для пород  $P_2sl$  ( $S_2 = 51,8–215,0$  мг УВ/г породы;  $HI = 161–357$  мг УВ/г  $C_{орг}$ ). Значения  $T_{max}$  для пород  $P_1lv$  наиболее высокие — до 599 °C, а для пород  $P_2sl$ , соответственно, ниже и составляют 430–435 °C. При этом результаты  $T_{max}$  хорошо согласуются со средним показателем  $R_o$ . Согласно полученным данным, ОВ нижнепермских пород характеризуется бедным УВ-потенциалом. По классификации, предложенной К. Петерсом и М. Касса [17], они сосредоточены в нижней области диаграммы (см. рис. 2, А). Угли верхней перми группируются в верхнем углу диаграммы и для них типичен «превосходный» УВ-потенциал, более высокий по сравнению с другими углями бассейна [1].

Рис. 2. Результаты пиролитических исследований  
Fig. 2. Results of the pyrolysis study



А — классификационная диаграмма соотношения органического углерода и остаточного углеводородного потенциала (по [13]); В — модифицированная диаграмма Дж. Эспиталье (по [14]); уголь: 1 — лекворкутской свиты ( $P_1lv$ ), 2 — силовской свиты ( $P_2sl$ ); углистый аргиллит: 3 — лекворкутской свиты ( $P_1lv$ ), 4 — силовской свиты ( $P_2sl$ )  
A — classification diagram of organic carbon / residual hydrocarbon potential ratio [13]; B — modified J. Espitalie's diagram [14]; coal: 1 — lekvorkutskaya suite ( $P_1lv$ ), 2 — silovskaya suite ( $P_2sl$ ); carbon-bearing mudstone: 3 — lekvorkutskaya suite ( $P_1lv$ ), 4 — silovskaya suite ( $P_2sl$ )

Legend to Fig. 1:

A — tectonic map [9]; B — geological map ([10], modified); C — geological section along line I–II ([11], modified).

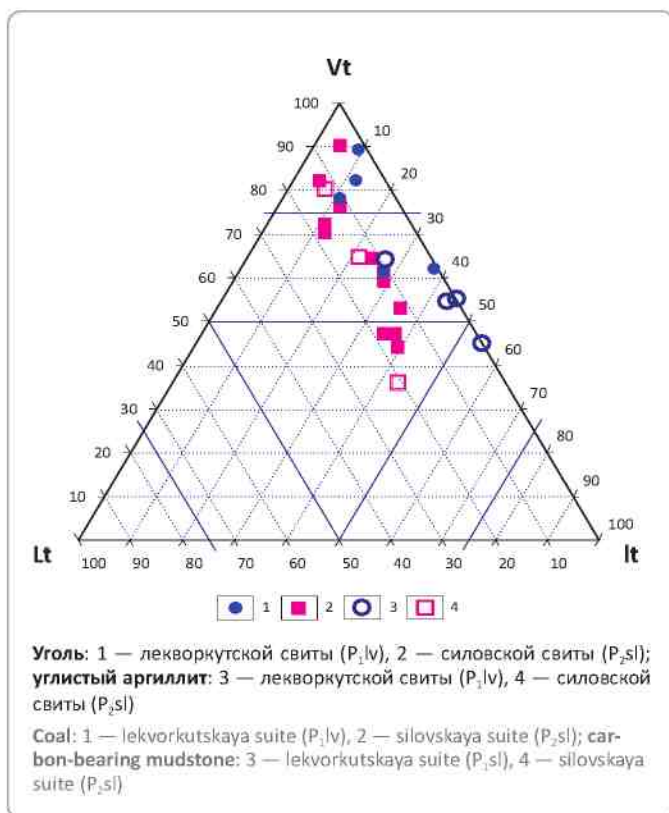
1 — numbers of tectonic features: I — Korotaihkinskaya depression; I<sub>1</sub> — Verkhnevorkutskaya zone of dislocations; I<sub>2</sub> — Vashutkino-Talotinskiy overthrust; I<sub>3</sub> — Labogeykaya step; I<sub>4</sub> — Odindokskaya anticline zone; I<sub>5</sub>–I<sub>6</sub> — folded overthrust zones; I<sub>5</sub> — Pestanshorskaya; I<sub>6</sub> — Sabriyaginskaya; II — Vorkutskoye transverse uplift; III — Chernyshev's ridge; IV — Varandey-Adzvin'skaya structural zone); 2 — the studied outcrops and their numbers [12]; 3 — line of the geological section; 4 — outlines of the study area



## GEOCHEMICAL SURVEYS

**Рис. 3.** Треугольная диаграмма соотношения групп микрокомпонентов: витринита (Vt), инертинита (It) и липтинита (Lt) в изученных породах, %

**Fig. 3.** Triangular diagram of the groups of micro-components proportion: vitrinite (Vt), inertinite (It) and liptinite (Lt) in the studied rocks, %



В целом рассматриваемые разновозрастные породы характеризуются существенными различиями пиролитических показателей, отражающих отличия в составе ОБ и степени его преобразованности.

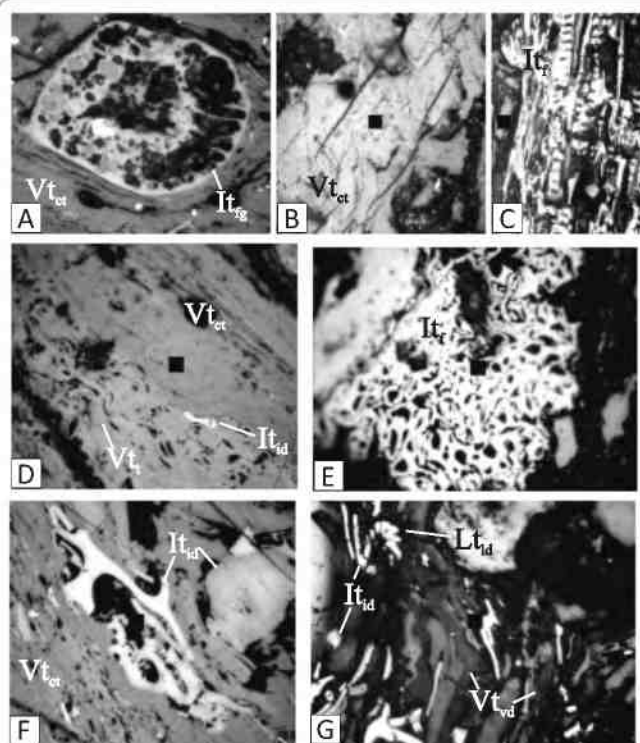
#### Микрокомпонентный состав ОБ и тип керогена

В изученных образцах определены группы микрокомпонентов: витринита (Vt), инертинита (It) и липтинита (Lt). В большинстве изученных образцов (рис. 3) витринит является доминирующей группой микрокомпонентов (65–90%). Следующими по содержанию идут группы инертинита (10–35%) и липтинита (до 20%).

В составе группы витринита определены следующие мацералы: витродетринит, телинит (рис. 4, D; рис. 5, E), корпогелинит (см. рис. 5, G), гелинит (см. рис. 5, G) и коллотелинит (см. рис. 4, 5) с преобладанием последних. Семифюзинит, фюзинит (см. рис. 4, C, E; рис. 5, B) и инертдетринит (см. рис. 4) — преобладающие компоненты группы инертинита, в меньшем количестве встречаются фунгинит (см. рис. 4, A), макринит и микринит. Групп-

**Рис. 4.** Микрофотографии компонентов ОБ в породах левворкутской свиты нижней перми

**Fig. 4.** Microphotographs of the OM components in rocks of the Lekvorkutsk suite of Lower Permian



**A** — обн. 9, обр. 3-2; **B, C** — обн. 5, обр. 4-1/2; **D, E** — обн. 5, обр. 4-1/1; **F** — обн. 43, обр. 12-2; **G** — обн. 68, обр. 13-3. Отраженный белый свет, масляная иммерсия, ув. x50, метка в центре кадра 5x5 мкм.

Vt — группа витринита (Vt<sub>t</sub> — телинит, Vt<sub>ct</sub> — коллотелинит, Vt<sub>id</sub> — витродетринит); It — группа инертинита (It<sub>f</sub> — фюзинит, It<sub>g</sub> — фунгинит, It<sub>id</sub> — инертдетринит); Lt — группа липтинита (Lt<sub>d</sub> — липтодетринит)

**A** — outcrop 9, sample 3-2; **B, C** — outcrop 5, sample 4-1/2; **D, E** — outcrop 5, sample 4-1/1; **F** — outcrop 43, sample 12-2; **G** — outcrop 68, sample 13-3. Reflected white light, oil immersion, x50 magnification, mark in the shot center 5x5 micron.

Vt — vitrinite group (Vt<sub>t</sub> — telinite, Vt<sub>ct</sub> — collotelinite, Vt<sub>id</sub> — vitrodetrinite); It — the inertinite group (It<sub>f</sub> — fusinite, It<sub>g</sub> — funginite, It<sub>id</sub> — inertodetrinite); Lt — liptinite group (Lt<sub>d</sub> — liptodetrinite)

па липтинита представлена кутинолом, споринитом, резинитом, липтодетринитом и битуминитом (см. рис. 5, F), которые хорошо диагностируются в проходящем (см. рис. 5, A, C, D) и ультрафиолетовом свете (см. рис. 5, H–J). Также в ультрафиолетовом свете отчетливо видны ступки и пленки легкого и маслянистого битума (рис. 5, F, H–J), выделившегося из липтинитовых компонентов.

Рассматривая соотношение микрокомпонентов для пород нижне- и верхнепермского возраста можно отметить небольшие различия в составе ОБ (см. рис. 3).



Угли и углистые аргиллиты силловской свиты отличаются большим содержанием компонентов группы липтинита (до 20%) и структурных компонентов групп витринита (ксиленин и паренхинит) и инертинита (фюзинит и семифюзинит). В образцах же лекворкутской свиты в группе витринита преобладают гелинит и коллотелинит и в целом встречается большее содержание детритных включений.

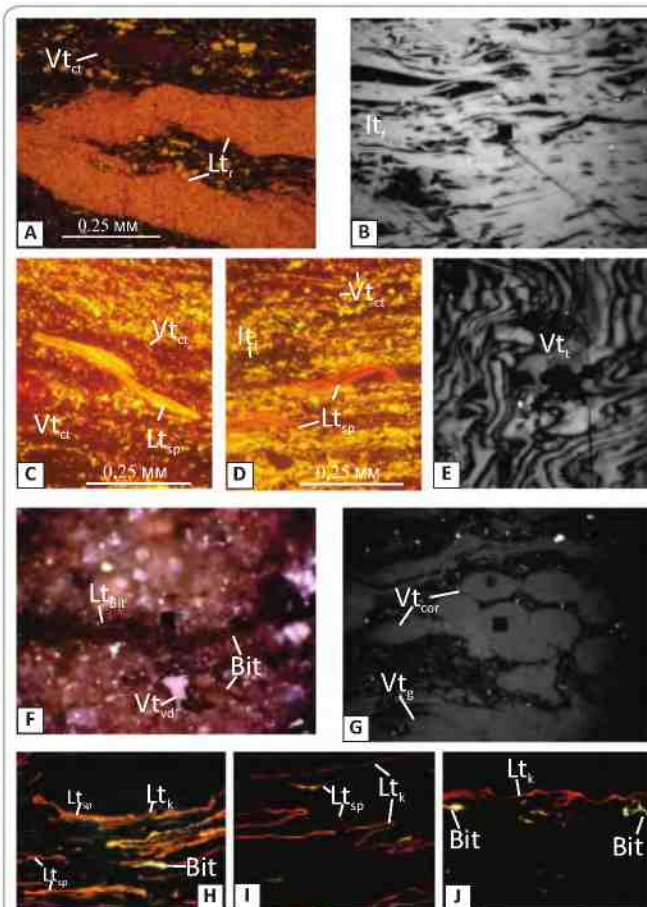
Результаты пиролиза, как отмечалось, позволяют количественно охарактеризовать и определить состав керогена, а также дают представление о типе УВ, которые могут генерировать из керогена во время процесса созревания, как это было показано в работах S. Larter, A. Douglas [16] и H. Dembicki [12, 13]. Исследуемые породы образуют две группы, существенно различающиеся по типу керогена (см. рис. 2, В). Известно, что III тип керогена состоит в основном из витринитовых мацералов с различным содержанием инертинита. Кроме того, II тип керогена сложен в основном липтинитовыми микрокомпонентами со значительным количеством витринитовых компонентов. На модифицированной диаграмме Дж. Эспиталье (см. рис. 2, В), предложенной Р. Берtrandом и М. Мало [10], ОВ в породах P<sub>1</sub>lv сложено керогеном III типа, однако присутствие большого количества инертинита позволяет говорить о наличии IV типа. Благодаря более высокому содержанию липтинитовых микрокомпонентов ОВ пород P<sub>2</sub>sl в основном представляет собой смесь керогенов II и III типов. Однако, говоря о наличии керогена II типа, авторы статьи имеют в виду не водорослевое вещество, а компоненты терригенного липтинита (споринит, кутинит, резинит). Таким образом, породы P<sub>1</sub>lv и P<sub>2</sub>sl характеризуются близким составом микрокомпонентов с преобладанием группы витринита, но большим содержанием группы липтинита в верхнепермских породах. Доминирующие типы керогена ОВ в породах нижнепермского интервала — III и IV, а верхнепермского — II–III и III типы.

#### Катагенетическая преобразованность ОВ

Уровень катагенетической преобразованности ОВ толщ определялся методом измерения R<sub>o</sub> (%). Замеры R<sub>o</sub> проводились по аншлифам углей и углистых аргиллитов. Для пород нижней перми, как отмечалось, характерен наиболее широкий разброс значений R<sub>o</sub> — от 0,8 до 2,5%. Измерения были проведены по образцам, отобраным из двух участков — западного (Верхневоркутской складчато-надвиговой зоны) и восточного (Пестаншорской складчато-надвиговой зоны) (см. рис. 1). На западном участке значения R<sub>o</sub> изменяются от 0,75 до 1% с преобладающим интервалом 0,85–1% (рис. 6, А). В пределах восточного участка образцы нижней перми характеризуются двумя распределениями R<sub>o</sub>. Первое имеет значения от 1,4 до 1,95%, где для большей части образцов интервал

Рис. 5. Микрофотографии компонентов ОВ в породах силловской свиты верхней перми

Fig. 5. Microphotographs of the OM components in the Silovsk suite of Upper Permian rocks



А — обн. 124, обр. 6-1; В — обн. 122, обр. 9-1/2; С, D — обн. 124, обр. 7-1/1; Е — обн. 124, обр. 6-2/2; F — обн. 121, обр. 8-7; G — обн. 121, обр. 8-3; H — обн. 121, обр. 8-2/1; I–J — обн. 124, обр. 7-4. А, С, D — проходящий свет; В, Е–G — отраженный белый свет, масляная иммерсия (F — цветная камера); H–J — ультрафиолетовый свет, масляная иммерсия, ув. x50, x150, метка в центре кадра 5x5 мкм.

Vt — группа витринита (Vt<sub>g</sub> — гелинит, Vt<sub>cor</sub> — корпогелинит); Lt — группа инертинита (Lt<sub>sr</sub> — семифюзинит); Lt — группа липтинита (Lt<sub>sp</sub> — споринит, Lt<sub>k</sub> — кутинит, Lt — резинит, Lt<sub>bit</sub> — битуминит); Py — пирит; Bit — примазки и скопления битума. Остальные усл. обозначения см. на рис. 4.

A — outcrop 124, samples 6-1; B — outcrop 122, samples 9-1/2; C, D — outcrop 124, samples 7-1/1; E — outcrop 124, samples 6-2/2; F — outcrop 121, samples 8-7; G — outcrop 121, samples 8-3; H — outcrop 121, samples 8-2/1; I–J — outcrop 124, samples 7-4. A, C, D — in transmission light; B, E–G — in reflection light, oil immersion (F — color camera); H–J — UV-light, oil immersion, 50x and 150x magnification, mark in the shot center 5x5 micron.

Vt — vitrinite group (Vt<sub>g</sub> — gelinite, Vt<sub>cor</sub> — corpogelinite); Lt — the inertinite group (Lt<sub>sr</sub> — semifusinite); Lt — the lipinite group (Lt<sub>sp</sub> — sporinite, Lt<sub>k</sub> — cutinite, Lt — resinite, Lt<sub>bit</sub> — bituminite); Py — pyrite; Bit — coatings and congestions of bitumen.

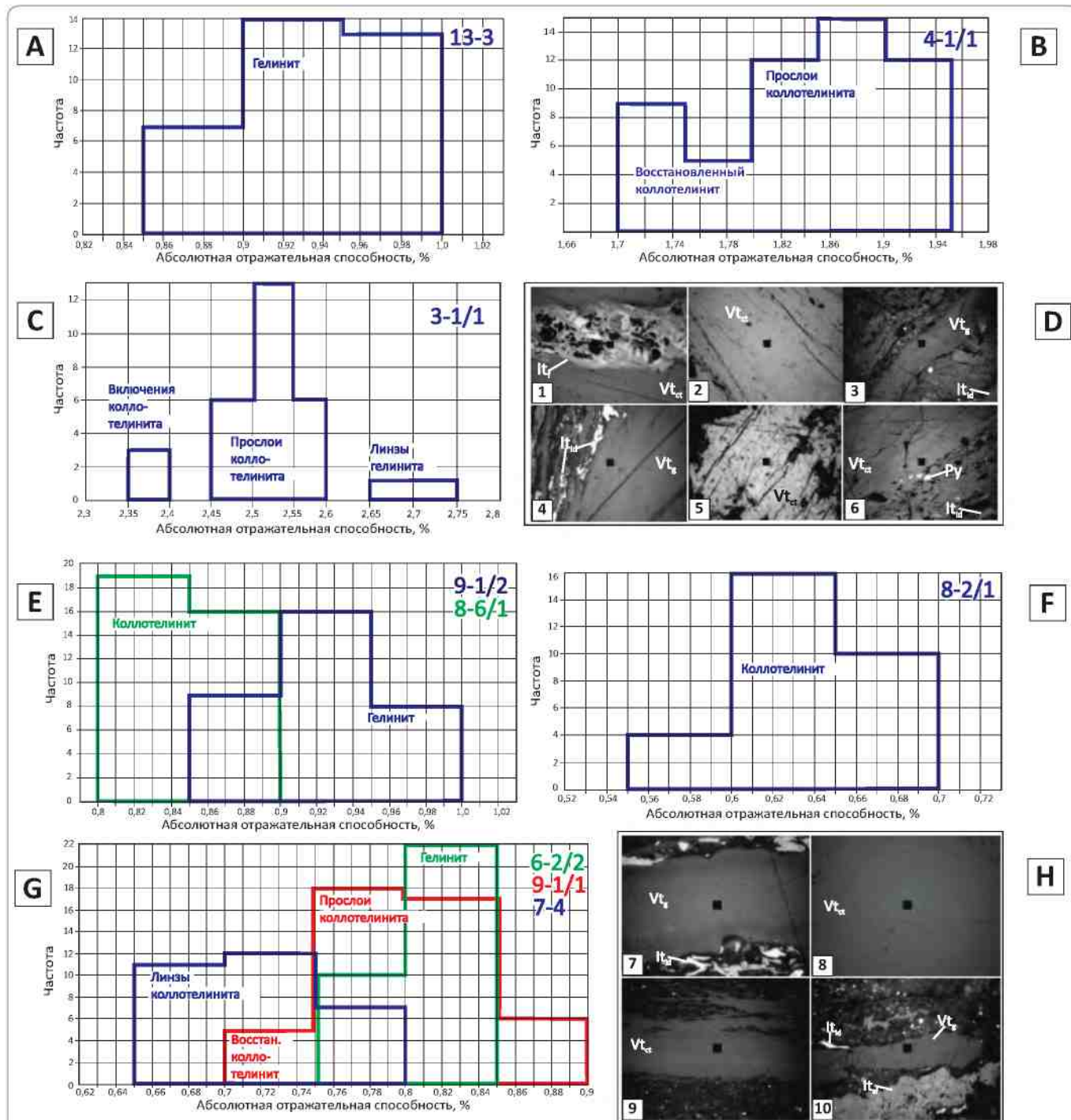
For other Legend items see Fig. 4



GEOCHEMICAL SURVEYS

Рис. 6. Вариации значений отражательной способности витринита ( $R_v$ , %) в породах лекворкутской (А, В, С) и силовской (Е, F, G) свит

Fig. 6. Variations of the vitrinite reflectance values ( $R_v$ , %) in rocks of the Lekvorkutsk (A, B, C) and Silovsk (E, F, G) suites



Вариации значений отражательной способности витринита ( $R_v$ , %): А, В, С — в породах лекворкутской свиты, Е, F, G — в породах силовской свиты; D, H — микрофотографии включений Vt-компонентов в породах  $P_1lv$  (D, 1–6) (образцы: 1 — 3-2; 2 — 4-1/1; 3, 6 — 3-1/1; 4 — 13-3; 5 — 4-1/2) и  $P_2sl$  (H, 7–10) (образцы: 7 — 6-1; 8 — 9-1/1; 9 — 8-3; 10 — 7-4).

Остальные усл. обозначения см. на рис. 4–5

Variations of vitrinite reflectance values ( $R_v$ , %): A, B, C — rocks of the Lekvorkutskaya suite, E, F, G — rocks of the Silovskaya suite; D, H — microphotographs of inclusions of the Vt components in rocks  $P_1lv$  (D, 1–6) (samples: 1 — 3-2; 2 — 4-1/1; 3, 6 — 3-1/1; 4 — 13-3; 5 — 4-1/2) and  $P_2sl$  (H, 7–10) (samples: 7 — 6-1; 8 — 9-1/1; 9 — 8-3; 10 — 7-4). For other Legend items see Fig. 4–5



колеблется в пределах 1,7–1,95% (см. рис. 6, В), второе распределение с аномальными значениями от 2,35 до 2,75% и максимумом 2,45–2,6% (рис. 6, С) носит локальный характер. Такие высокие значения  $R_0$  характерны для включений витродетритинита из пород зон сильного смятия или тектонической раздробленности. В образцах углей наблюдается анизотропия с показателем  $A_R = 0,02$  (см. рис. 6, D–H; образец 6). По внешнему облику угли обладают сильным блеском и пластинчатой расслоенностью. Такие значительные изменения  $R_0$  и проявление аномальных значений, характерных для антрацитовой стадии углефикации, вероятно, связаны с неоднородностью прогресса осадочной толщи и наличием локальной нарушенности разреза. Широкий диапазон измерений  $R_0$  обусловлен присутствием различных компонентов Vt — гелинита, коллотелинита и участками восстановленного витринита (см. рис. 6, D; образцы 1, 2, 4). Также значительный разброс значений  $R_0$  отмечается в некоторых образцах углистых аргиллитов, где замерялись детритные включения (см. рис. 6, D; образец 5). В целом данные  $R_0$  в породах левкоркутской свиты можно разделить на фоновые и локальные. К локальным относятся рассмотренные выше аномалии, а к фоновым — значения от 0,9 до 1,7% при увеличении с юго-запада на северо-восток территории, что соответствует общей тенденции латерального изменения катагенеза ОВ в кунгурских отложениях [1].

Породы силовской свиты были изучены по четырем интервалам в пределах небольшого участка на р. Сырьяга Верхнекоркутской зоны дислокаций (см. рис. 1). Интервал значений  $R_0$  находится в широких пределах от 0,5 до 1,0%, что обусловлено различиями отражательной способности различных компонентов группы витринита (см. рис. 6, E–G). Наиболее отчетливо видна разница измерений  $R_0$  по коллотелиниту и гелиниту (см. рис. 6, H; образцы 7, 9): для первого интервала значений составляет 0,8–0,9%, а для второго — 0,85–1% (рис. 6, G). Наименьшие значения  $R_0$  (0,55–0,7%) определены в тонких прослоях коллотелинита, окруженного зольными прослоями с большим содержанием фюзинита и липтинита (см. рис. 6, F). Эти значения являются заниженными, вероятно, за счет малой толщины прослоев и влияния окружающих липтинитовых компонентов.

Разница показателей отражения также отчетливо видна в различных литотипах — углях (образцы 6-2/2, 9-1/1) и углистых аргиллитах (образец 7-4). Минимальные значения  $R_0$  (0,65–0,8%) определены в углистом аргиллите (см. рис. 6, G; образец 7-4), где замеры производились по небольшим линзам гелинита (рис. 6, H; образец 10) в глинистой массе с включениями инертинита и липтинита. Более высокие значения  $R_0$  (0,75–0,85%) имеет гелинит в углях (образец 6-2/2). Часто встречаются прослои с участ-

ками восстановленного витринита (рис. 6, H; образец 7). Он имеет более низкие значения  $R_0$  по сравнению с другими Vt-компонентами в одном образце, особенно в маломощных прослоях (см. рис. 6, G; образец 9-1/1). Более мощные прослои коллотелинита в том же образце характеризуются значениями  $R_0 = 0,75–0,85\%$ , которые являются наиболее свойственными для углей  $P_2sl$  (рис. 6, H; образец 8). Наиболее представительными являются измерения по коллотелиниту со средним показателем  $R_0 = 0,8–0,85\%$ , которые рассматриваются авторами в качестве оптимальных для оценки уровня преобразованности ОВ пород  $P_2sl$  на исследуемой территории.

Проведенные измерения  $R_0$  свидетельствуют о высокой катагенетической преобразованности ОВ пород левкоркутской свиты, соответствующей градациям  $MK_2–MK_3$  ( $R_0 = 0,75–1\%$ ) на западе исследуемой территории и  $MK_3$  ( $R_0 = 1,75–1,95\%$ ) — на востоке с локальными проявлениями высокой прогрессности пород до градаций АК ( $R_0 > 2\%$ ), предположительно, в зонах разрывных нарушений. В целом отложения левкоркутской свиты достигли зоны газогенерации, а силовской свиты — зоны нефтегенерации с уровнем преобразованности ОВ до градаций  $MK_2–MK_3$  ( $R_0 = 0,8–0,85\%$ ).

#### Битумоиды и их состав

В битумоидах изученных отложений выявлены различные типы распределения алифатических УВ, которые свидетельствуют о разнородности состава исходного ОВ и его катагенетической преобразованности. Концентрации  $C_{орг}$ , как отмечалось, достигают максимальных значений в углях (66%), минимальные значения характерны для глинистых пород (таблица). Выход ХБА из глинистых пород нижнепермского возраста составляет 0,004–0,012%, а из углей — 0,034%. Породы из верхнепермского интервала разреза характеризуются более высокими концентрациями ХБА: 0,046% — для глинистых разностей, с максимумом 0,5–0,72% — для углей. Значение битумоидного коэффициента ( $\beta_{ХБ}$ ) в нижнепермских породах составляет 0,07–0,86%, имеет минимальное значение в углях и увеличивается до 1,8% в верхнепермских породах. Полученные низкие значения показателей  $\beta_{ХБ}$  характеризуют битумоиды как автохтонные (в том числе остаточные). Доля УВ в составе битумоидов значительно выше в аргиллитах, чем в углях, — 35,7–47,62% и 8,4–9,69% соответственно.

Для основной части битумоидов из глинистых пород  $P_1iv$  типично левосимметричное распределение с преобладанием низкомолекулярных  $n$ -алканов при максимуме на  $n-C_{17}$  (рис. 7, С). Концентрация высокомолекулярных алканов нормального строения состава  $> C_{23}$ , как и изопреноидов, невысока (см. таблицу). Отношение суммы  $n$ -алканов ряда  $n-C_{14}–C_{20}$  к  $n-C_{21}–C_{32}$  изменяется в широких пределах от 2,64



## GEOCHEMICAL SURVEYS

Таблица. Геохимические параметры насыщенных УВ пермских отложений юго-востока Коротаихинской впадины  
Table. Geochemical parameters of saturated HC from Permian deposits in the South-East of the Korotaikhinskaya depression

Возраст	P <sub>1</sub> lv					P <sub>2</sub> sl				
	Образец	3.2.16	3.6.1	3.7.2	3.2.46 (1)	4.1.1	7-4 м	6.2.2	7.2.1	8.6.1
Градация катагенеза	MK <sub>5</sub> -AK <sub>1</sub>					MK <sub>2</sub> -MK <sub>3</sub>				
C <sub>опг</sub> , %	1,34	1,54	15,56	1,00	46,86	10,73	52,23	58,33	40,55	41,12
ХБА, %	0,009	0,008	0,012	0,004	0,034	0,046	0,71	0,52	0,53	0,72
β <sub>ХБ</sub> , %	0,67	0,52	0,07	0,43	0,10	0,43	1,36	0,89	1,31	1,75
C <sub>11</sub> -C <sub>18</sub>	68,10	52,32	51,37	74,84	18,94	26,51	8,81	10,88	11,77	13,13
C <sub>19</sub> -C <sub>24</sub>	14,56	18,89	13,68	9,39	34,65	52,39	41,77	38,03	39,33	39,35
> C <sub>25</sub>	4,86	13,03	2,59	—	25,33	16,24	28,56	27,17	25,58	23,91
∑i-алканов	12,49	15,77	32,37	15,77	21,07	4,86	20,86	23,91	23,32	23,61
$\frac{\sum H(C_{14}-C_{20})}{\sum H(C_{21}-C_{32})}$	7,14	2,64	8,94	29,79	0,74	0,91	0,32	0,38	0,41	0,45
*K <sub>нч</sub> C <sub>15</sub> -C <sub>21</sub>	1,08	1,12	1,06	1,17	1,23	1,01	1,15	1,10	1,05	1,03
**K <sub>ч</sub> C <sub>16</sub>	1,37	1,27	1,20	1,34	1,11	1,06	0,95	1,02	0,97	0,97
***K <sub>нч</sub> C <sub>17</sub>	1,29	1,26	1,24	1,35	1,23	1,01	0,79	0,91	0,97	0,96
****K <sub>нч</sub> C <sub>29</sub>	—	—	—	—	0,62	—	0,92	0,92	0,76	0,69
n-C <sub>17</sub> / n-C <sub>25</sub>	11,89	4,18	18,42	—	0,78	1,00	0,19	0,30	0,34	0,35
Pr / Ph	1,15	1,04	0,94	1,16	5,97	5,69	10,21	10,26	8,79	9,70
Pr / n-C <sub>17</sub>	0,28	0,25	0,18	0,26	1,92	1,19	4,46	3,35	2,81	3,15
Ph / n-C <sub>18</sub>	0,66	0,61	0,31	0,69	0,40	0,21	0,35	0,28	0,26	0,28
Ki	0,38	0,35	0,23	0,37	1,24	0,71	2,18	1,71	1,41	1,61
CPI <sub>1</sub>	0,84	0,94	1,60	—	1,28	1,35	1,53	1,45	1,31	1,32
CPI <sub>2</sub>	0,78	0,90	0,96	0,86	1,00	1,01	1,00	1,03	1,01	1,01

Примечание: Ki = Pr + Ph / n-C<sub>17</sub> + n-C<sub>18</sub>;

CPI<sub>1</sub> = 2 × (C<sub>23</sub> + C<sub>25</sub> + C<sub>27</sub> + C<sub>29</sub>) / (C<sub>22</sub> + 2 × (C<sub>24</sub> + C<sub>26</sub> + C<sub>28</sub>) + C<sub>30</sub>);

CPI<sub>2</sub> = 2 × (C<sub>21</sub> / (C<sub>20</sub> + C<sub>22</sub>));

\* ½ × (((C<sub>15</sub> + C<sub>17</sub> + C<sub>19</sub> + C<sub>21</sub>) / (C<sub>14</sub> + C<sub>16</sub> + C<sub>18</sub> + C<sub>20</sub>)) + ((C<sub>15</sub> + C<sub>17</sub> + C<sub>19</sub> + C<sub>21</sub>) / (C<sub>16</sub> + C<sub>18</sub> + C<sub>20</sub> + C<sub>22</sub>)));

\*\* 2 × C<sub>16</sub> / (C<sub>15</sub> + C<sub>17</sub>);

\*\*\* 2 × C<sub>17</sub> / (C<sub>16</sub> + C<sub>18</sub>);

\*\*\*\* 2 × C<sub>29</sub> / (C<sub>28</sub> + C<sub>30</sub>).

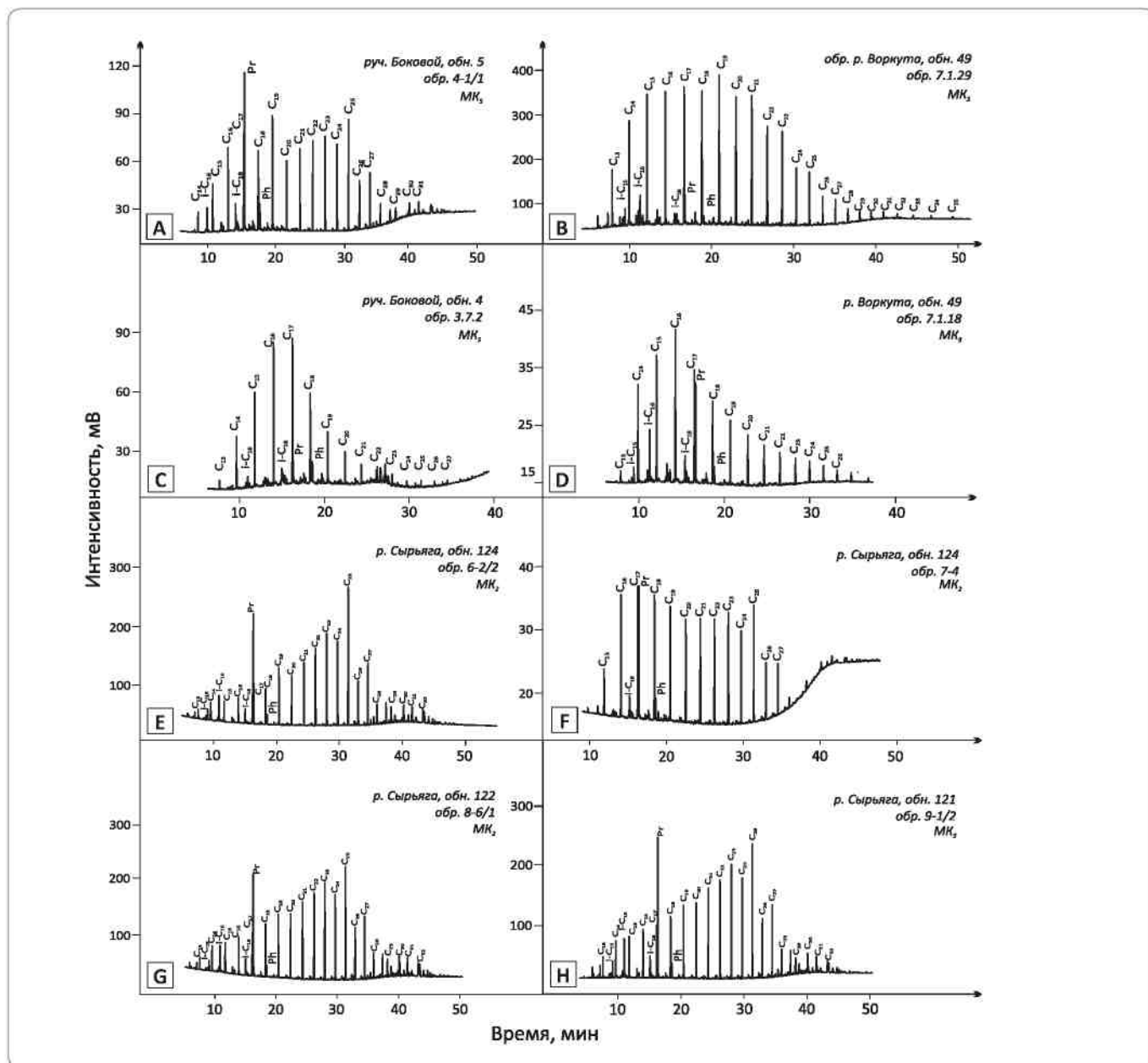
до 29,79. Значения коэффициента нечетности (K<sub>нч</sub>C<sub>17</sub>) 1,24–1,35 свидетельствуют об участии водородородового ОВ в составе исходной биомассы [9, 21]. Коэффициент четности K<sub>ч</sub>C<sub>16</sub>, составляющий 1,2–1,37, для ряда образцов указывает на присутствие микробиальных компонентов в составе исходного ОВ (см. таблицу). Сходное распределение (см. рис. 7, D) выявлено в битумоидах углей лекворкутской свиты (обн. 49) на р. Воркута [6]. В отличие от битумоидов глинистых пород, битумоиды из углей характеризуются повы-

шенным содержанием средне- и высокомолекулярных n-алканов состава >C<sub>20</sub>, суммарное содержание которых достигает 60%, и бимодальным распределением (см. рис. 7, A). Среди изопреноидов преобладает пристан (Pr) в значительных концентрациях (см. таблицу). Отношение суммы алканов n-C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub> к n-C<sub>21</sub>-C<sub>32</sub> является минимальным среди пород P<sub>1</sub>lv. Для угля отмечаются немного более высокие коэффициенты нечетности (K<sub>нч</sub>C<sub>15</sub>-C<sub>21</sub> – 1,23; K<sub>нч</sub>C<sub>29</sub> – 0,62) и значения карбонового индекса CPI > 1 (см. таблицу). Еще



**Рис. 7.** Хроматограммы молекулярно-массового распределения нормальных и изопреноидных алканов в битумоидах пород лекворкутской (А–Д) и силовской (Е–Н) свит

**Fig. 7.** Chromatograms of the molecular-mass distribution of normal and isoprenoid alkanes in bitumoids from rocks of the Lekvorkutsk (A–D) and Silovsk (E–H) suites



более повышенное содержание среднемoleкулярных *n*-алканов и несколько иное распределение характерно для углей и углистых аргиллитов (обн. 49) на р. Воркута (см. рис. 7, В). Здесь более четко фиксируется преобладание гумусового ОВ III (витринитового) типа [6].

Битумоиды из углей силовской свиты имеют другой характер распределения со смещением максимума в высокомолекулярную область хроматограммы на *n*-C<sub>25</sub> и повышением *n*-C<sub>23</sub> (см. рис. 7, Е, Г,

Н). Все рассмотренные угли имеют почти симметричную картину распределения, характеризуются низкими содержаниями *n*-алканов < *n*-C<sub>17</sub> и > *n*-C<sub>27</sub>, а также преобладанием пристана и нечетных *n*-алканов в ряду *n*-C<sub>23</sub>–C<sub>27</sub> (см. таблицу).

Отношение суммы *n*-алканов ряда *n*-C<sub>14</sub>–C<sub>20</sub> к *n*-C<sub>21</sub>–C<sub>30</sub> значительно более низкое — от 0,32 до 0,45, как и коэффициент нечетности  $K_{\text{нц}}C_{17} < 1$ . Преобладание нечетных соединений в высокомолекулярной



части свидетельствует о присутствии восков высших растений в составе исходной биомассы, а преобладание  $n\text{-C}_{21}\text{--C}_{25}$  — высших (озерных) водорослей [9].

Другой вид распределения  $n$ -алканов и значительно более высокое содержание низкомолекулярных  $n$ -алканов с максимумом распределения на  $n\text{-C}_{17}$ , указывающие на присутствие продуцентов низшей растительности, обнаружены в одном образце силовской свиты (см. рис. 7, F). Это зольный уголь, отобранный из прослоев и линз в слое аргиллитов озерного облика (обн. 124) на р. Сырьяга. Хроматограмма имеет близкий к бимодальному облик и полное отсутствие высокомолекулярных  $n$ -алканов  $>n\text{-C}_{27}$ . Отношение суммы  $n$ -алканов ряда  $n\text{-C}_{14}\text{--C}_{20}$  к  $\text{C}_{21}\text{--C}_{30}$  близко к 1 (0,91), а коэффициент нечетности  $K_{nc}\text{C}_{17} = 1,01$ , что свидетельствует о присутствии небольшого количества водорослевого ОВ [9, 21].

Таким образом, сложность строения угленосной толщи, а именно ее циклическое строение и частая смена условий седиментации, обусловили наличие в одном комплексе пород с несколькими типами исходного ОВ (сапропелевого и гумусового) и соответственно различными геохимическими характеристиками (биомаркерами). Доминирование продуцентов сапропелевой основы характерно для изученных битумоидов аргиллитов и углистых аргиллитов пермских отложений. Соответственно в углях определена большая доля продуцентов высшей растительности, причем с преобладанием последних в битумоидах верхнепермских отложений.

Характер распределения алкановых УВ в битумоидах изученных углей  $P_2sl$  (см. рис. 7, G) обладает значительным сходством с битумоидами из махакамских углей Индонезии, пермских углей Австралии и Северо-восточного Бангладеша [11, 14, 20], где на хроматограммах также проявляется максимум  $n\text{-C}_{25}$ . Однако рассматриваемые авторами статьи угли характеризуются дополнительным пиком  $n\text{-C}_{25}$ , который нередко является преобладающим. Битумоиды из углей указанных стран, как и рассматриваемые авторами статьи, характеризуют гумусовое исходное ОВ (продуценты высшей растительности) с наличием большого количества липтинитовых компонентов. По мнению ряда исследователей, изучавших нефтегазоматеринские толщи в угленосных бассейнах Юго-западной Австралии, Индонезии, Новой Зеландии и Танзании, вмещающие угли с высоким содержанием споринита, кутинита, резинита и суберинита могли быть источником нефтяных УВ [9, 14, 15, 18, 19, 20]. Для рассматриваемых авторами статьи углей также типичен высокий генерационный потенциал, однако оценка количества возможной генерации нефтяных УВ углистым веществом требует дополнительного фактического материала и проработки.

## Выводы

На основе проведенных исследований получены новые данные о составе и катагенетической преобразованности ОВ, его УВ-потенциале в пермских угленосных отложениях юго-востока Коротаихинской впадины.

В надвиговой восточной части нижнепермские отложения лекворкутской свиты обладают низким остаточным генерационным потенциалом ОВ вследствие его полной реализации при катагенезе. Значения  $R_0$  свидетельствуют о высоком прогреве пород до градаций  $MK_5\text{--}AK$ , что соответствует зоне газоконденсато- и газогенерации. В западной части, в районе Верхневоркутской зоны дислокаций и прилегающих территорий, преобразованность ОВ лекворкутской свиты относится к градациям  $MK_2\text{--}MK_3$ . Верхнепермские отложения силовской свиты содержат ОВ, которое обладает средним и высоким УВ-потенциалом. Катагенетическая преобразованность ОВ находится в градациях  $MK_2\text{--}MK_3$ , соответствующих главной зоне нефтеобразования.

По результатам пиролитических исследований ОВ пород лекворкутской свиты представлено III–IV типами керогена, а силовской — смешанным II–III типом керогена. Согласно углететрографическим исследованиям ОВ пород характеризуется близким составом микрокомпонентов с преобладанием группы витринита и наиболее высоким содержанием группы липтинита в отложениях верхней перми. Изучение индивидуального состава насыщенных УВ битумоидов показало наличие продуцентов как гумусовой, так и сапропелевой основы.

Результаты проведенных исследований в условиях отсутствия скважин глубокого бурения позволяют снизить неопределенности в оценке генерационного потенциала материнских пород и термобарических условий формирования всего осадочного комплекса и соответственно уменьшить геологические риски при проведении планируемых геолого-разведочных работ в этой части Коротаихинской впадины. Оценка исследуемой площади в целом на перспективы выявления скоплений УВ и их фазового состава требует дальнейшего изучения всех осадочных комплексов и вклада каждого из них в общий УВ-потенциал территории.

*Работа выполнена при частичной поддержке программы УрО РАН № 15-18-5-21 и гранта РФФИ № 16-35-00278 мол\_a*



## Литература / References

1. Анищенко Л.А., Клименко С.С., Рябинина Н.Н., Рябинкин С.В., Малышев Н.А., Куплевич И.Л., Захаров А.А., Прозоров С.Ф., Антонов В.И., Иванов В.В., Кузнецов Н.И., Юдин В.М. Органическая геохимия и нефтегазоносность пермских отложений севера Предуралья. – СПб.: Наука, 2004. – 214 с.  
*Anischenko L.A., Klimenko S.S., Ryabinina N.N., Ryabinkin S.V., Malyshev N.A., Kuplevich I.L., Zakharov A.A., Prozorov S.F., Antonov V.I., Ivanov V.V., Kuznetsov N.I., Yudin V.M. Organic geochemistry of Permian deposits of Pre-Ural fore deep North. Saint-Petersburg: Nauka; 2004. 214 p.*
2. Баженова Т.К., Богословский С.А., Шапиро А.И. Геохимия палеозоя юго-западного склона Пай-Хоя и генерация углеводородов в Коротайхинской впадине // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 6. – С. 21–26.  
*Bazhenova T.K., Bogoslovskiy S.A., Shapiro A.I. Geochemistry of Paleozoic of South-Western bent of Pay-Khay Ridge and hydrocarbon generation in Korotaihinskaya depression. Razvedka i okhrana neдр. 2010;(6):21–26.*
3. Белонин М.Д., Прищепа О.М., Теплов Е.Л., Буданов Г.Ф., Данилевский С.А. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. – СПб.: Недра, 2004. – 395 с.  
*Belonin M.D., Prischeпа O.M., Teplov E.L., Budanov G.F., Danilevskiy S.A. Timan-Pechora province: geological structure, hydrocarbon potential, exploration prospects. Saint-Petersburg: Nedra; 2004. 395 p.*
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 2 000 00 (второе издание). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-V, VI – Воркута. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2005.  
*State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 2 000 00 (second edition). Polar-Ural series. Sheet Q-41-V, VI – Vorkuta. St.Petersburg: Cartographic manufacture VSEGEI; 2005.*
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-41 – Воркута. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.  
*State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Ural series. Sheet Q-41, VI – Vorkuta. St.Petersburg: Cartographic manufacture VSEGEI; 2007.*
6. Котик О.С. Геохимия органического вещества кунгурских отложений севера Предуралья // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 3–18.  
*Kotik O.S. Kungurian deposits of Pre-Ural fore deep North. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2015;10(2):3–18.*
7. Пухонто С.К. Стратиграфия и флористическая характеристика пермских отложений угольных месторождений Печорского бассейна. – М.: Научный мир, 1998. – 312 с.  
*Pukhonto S.K. Stratigraphy and floral characteristics of Permian deposits of Pechora basin coal fields. Moscow: Nauchny mir; 1998. 312 p.*
8. Санникова И.А., Кирюхина Т.А. Моделирование процессов образования углеводородов в Коротайхинской впадине Тимано-Печорского бассейна // Новые идеи в геологии нефти и газа: сб. материалов международно-практической конференции (25–26 мая 2015 г.). – М.: Изд-во МГУ, 2015.  
*Sannikova I.A., Kiryukhina T.A. Modelling the processes of hydrocarbons accumulation in Korotaihinskaya depression of Timan-Pechora basin. Novye idei v geologii nefiti i gaza: sb. materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii (May 25–26, 2015). Moscow: MSU; 2015.*
9. Хант Д. Геология и геохимия нефти и газа. – М.: Мир, 1982. – 706 с.  
*Hant D. Oil and gas geology and geochemistry. Moscow: Mir; 1982. 706 p.*
10. Bertrand R., Malo M. Source rock analysis, thermal maturation and hydrocarbon generation in the Siluro-Devonian rocks of the Gaspé Belt basin. *Bulletin of Canadian petroleum geology*. 2001;49(2):238–261.
11. Connan J. Time temperature relation in oil Genesis. *AAPG Bulletin*. 1974; 58(12):885–887.
12. Dembicki H.J., Horsfield B., Thomas T.Y.H. Source rock evaluation by pyrolysis-gas chromatography. *AAPG Bulletin*. 1983;67(7):1094–1103.
13. Dembicki H.J. Three common source rock evaluation errors made by geologists during prospect or play appraisals. *AAPG Bulletin*. 2009;93(3):341–356
14. Farhaduzzaman Md., Abdullah W.H., Islam Md.A. Depositional environment and hydrocarbon source potential of the Permian Gondwana coals from the Barapukuria Basin, Northwest Bangladesh. *International Journal of Coal Geology*. 2012;90–91:162–179.
15. Killops S.D., Funnell R.H., Suggate R.P., Sykes R., Peters K.E., Walters C., Woolhouse A.D., Weston R.J., Boudou J.-P. Predicting generation and expulsion of paraffinic oil from vitrinite-rich coals. *Organic Geochemistry*. 1998;29:1–21
16. Larter S.R., Douglas A.G. A pyrolysis-gas chromatographic method for kerogen typing. In: A.G. Douglas, J.R. Maxwell, eds. *Advances in Organic Geochemistry*, 1979. Oxford: Pergamon Press; 1980. pp. 579–583.
17. Peters K.E., Cassa M.R. Applied source rock geochemistry. *AAPG Memoir* 60. 1994. Available at: <http://course.xsyu.edu.cn/sydz/ydwx/02/applied%20source%20rock%20geochemistry.pdf> (accessed 20.01.2017).
18. Philp R.P., Gilbert T.D. Biomarker distributions in Australian oils predominantly derived from terrigenous source material. *Organic Geochemistry*. 1986;10(1–3):73–84.
19. Semkiwa P., Kalkreuth W., Utting J., Mpanju F., Hagemann H. The geology, petrology, palynology and geochemistry of Permian coal basins in Tanzania: 2. Songwe-Kiwira Coalfield. *International Journal of Coal Geology*. 2003;55:157–186.



## GEOCHEMICAL SURVEYS

20. Thompson S., Cooper B., Morely R.J., Barnard P.C. Oil generating coals. Petroleum Geochemistry in Exploration of the Norwegian Shelf. In: Thomas B.M., ed. Proceedings of a Norwegian Petroleum Society (NPF) conference, Organic Geochemistry in Exploration of the Norwegian Shelf; Stavanger, Norway. 22–24 Oct 1984. – London: Graham & Trotman; 1985.

21. Tissot B.T., Welte D.H. Petroleum Formation and Occurrences. Berlin: Springer Verlag; 1984. 699 p.

22. Vinchet P.W., Mortinore I.R., McKirdy D.M. Hydrocarbon generation, migration and entrapment in the Jackson-Naccowlah area, ATP 259, Sothwestern Queensland. *The APEA Journal*. 1985;(25):62–84.

ПРИГЛАШАЕМ  
НА КОМПЛЕКС ВЫСТАВОК

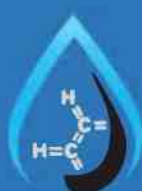
22–24  
НОЯБРЯ

КРАСНОЯРСК  
2017



XXV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА  
АВТОМАТИЗАЦИЯ. СВЕТОТЕХНИКА

VIII СИБИРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ



Крупнейшая за Уралом  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**Нефть. Газ. Химия**

2016 ИТОГИ  
ВЫСТАВКИ:

5103 специалиста отрасли из 877 компаний  
90 экспонентов из разных городов  
и регионов России

0+

 **www.krasfair.ru**

**МВДЦ «Сибирь»**  
ул. Авиаторов, 19  
тел.: (391) 22-88-513, 22-88-401  
kashirina@krasfair.ru