

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/26_2017

УДК 550.42:551.734.5(470.13)

Бушнев Д.А., Плотицын А.Н., Груздев Д.А., Бурдельная Н.С.ФАНО Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, boushnev@geo.komisc.ru

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ФАМЕНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА (РАЗРЕЗ НА Р. ИЗЪЯЕЛЬ)

*Представлены новые данные о происхождении и катагенезе органического вещества, стратиграфии и условиях формирования фаменских кремнисто-глинисто-карбонатных отложений гряды Чернышева на р. Изъяель. Исследуемые отложения, согласно существующим палеофациальным реконструкциям, а так же новым литологическим и биостратиграфическим (по конодонтам) данным, сформировались в глубоководно-шельфовых обстановках западного борта Кожимской внутришельфовой впадины в фазы *serpida* и *marginifera*. Генерационный потенциал нефтематеринских кремнистых аргиллитов пород реализован практически полностью. Новые данные важны для понимания процессов генерации углеводородов при реализации потенциала нефтематеринских пород прошедших главную фазу нефтеобразования.*

Ключевые слова: органическое вещество, фаменский ярус, кремнисто-глинисто-карбонатные отложения, конодонты, гряда Чернышева.

Введение

Верхнедевонские отложения в южной части гряды Чернышева протягиваются в виде узкой прерывистой полосы вдоль восточной части Сынинского блока по крыльям антиклинальных складок внутри Изъяюсской и Вангырской чешуй [Тимонин, 1975; Юдин, 1994]. Верхний девон в этой части Предуралья краевого прогиба характеризуется преимущественно глинисто-карбонатными и кремнисто-глинисто-карбонатными отложениями, сформировавшимися в глубоководно-шельфовых обстановках западного борта Кожимской внутришельфовой впадины [Соболев, 2005]. Вскрываются они в естественных обнажениях по левым притокам рр. Косью и Вангыр. Наиболее детально со стратиграфической точки зрения в этой фациальной зоне охарактеризованы франско-фаменский и девонско-каменноугольный пограничные интервалы в разрезах на рр. Вангыр, Изъяю и Изъяель ([Першина, 1957; Елисеев, 1963; Першина и др., 1971; Соболев, Журавлев, 1994; Sobolev, Zhuravlev, Tsyganko, 2000; Цыганко, 2011; Плотицын, Груздев, 2016] и др.). В то же время средней части фаменского яруса уделено значительно меньше внимания, а если эти отложения и рассматриваются, то лишь в общих чертах. Одним из наиболее представительных разрезов фаменского яруса не только южной части гряды Чернышева, но и всего складчатого обрамления Косью-Роговской впадины является разрез на р. Изъяель,

который в силу своей полноты представляет несомненный научный интерес.

Органическое вещество (ОВ) нефтематеринских отложений Тимано-Печорского бассейна в целом и гряды Чернышева в частности являлось объектом многочисленных исследований ([Баженова и др., 2008; Прищеп, Баженова, Богацкий, 2011; Бушнев, Бурдельная, 2015; Рябинкина, Валяева, Рябинкин, 2015; Котик и др., 2016; Рябинкина, Валяева, 2017] и др.). Известно, что одним из основных нефтеносных комплексов Тимано-Печорского бассейна является доманиково-турнейский, который содержит доманиково-доманикитную нефтематеринскую толщу, включающую в себя отложения среднего франа и фамена [Баженова и др., 2008]. Согласно схемам катагенеза [Баженова и др., 2008], в разрезе р. Изьяель ожидалась породы, содержащие ОВ стадии катагенеза МК₃-АК₁. Изучение состава ископаемого ОВ высоких стадий катагенеза важно для понимания процессов генерации углеводородов при реализации потенциала нефтематеринских пород прошедших главную фазу нефтеобразования. Расширение выборки пород, прошедших эту фазу способствует уточнению модели преобразования структуры керогена при созревании ОВ. Кроме того, формирование высокоуглеродистых отложений, чаще всего в различной степени кремнистых аргиллитов или так называемых «черных сланцев», в глубоководно-шельфовых обстановках происходило в периоды наиболее высокого положения уровня моря [Беляева, Корзун, Петрова, 1998]. Подобные «черносланцевые» интервалы разрезов, в совокупности с критическими изменениями таксономического состава организмов и/или перестройками в составе и структуре палеоэкосистем, часто рассматривают в качестве маркеров, отвечающих трансгрессивным фазам геологических событий [Корень, 2000]. В отложениях фаменского возраста, например, диагностируются следы трансгрессивных фаз глобальных геологических событий *Nehden*, *Enkeberg*, *Annulata*, *Dasberg* и *Hangenberg* [Becker, Ashouri, Yazdi, 2004] (рис. 1). Наибольшую достоверность при сопоставлении частных разрезов удаленных территорий показывают именно глобальные геологические события, учитывая их изохронность. Однако они не обеспечивают ту степень детальности, которую показывает биостратиграфия. Таким образом, комплексная геохимическая, литологическая и палеонтологическая характеристика отдельных наиболее углеродистых участков разреза на р. Изьяель, помимо вклада в понимание процессов генерации углеводородов, имеет важное стратиграфическое значение для корреляционных построений не только в Североуральском регионе, но и за его пределами (межрегиональная корреляция).

Данная работа направлена на получение детальной характеристики ОВ фаменских отложений гряды Чернышева отвечающей на вопросы реализации нефтематеринского потенциала и генетических особенностей ископаемого ОВ. Кроме того, приводится литологическая характеристика карбонатных отложений, вмещающих углеродистые разности

кремнистых аргиллитов и их стратиграфическая привязка по конодонтам.

Ярус	Горизонт [Кочеткова и др., 1988; Стратиграфические схемы..., 1993]	Зона [Ziegler et Sandberg, 1990]	Глобальное событие [Becker et al., 2004]
Турнейский	Малевский	sulcata	
	Гумеровский	praesulcata	Hangenberg
Фаменский	Лытвинский	expansa	Dasberg
	Кушелгинский	postera	Annulata
	Мурзакаевский	trachytera	
		marginifera	Enkeberg
	Макаровский	rhomboidea	Condroz
		crepida	Nehden
		triangularis	
Франский	Аскынский	linguiformis	Upper Kelwasser

Рис. 1. Стратиграфическая схема, используемая в работе

Голубые стрелки - трансгрессивные фазы глобальных событий; красные стрелки - регрессивные фазы глобальных событий; серым окрашены стратиграфические интервалы, рассматриваемые в работе.

Материал и методы

Материалы для исследования получены авторами в полевом сезоне 2015 г. при изучении разреза на р. Изъяель (юг гряды Чернышева). Пробоотбор на конодонты средней части разреза (Т.Н. 2, обнажение GER2 на рис. 2В) происходил детально, с шагом не более 1 метра (рис. 2Г). В нижней части разреза (Т.Н. 1 на рис. 2В) опробование на микрофауну проводилось избирательно, в местах отбора проб на органическую геохимию. Химическая дезинтеграция карбонатных пород и выделение конодонтовых элементов из нерастворимого остатка происходило по стандартной методике в уксусной кислоте. Всего химической дезинтеграции подвергнуто 16 проб: Т.Н. 1 – 2 пробы (И-Ё 13, И-Ё 16) и Т.Н. 2 – 14 проб (2-17, 2-20, 2-21, 2-22, 2-23, 2-24, 2-25, 2-27, 2-28, 2-29, 2-31, 2-33, 2-34 и 2-35) (см. рис. 2). Вес проб колебался в широком диапазоне от 0,2 до 1,2 кг. Фотоизображения конодонтовых элементов получены на сканирующем электронном микроскопе VEGA3 TESCAN, установленном в Институте геологии им. академика Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН (оператор С.С. Шевчук). При выполнении химико-аналитических исследований ОВ авторы придерживались методик, которые неоднократно опубликованы ранее [Бушнев, Бурдельная, Смолева, 2012; Бушнев, Бурдельная, 2013].

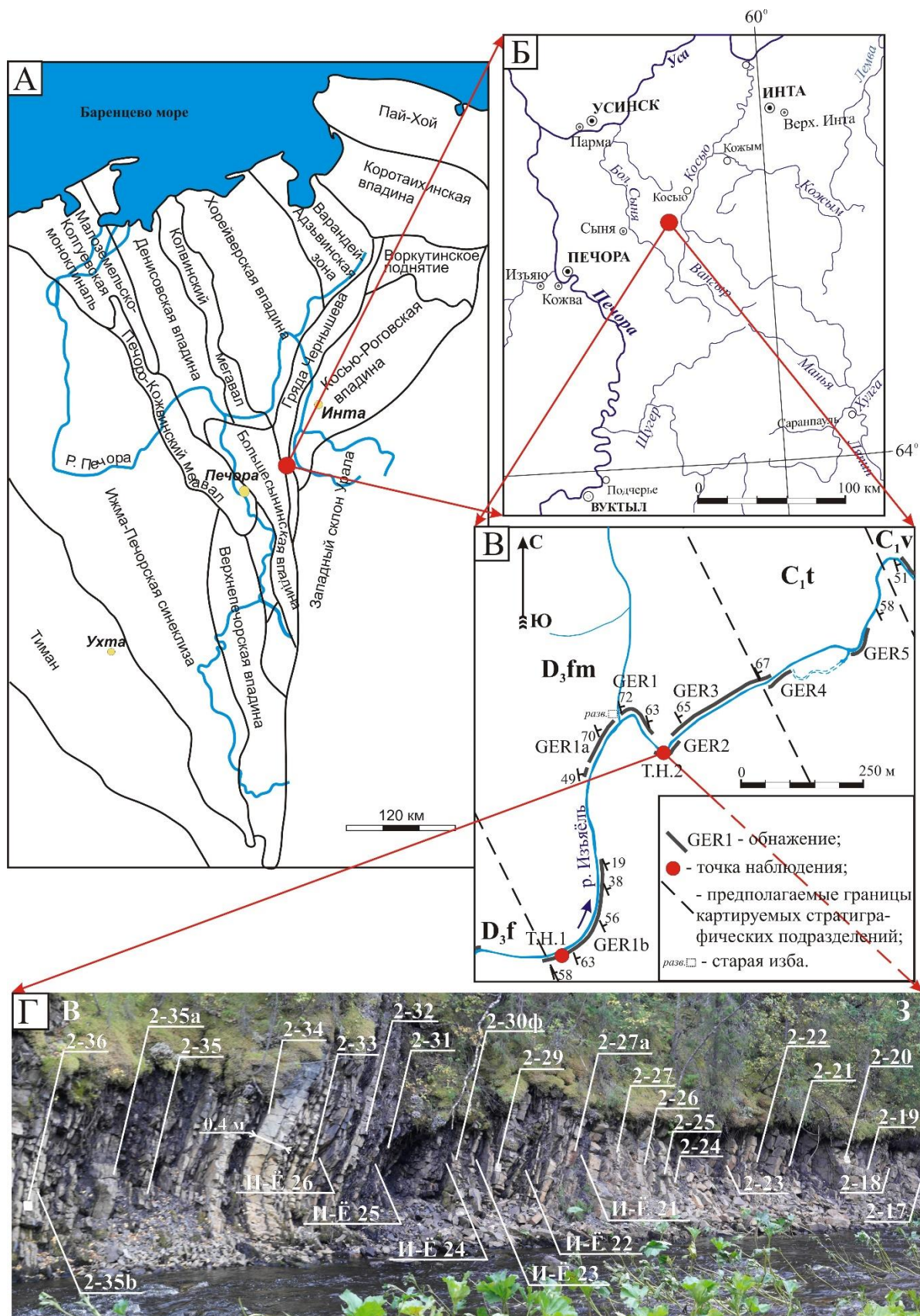


Рис. 2. Схема расположения исследуемого разреза

А – схема структурного районирования Тимано-Печорской провинции; Б – схема расположения разреза р. Изъяель; В - геологическая схема среднего течения р. Изъяель; Г - фотопанорама средней части обнажения GER2 (фото М.А. Корнея) (И-Е обр. 21 - 26 - геохимические пробы; 2-17 - 2-35 - пробы на микрофауну, сколки на шлифы и пришлифовки).

Наиболее массово (37 проб) проведено определение органического углерода (C_{org}), данные пиролиза Rock-Eval, а также элементного и изотопного состава керогена получены по 3 пробам, выделение хлороформом битумов (ХБА) и его анализ выполнены по 5 пробам. Исследования газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ), хромато-масс-спектрометрии (ХМС), GC-IRMS выполнены в ЦКП «Геонаука».

Комплексная литолого-палеонтологическая характеристика

В геологическом строении района р. Изъяель принимают участие комплексы пород от нижнего силура до нижней перми, характеризующиеся широким фациальным спектром. Разрез фаменского яруса расположен в среднем течении р. Изъяель по обоим её берегам, приблизительно в 30 км на Ю-ЮВ от ст. Косью и в 14 км вверх по течению от места слияния с р. Косью (рис. 2Б). Фаменские отложения образуют здесь выходы в виде протяженных обнажений в бортовых частях долины реки (обнажения GER1 - GER3) (рис. 2В). Рассматриваемые в работе фрагменты разреза приурочены к обнажениям GER1b и GER2. Географические координаты обнажений: GER1b ($65^{\circ}21'37''$ с.ш.; $58^{\circ}40'57''$ в.д.) и GER2 ($65^{\circ}21'49''$ с.ш.; $58^{\circ}41'12''$ в.д.).

Краткая литологическая характеристика

Фаменский ярус на р. Изъяель характеризуется повышенной мощностью отложений (более 400 м) относительно смежных разрезов на рр. Вангыр и Изъяю (от 120 до 240 м) [Елисеев, 1960; Першина, 1962], несмотря на их географическую близость и глубоководные условия формирования. Нижняя часть фамена (обнажения GER1, GER1a и GER1b) представлена глинисто-карбонатными отложениями, преимущественно сильно глинистыми известняками и аргиллитами известковистыми, с прослоями обломочных известняков. Обломочные известняки имеют, вероятно, турбидитное происхождение, которое отчетливо диагностируются по текстурно-структурным особенностям характерным для цикла Боума [Bouma, 1962]. Верхняя часть (обнажения GER2 и GER3) представлена конденсированными депрессионными кремнисто-глинисто-карбонатными осадками, где, в отличие от подстилающих отложений, в глинистых и обломочных известняковых разностях отмечается значительная степень окремнения. Кроме того, присутствует ряд уровней грубообломочных пород (гравелиты, брекчии, конглобрекчии), которые имеют, вероятно, обвальное-оползневую природу [Груздев, Плотицын, Бушнев, 2015; Плотицын, Груздев, 2016]. Этот факт указывает на склоновые условия формирования данных отложений в пределах западного борта относительно глубоководной Кожимской внутришельфовой палеовпадины и объясняет их повышенную мощность. На палеофациальном профиле, как и в современном географическом плане, разрез на р. Изъяель занимает промежуточное положение между разрезами на рр.

Изъяю и Вангыр [Соболев, 2005; Sobolev et al., 2000].

Комплексы пород, формирующие исследуемые наиболее битуминозные участки разреза (Т.Н.1 и 2 в обнажениях GER1b и GER2 на рис. 2B), представлены преимущественно глинистыми известняками, пелитоморфными известняками с примесью полибиокластового материала и обломочными известняками (биокластовыми, литокластовыми и их вариациями) темно-серого до серого цвета. Текстура известняков массивная, узловатая, микрослоистая горизонтальная или косая (в прикровельных частях некоторых обломочных разностей). Распределение кластического материала либо неравномерно, либо демонстрирует уменьшение размеров форменных элементов от подошвенных частей слоев к кровельным, обуславливая образование градационной текстуры. Состав биокластического материала достаточно разнообразен и представлен как цельными, так и фрагментарными скелетными остатками иглокожих, брахиопод, остракод, губок, радиолярий, водорослей, конодонтов. Размер большей части форменных элементов колеблется от тонкого-мелкого до шламового. Встречаются участки, содержащие биокластовый материал до грубой размерности, представленный в основном тонкостенными створками раковин брахиопод (до 3,0 мм – возможно ювенильные), цельными раковинами остракод (до 1,0 мм), члениками криноидей. Карбонатные разности чередуются с содержащимися в подчиненном количестве кремнистыми и/или известковистыми аргиллитами со сланцеватой отдельностью.

Биостратиграфия

Рассматриваются два наиболее перспективных для проведения исследования ОВ высокоуглеродистых интервала фаменской части разреза на р. Изъяель (Т.Н.1 и 2 в обнажениях GER1b и GER2 на рис. 2B). Датировка этих интервалов разреза основывается на определениях конодонтов. Ниже приведены общая палеонтологическая характеристика, таксономический состав конодонтов и данные биостратиграфического анализа.

Известняки (слои с образцами И-Ё 13 и И-Ё 16), переслаивающиеся с опробованными углеродистыми кремнистыми аргиллитами в Т.Н. 1, содержат остатки раковин замковых и беззамковых брахиопод, фрагменты иглокожих, ядра и створки раковин остракод, радиолярий и многочисленные конодонтовые элементы. Комплекс выделенных конодонтов характеризуется следующим таксономическим составом: *Palmatolepis quadratinodosalobata praeterita* Schülke, *Palm. perlobata* Ulrich et Bassler, *Palm. subperlobata* Branson and Mehl, *Palm. delicatula platys* Ziegler et Sandberg, *Palm. delicatula delicatula* Branson and Mehl, *Mehlina strigosa* (Branson and Mehl) и *Uncadina uncadinoides* (Dzik) (рис. 3). Совместное нахождение вышеперечисленных таксонов характерно для зоны *crepida* стандартной конодонтовой зональности [Ziegler, Sandberg, 1990].

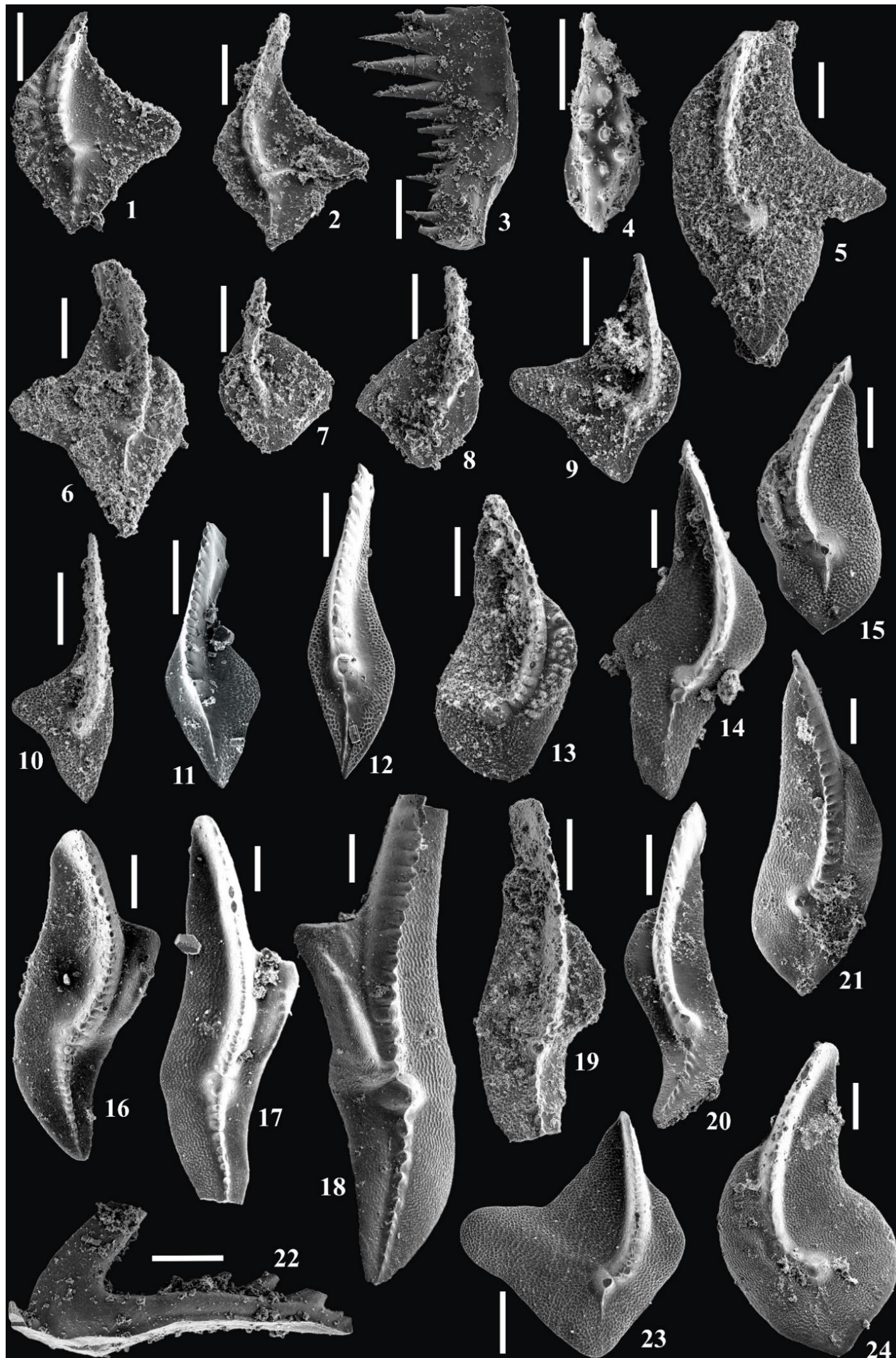


Рис. 3. Характерные конодонты из карбонатных отложений р. Изьяель

1 - *Palmatolepis quadratinodosalobata praeterita* Schülke, колл. № 512/5-40, проба И-Ё 13; 2 - *Palmatolepis quadratinodosalobata praeterita* Schülke, колл. № 512/5-42, проба И-Ё 13; 3 - *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), колл. № 512/5-39, проба И-Ё 13; 4 - *Icriodus alternatus* (Branson and Mehl), колл. № 512/5-43, проба И-Ё 13; 5 - *Palmatolepis perlobata* Ulrich et Bassler, колл. № 512/5-47, проба И-Ё 16; 6 - *Palmatolepis subperlobata* Branson and Mehl, колл. № 512/5-41, проба И-Ё 13; 7 - *Palmatolepis delicatula platys* Ziegler et Sandberg, колл. № 512/5-48, проба И-Ё 16; 8 - *Palmatolepis delicatula delicatula* Branson and Mehl, колл. № 512/5-49, проба И-Ё 16; 9 - *Palmatolepis linguiloba* (Dzik), колл. № 512/5-52, проба 2-17; 10 - *Palmatolepis minuta loba* Helms, колл. № 512/5-54, проба 2-17; 11 - *Palmatolepis minuta minuta* Branson and Mehl, колл. № 512/5-61, проба 2-31; 12 - *Palmatolepis minuta subtilis* Chalimbadzha et Tschernyscheva, колл. № 512/5-68, проба 2-31; 13 - *Palmatolepis quadratinodosa* Branson and Mehl, колл. № 512/5-55, проба 2-35; 14 - *Palmatolepis tenuipunctata* Sannemann, колл. № 512/5-59, проба 2-31; 15 - *Palmatolepis marginifera marginifera* Helms, колл. № 512/5-60, проба 2-31; 16 - *Palmatolepis glabra glabra* Ulrich et Bassler, колл. № 512/5-70, проба 2-31; 17 - *Palmatolepis glabra lepta* (Ziegler et Huddle), колл. № 512/5-66, проба 2-31; 18 - *Palmatolepis glabra acuta* Helms, колл. № 512/5-65, проба 2-31; 19 - *Palmatolepis glabra prima* Ziegler et Huddle, колл. № 512/5-71, проба 2-27; 20 - *Palmatolepis glabra pectinata* Ziegler, колл. № 512/5-67, проба 2-35; 21 - *Palmatolepis inflexa* Muller, колл. № 512/5-63, проба 2-35; 22 - *Uncadina uncadinoides* (Dzik), колл. № 512/5-51, проба И-Ё 16; 23 - *Palmatolepis lobicornis* Schulke, колл. № 512/5-58, проба 2-31; 24 - *Palmatolepis stoppeli* Sandberg et Ziegler, колл. № 512/5-57, проба 2-31. Длина мерных линий 0,2 мм.

Зона *crepida* по своему стратиграфическому объему сопоставима с нижней частью макаровского горизонта фаменского яруса субрегиональной стратиграфической схемы девонских отложений западного Урала [Стратиграфические схемы..., 1993] (см. рис. 1).

Из известняковых разностей обнажения GER2 (слои с образцами 2-17, 2-20, 2-21, 2-23, 2-24, 2-25, 2-27, 2-31, 2-33, 2-35) (см. рис. 2Г) выделен более представительный комплекс конодонтов, наряду с которым отмечено присутствие остатков криноидей, остракод, брахиопод, радиолярий и ихтиофауны.

Комплекс конодонтов представлен следующими таксонами: *Palmatolepis linguiloba* (Dzik), *Palm. minuta loba* Helms, *Palm. minuta minuta* Branson and Mehl, *Palm. minuta subtilis* Chalimbadzha et Tschernysheva, *Palm. quadrantinodosa* Branson and Mehl, *Palm. tenuipunctata* Sannemann, *Palm. marginifera marginifera* Helms, *Palm. glabra glabra* Ulrich et Bassler, *Palm. glabra lepta* (Ziegler et Huddle), *Palm. glabra acuta* Helms, *Palm. glabra prima* Ziegler et Huddle, *Palm. glabra pectinata* Ziegler, *Palm. inflexa* Muller, *Palm. lobicornis* Schulke и *Palm. stoppeli* Sandberg et Ziegler (см. рис. 3). Анализируя стратиграфическое распространение вышеперечисленных представителей рода *Palmatolepis*, можно сделать вывод о том, что они характеризуют зону *marginifera* стандартной конодонтовой зональности [Ziegler, Sandberg, 1984]. Зона *marginifera* по своему стратиграфическому объему соответствует самым верхам макаровского и низам мурзакаевского горизонтов фаменского яруса субрегиональной стратиграфической схемы девонских отложений западного Урала [Стратиграфические схемы..., 1993] (см. рис. 1).

В пределах стратиграфических интервалов, отвечающих конодонтовым зонам *crepida* и *marginifera*, в разрезах различных регионов мира диагностируются следы двух значительных повышений уровня моря [Johnson, Klapper, Sandberg, 1985]. Они рассматриваются в качестве трансгрессивных фаз глобальных геологических событий Nehden и Enkeberg (см. рис. 1). Более подробное литологическое, палеонтологическое и геохимическое исследование рассматриваемых в работе участков разреза позволит в перспективе впервые дать детальную характеристику следов проявления глобальных событий Nehden и Enkeberg в глубоководно-шельфовых разрезах Североуральского региона.

Индекс окраски конодонтов

Индексы окраски конодонтов (ИОК) из нижнефаменских и среднефаменских отложений в целом одинаковы и характеризуются значениями 3-3,5 [Epstein, Epstein, Harris, 1977]. Полученные значения ИОК указывают на то, что вмещающие породы подверглись термальному воздействию, при котором средние температуры колебались в пределах 160-205°C [Jones, 1992]. Незначительные изменения ИОК внутри рассматриваемых стратиграфических интервалов объясняются разностью состава и степени

перекристаллизации вмещающих конодонтовые элементы отложений, которые необходимо учитывать для получения максимально корректных результатов. Конодонты из глинистых и сильно перекристаллизованных известняков, показывают заниженные значения индекса окраски, относительно конодонтов из слабо преобразованных или неизмененных карбонатных пород [Zhuravlev, 2001]. Конодонты, выделенные из отложений, насыщенных ОВ, как правило, характеризуются повышенными значениями. В целом, полученные значения ИОК и температурный диапазон отвечают стадиям катагенеза МК₃-МК₄ [Журавлев, 2017].

Органическая геохимия отложений

Для изучения нефтематеринских свойств пород фамена в разрезах р. Изъяель выполнен комплексный анализ состава ОВ. Для характеристики ОВ в изучаемом разрезе необходимо изучить распределение органического углерода по литотипам пород разреза, установить градиацию катагенеза ОВ, выявить генетические признаки ископаемого ОВ, а также оценить возможное влияние гипергенеза на состояние ОВ в породах, выведенных на дневную поверхность.

Содержание органического углерода и извлекаемых хлороформом битумов

Анализ содержания Сорг в породах сланцевого облика из данного разреза показал, что обычные концентрации составляют 1,02-6,28%. В среднем в аргиллите содержится 2,3% Сорг (всего 18 проб). Содержание Сорг в известняках ниже, чем в аргиллитах. Его содержание в известняках глинистых/малоглинистых лежит в интервале 0,05-0,91%, в среднем для 19 проб известняков Сорг составляет 0,34 %. Экстракция ХБА из пород разреза Изъяель показала, что они содержат низкие концентрации, которые составляют 0,01-0,15%. Величина отношения β^{XB} варьирует в исследуемых образцах от 1,5 до 3,5% (7,2% в единственном образце). Значения β^{XB} основной массы образцов являются характерными для интервала МК₃-МК₅ нефтематеринских пород нижнего палеозоя Тимано-Печорской провинции [Баженова и др., 2008]. Битумоид, согласно результатам группового анализа, содержит высокие концентрации масел (до 70%), представленных алифатическими и ароматическими углеводородами, пониженные концентрации смол и минимальные концентрации асфальтенов. Эти признаки битумоида также позволяют говорить о нём как о битумоиде пород высокого катагенетического уровня.

Данные пиролиза Rock-Eval

Для анализа генерационного потенциала отложений и оценки катагенеза ОВ для пиролиза Rock-Eval отобрано 3 образца углеродистых аргиллитов (табл. 1). Значения водородного индекса HI, показателей S₁ и S₂ свидетельствуют о том, что генерация углеводородов в исследуемых отложениях в основном завершена, при этом значения

кислородного индекса ОI в двух образцах из исследованных характеризуются неожиданно повышенными для таких высоких стадий катагенеза значениями. Единственный образец, где значения величины T_{\max} и величин HI и OI не противоречивы (И-Ë 12), содержит наибольшую среди исследованных пород концентрацию Сор_г, которая составляет 6,3%. Видимо значительные величины кислородного индекса и «сомнительные» значения T_{\max} отвечают гипергенному окислению ОВ в приповерхностных условиях. Значение T_{\max} для образца И-Ë 12 составляет 477°C, что соответствует величине отражательной способности витринита Ro примерно 1,5%, то есть границе градаций МК₄-МК₅.

Состав битумоида

Анализ алифатической фракции битумоида, выполненный методами ГЖХ и ХМС показал значительное доминирование в составе основной части битумоидов *n*-алканов, характеризующихся «гладким» распределением с максимумом, приходящимся на углеводороды состава C₁₄-C₁₆ (рис. 4). Отношение Pr/Ph в исследованных образцах изменяется в диапазоне от 2 до 3 (2.4 в среднем). В образце И-Ë 24 обнаружен битумоид, имеющий признаки начальных этапов бидеградации, а именно частично утративший низкомолекулярные *n*-алканы, здесь доминируют изопреноидные углеводороды.

Состав алициклических биомаркеров и ароматических компонентов битумоида изучался методом ХМС. Концентрации таких традиционных биомаркеров как стерановые и терпановые углеводороды в битумоидах крайне низка, поэтому в тех случаях, когда их пики поддаются интегрированию, результаты могут быть не вполне надёжными, поэтому они не приведены в статье.

Ароматические углеводороды рядов нафталина и фенантрена могут использоваться для оценки степени термической зрелости ископаемого ОВ и нефтей. Широко известны работы М. Radke с коллегами [Radke, Welte, Willsch, 1986], посвящённые этим соединениям. На основании данных о распределении метилфенантронов в ароматической фракции битумоида был рассчитан предложенный [Radke, Welte, Willsch, 1986] коэффициент MPI-1, который имеет, как известно, корреляцию с величиной Ro, выражаемую как зависимость:

$$\text{для MPI-1 равного } 1,5 \cdot (2 \cdot \text{MP} + 3 \cdot \text{MP}) / (\text{P} + 1 \cdot \text{MP} + 9 \cdot \text{MP})$$

$$R_c = 0,6 \cdot \text{MPI-1} + 0,4 \text{ [Radke, Welte, Willsch, 1986].}$$

Полученные (табл. 1) нами данные указывают на значения Ro равные 1,24-1,28% и лишь в одном получена цифра 0,97% (И-Ë 24). При этом в области высоких стадий катагенеза известна инверсия этой зависимости, происходящая примерно в области 1,35% Ro. Таким образом, возможная интерпретация значений MPI-1 состоит в том, что термическая зрелость ОВ фаменских отложений лежит в интервале 1,2 – 1,5% Ro.

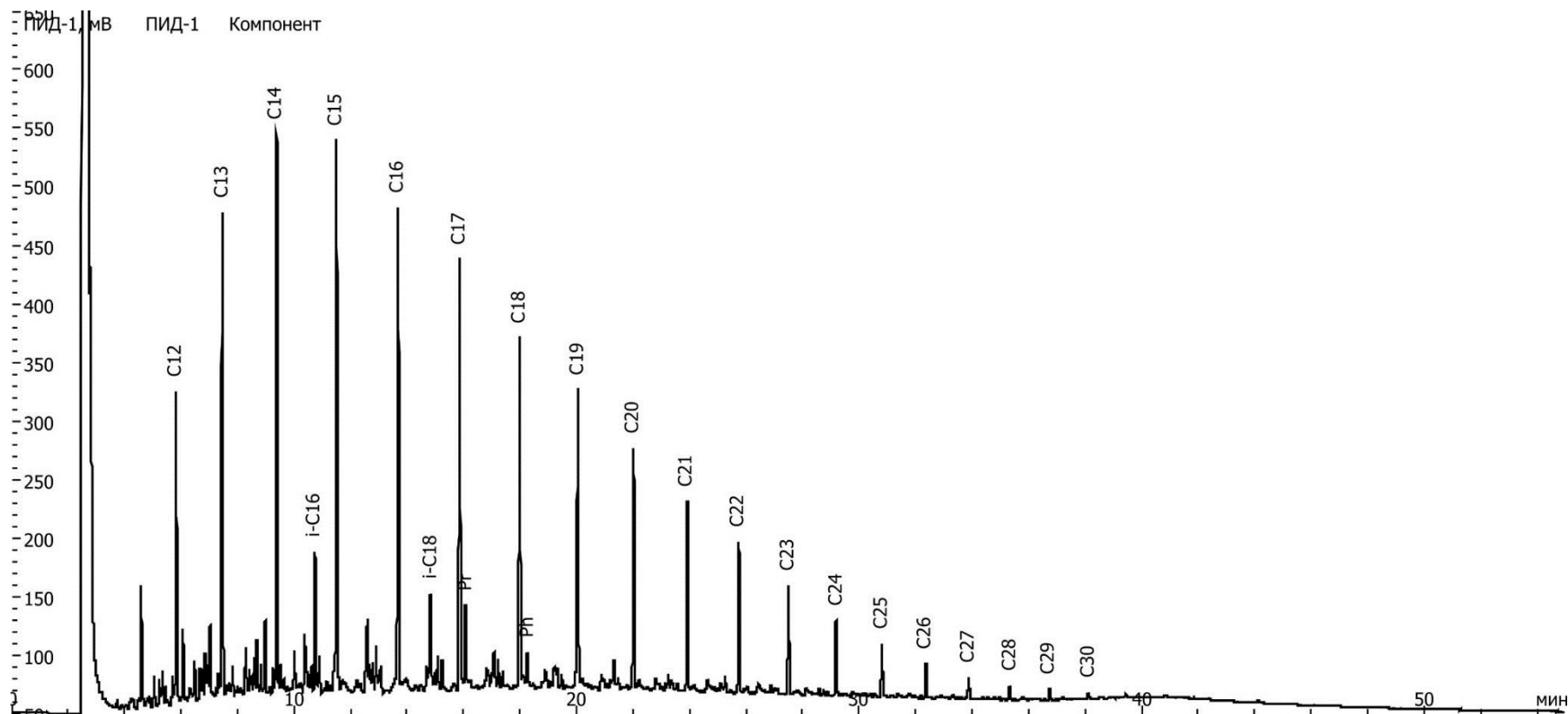


Рис. 4. Хроматограмма алифатической фракции битумоида Изьяель-12

Таблица 1

Геохимическая характеристика пород фаменской части разреза на р. Изьяель

Образец	И-Ё - 12	И-Ё - 17	И-Ё - 18	И-Ё - 24	И-Ё - 26
возраст	D ₃ fm ₁	D ₃ fm ₁	D ₃ fm ₁	D ₃ fm ₂	D ₃ fm ₂
литология	сланец глинисто-карбонатный, окремнённый	сланец глинисто-карбонатный, окремнённый	сланец глинисто-карбонатный, окремнённый	сланец глинисто-карбонатный	сланец глинисто-карбонатный
Валовая характеристика					
C _{орг} , %	6,28	1,77	1,48	3,94	2,22
ХБА, %	0,095	0,055	0,035	0,056	0,159
β ^{ХБ} , %	1,5	3,1	2,4	1,4	7,2
Данные Rock-Eval					
S1, мг/г	0,86	0,24		0,34	
S2, мг/г	5,32	1,22		3,58	
PI	0,14	0,17		0,09	
T _{max} , °C	477	441		446	
ТОС, %	7,04	1,3		5,57	
HI, мг Ув/г ТОС	76	94		64	
OI, мг CO ₂ /г ТОС	5	49		45	
Состав углеводов битумоида					
Pr/Ph	2,17	2,56	2,40		3,00
Pr/C17	0,20	0,65	0,73		0,79
Ph/C18	0,11	0,30	0,35		0,33
2*C17/C16+C18	1,06	1,05	1,08		1,15
2*C27/C26+C28	0,86	0,91	0,91		0,85
MPI-1	1,52	1,46	1,45	1,00	1,46
Ro	1,28	1,24	1,24	0,97	1,25
MPDF	0,68	0,61	0,62	0,57	0,63
Rc	1,35	1,20	1,23	1,11	1,25
Изотопный состав углерода δ ¹³ C, ‰					
Кероген	-27,3		-29,2	-29,7	
Битумоид	-27,7	-29,0	-28,6	-29,9	-30,2
Элементный состав керогена					
H/C	0,66		0,62	0,62	
O/C	0,047		0,052	0,13	

Близкородственный к MPI-1 показатель MPDF даёт схожую оценку зрелости ископаемого ОБ. Согласно ему, значения Ro лежат в пределах 1,11-1,35% (см. табл. 1):

для MPDF равного $(2-MP + 3-MP)/(2-MP + 3-MP + 1-MP + 9-MP)$

$$R_c = 2,24 * MPDF - 0,166 \text{ [Kvalheim et al., 1987].}$$

Состав керогена

Результаты элементного анализа керогена (см. табл. 1) свидетельствуют об истощённости ОБ. Так, значения отношения Н/С составляют в исследованных образцах 0,62-0,66. Известно, что это отношение убывает с ростом термической зрелости ОБ пород. Изначально величина Н/С составляет примерно 1,5 для керогена I типа, 1,3 – для керогена II типа и, около 0,9 для керогена III типа. Измеренные значения позволяют классифицировать образцы как достигшие стадии МК₄-МК₅. Рассмотрение данных по содержанию кислорода в пробах керогена показало, что в двух образцах атомное отношение О/С составляет примерно 0,05, а в одном повышено до 0,13. Образец И-Ё 24, где и зафиксировано это повышенное содержание кислорода, показывает и достаточно высокое значение ОI (45 мг СО₂/ г С_{орг}) по данным пиролиза Rock-Eval. Значения отношения О/С близкие к 0,05 являются вполне характерными для ОБ высоких стадий катагенеза, а отношение 0,13 выбивается из известных зависимостей.

Ответ на вопрос, что же это за кислород, присутствующий в керогене И-Ё 24 в повышенной концентрации отчасти становится известен из результатов исследования концентрата ОБ методом ИК-спектроскопии. В этом образце отмечается наличие полосы при 1700 см⁻¹, отвечающей валентным колебаниям карбонильной группы. Общей характеристикой трёх исследованных образцов керогена является крайне низкая интенсивность полосы валентных колебаний С-Н алифатических групп (-СН₃, -СН₂-, =СН-) при 2800-2900 см⁻¹. Наибольшая интенсивность характерна для полосы валентных колебаний ароматического ядра при 1600 см⁻¹.

Изотопный состав углерода

Изотопный состав углерода (ИСУ) нефракционированного битумоидов показывает некоторое различие между нижним и средним фаменом. Для битумоида нижнего фамена оказались характерными значения $\delta^{13}\text{C}$ в интервале -27,7-29,0‰, а для среднего фамена получены цифры -29,9-30,2‰. Эта же тенденция подтверждена при исследовании ИСУ индивидуальных алканов битумоида в образцах И-Ё 12 и И-Ё 26 (рис. 5). Углерод алканов битумоида из нижнего фамена тяжелее на 0,7‰ углерода алканов битумоида из среднего фамена. Сопоставление полученных данных с результатами изучения ИСУ индивидуальных алканов нефтей Тимано-Печорской провинции и битумоидов доманика [Бушнев, Бурдельная,

2015] показало, что изотопный профиль алканов И-Ё 26 в целом сходится с доманиковым, а И-Ё 12 не перекрывается с ним.

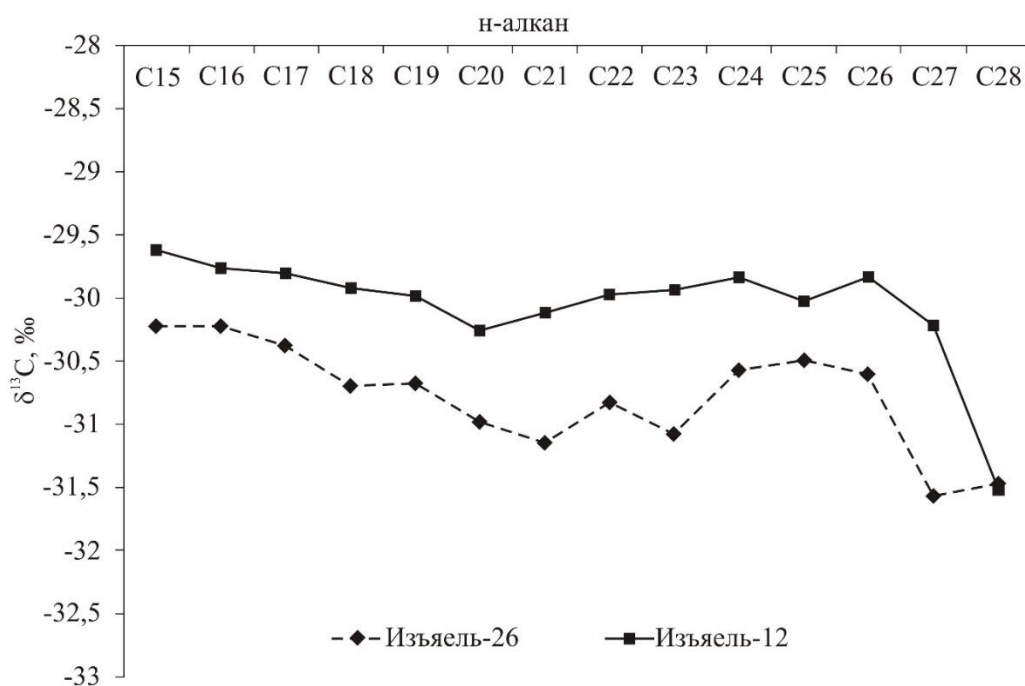


Рис. 5. Изотопные профили углерода индивидуальных алканов битумоида из разреза Изьяель

Заключение

Исследованные в настоящей работе углеродистые кремнистые аргиллиты фамена южной части гряды Чернышева, выходящие на дневную поверхность в естественных обнажениях по р. Изьяель, в основном реализовали свой нефтегазоматеринский потенциал. Комплексное исследование показателей, изменяющихся с катагенезом ОВ и отражающих этот процесс, к которым относится элементный состав керогена, индекс окраски конодонтов, распределение метилфенантронов в битумоиде и результаты пиролиза Rock-Eval, даёт основание указать, что породы фамена в разрезе р. Изьяель находятся в стадии завершения мезокатагенеза (МК₄). В отличие от данных по распределению фенантронов в битумоиде, ИОК и элементному составу керогена данные пиролиза Rock-Eval показали значительную вариативность, видимо обусловленную гипергенными изменениями в ОВ высоких стадий катагенеза пород, выходящих на дневную поверхность.

Возможности генетической интерпретации данных о составе углеводородов в существенной степени ограничены низкими концентрациями биомаркеров в пробах. Изотопные сведения отчасти восполняют этот недостаток. ИСУ углерода нефракционированного битумоида однозначно соответствует исходному ОВ аквагенного происхождения, а изотопные профили углерода индивидуальных алканов свидетельствуют о

неоднородности битумоида фаменских отложений, для части которого характерно сходство с битумоидом доманиковых отложений и продуцируемых ими нефтями. Возможное совпадение это, либо миграция углеводородов, либо повторяемость условий нафтидогенеза в отложениях позднего девона.

Немаловажным является то, что отложения исследованных интервалов фаменской части разреза на р. Изъяель генетически связаны с крупными повышениями уровня моря в фазы *crepida* и *marginifera* и могут по комплексу биостратиграфических и литологических признаков рассматриваться в качестве следов трансгрессивных фаз глобальных геологических событий Nehden и Enkeberg. Дальнейшие детальные исследования этих участков позволят более полно охарактеризовать следы проявления глобальных геологических событий Nehden и Enkeberg в глубоководно-шельфовых разрезах Североуральского региона и оценить их корреляционный потенциал.

Авторы выражают благодарность А.В. Журавлеву за рекомендации, которые способствовали улучшению статьи; М.А. Корнею, М.А. Торлопову и Г.В. Игнатьеву за помощь в проведении полевых работ; С.С. Шевчуку за качественные фотографии конодонтовых элементов на сканирующем электронном микроскопе.

Работа выполнена при частичной поддержке программ фундаментальных исследований УрО РАН 15-8-5-42, 15-11-5-29 и 15-18-5-37.

Литература

Баженова Т.К., Шиманский В.К., Васильева В.Ф., Шапиро А.И., Яковлева (Гембицкая) Л.А., Климова Л.И. Органическая геохимия Тимано-Печорского бассейна. - СПб.: ВНИГРИ, 2008. - 164 с.

Беляева Н.В., Корзун А.Л., Петрова Л.В. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы (в связи с формированием рифовых резервуаров). - СПб.: Наука, 1998. - 154 с.

Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С. Моделирование процесса нефтеобразования углеродистым сланцем доманика // Нефтехимия. - 2013. - Т. 53. - № 3. - С. 163–170.

Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С. Нефти и органическое вещество позднедевонских отложений Тимано-Печорского бассейна, сопоставление по молекулярным и изотопным данным // Нефтехимия. - 2015. - Т. 55. - № 5. - С. 375–382.

Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С., Смолева И.В. Фракционирование изотопов углерода при искусственном созревании органического вещества горючих сланцев в автоклаве в присутствии воды // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2012. - №5. - С. 15–18.

Груздев Д.А., Плотицын А.Н., Бушнев Д.А. Разрез фамена-турне на р. Изъяель (гряда Чернышева) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 24-й научной молодежной конференции. - Сыктывкар: Геопринт, 2015. - С. 51-54.

Елисеев А.И. Литология фаменских и нижнетурнейских отложений реки Вангыра (южная часть гряды Чернышева) // Сборник трудов по геологии и палеонтологии. - Сыктывкар: Коми

фил. АН СССР, 1960. - С. 127-155.

Елисеев А.И. Стратиграфия и литология каменноугольных отложений гряды Чернышева. - Л.-М.: АН СССР, 1963. - 173 с.

Журавлев А.В. Оценка степени термального катагенеза палеозойских отложений севера Пай-Хойского паравтохтона по индексам окраски конодонтов // Литосфера. - 2017. - № 1. - С. 44-52.

Корень Т.Н. Методические основы событийной стратиграфии // Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России: Методическое пособие. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. - С. 7-17.

Котик И.С., Даньщикова И.И., Котик О.С., Валяева О.В., Можегова С.В., Соколова Л.В. Литолого-геохимическая характеристика силурийских отложений Тальбейского блока гряды Чернышева // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2016. - №11. - С. 15–22.

Кочеткова Н.М., Рейтлингер Е.А., Пазухин В.Н., Авхимович В.И. Граница девона и карбона на Южном Урале // Граница девона и карбона на территории СССР. - Минск: Наука и техника, 1988. - С. 157–166.

Першина А.И. Силурийские и девонские отложения гряды Чернышева. - Л.: Изд-во АН СССР, 1962. - 122 с.

Першина А.И. Стратиграфия готландия и девона бассейнов рек Большой Сыни и Вангыра (южная часть гряды Чернышева) // Известия Коми филиала Всероссийского географического общества. - 1957. - № 4. - С. 47-56.

Першина А.И., Цыганко В.С., Щербаков Э.С., Боринцева Н.А. Биостратиграфия силурийских и девонских отложений Печорского Урала. - Л., 1971. - 129 с.

Плотицын А.Н., Груздев Д.А. Граница девонской и каменноугольной систем на р. Изъяель (юг гряды Чернышева) // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: материалы VI Всероссийской молодежной конференции. - Уфа, 2016. - С. 102-107.

Прищепа О.М., Баженова Т.К., Богацкий В.И. Нефтегазоносные системы Тимано-Печорского осадочного бассейна (включая акваториальную Печороморскую часть) // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52. - № 8. - С. 1129–1150.

Рябинкина Н.Н., Валяева О.В. Состав и органическое вещество аргиллитов нижнего карбона Печорского бассейна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2017. - Т. 12. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/1/2_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/2_2017

Рябинкина Н.Н., Валяева О.В., Рябинкин С.Б. Органическое вещество визейских угленосных отложений севера Предуральяского прогиба // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2013. - № 5. - С. 9-11.

Соболев Д.Б. Остракоды и биостратиграфия турнейского яруса севера Урала. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 113 с.

Соболев Д.Б., Журавлев А.В. Конодонты и остракоды пограничных отложений девона и карбона на р. Вангыр // Обоснование границ стратиграфических подразделений. - Сыктывкар, 1994. - С. 35-44. (Тр. Института геологии Коми НЦ УрО РАН, вып. 82).

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) / Межвед. страт. комитет России. - Екатеринбург, 1993. - 151 л. схем.

Тимонин Н.И. Тектоника гряды Чернышева (Северное Приуралье). - Л.: Наука, 1975. - 130 с.

Цыганко В.С. Девон западного склона севера Урала и Пай-Хоя (стратиграфия, принципы расчленения, корреляция). - Екатеринбург: УрО РАН, 2011. - 356 с.

Юдин В.В. Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. - Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 283 с.

Becker R.T., Ashouri A.R., Yazdi M. The Upper Devonian Annulata Event in the Shotori Range (eastern Iran) // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen. - 2004. - V. 231. - № 1. - P. 119-143.

Bouta A.H. Sedimentology of some flysch deposits // A graphic approach to facies

interpretation. - Amsterdam: Elsevier, 1962. - 168 p.

Epstein A.G., Epstein J.B., Harris L.D. Conodont Color Alteration - an Index Organic Metamorphism // U.S. Geological Survey Professional Paper. - 1977. - № 995. - P. 1-27.

Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica // Geological Society of America Bulletin. - 1985. - V. 96. - P. 567-587.

Jones G.L. Irish Carboniferous conodonts record maturation levels and the influence of tectonism, igneous activity and mineralization // Terra Nova. - 1992. - V. 4. - № 4. - P. 238-244.

Kvalheim O.M., Christy A.A., Telnæs N., Bjørseth A. Maturity determination of organic matter in coals using the methylphenanthrene distribution // Geochim. Cosmochim. Acta. - 1987. - V. 51. - P. 1883-1888.

Radke M., Welte D.H., Willsch H. Maturity parameters based on aromatic hydrocarbons: Influence of the organic matter type // Org. Geochem. - 1986. - V. 10. - P. 51-63.

Sobolev D.B., Vevel Y.A., Zhuravlev A.V., Kamzalakova S.Y. Facies and fossil associations of the Uppermost Famennian and Tournaisian deposits of the Iz'yayu river section (Tchernyshev uplift) // Ichthyolith issues special publication 6. - 2000. - P. 108-111.

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Tsyganko V.S. Stop 8. Upper Devonian-Lower Carboniferous succession on the Kozhym River // Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas. Subpolar Urals Field Trip Guidebook. - Syktyvkar, 2000. - P. 101—111. (IGCP406 Special Publication 6).

Zhuravlev A.V. Conodont alteration indexes in the Upper Permian of south Sikhote-Alin // Человек. Природа. Общество. Актуальные проблемы: материалы 12-й международной конференции молодых ученых. - 2001. - С. 648.

Ziegler W., Sandberg C. The Late Devonian Standard Conodont Zonation // Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg. - 1990. - № 121. - 115 p.

Ziegler W., Sandberg C.A. Palmitolepis-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation // Conodont biofacies and provincialism / Ed. D.L. Clark // Geological Society of America. - 1984. - № 196. - P. 179-194.

Bushnev D.A., Plotitsyn A.N., Gruzdev D.A., Burdel'naya N.S.

Federal State Institution of Science Institute of Geology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IG Komi Science Centre), Syktyvkar, Russia, boushnev@geo.komisc.ru

FAMENNIAN ORGANIC MATTER OF THE SOUTHERN PART OF THE CHERNYSHEV RIDGE (IZ'YAYOL RIVER SECTION)

The article presents new data on the stratigraphy and formation conditions of the Famennian siliceous-clayey-carbonate section and about the origin and catagenesis of the belonging organic matter of the Chernyshev Ridge on the Iz'yayol River. The investigated rocks, according to the existing paleofacial reconstructions and new lithological and biostratigraphic (conodonts) data, were formed in the deep-water shelf environment of the western slope of the Kozhym intra-shelf palaeodepression in the crepida and marginifera phases. Hydrocarbons generation potential of the deposits is almost completely realized. The new data are important for understanding of the hydrocarbon generation processes, when realizing the potential of source rocks which had entered in the oil window.

Keywords: *organic matter, Famennian, siliceous-clayey-carbonate deposits, Chernyshev Ridge.*

References

Bazhenova T.K., Shimanskiy V.K., Vasil'eva V.F., Shapiro A.I., Yakovleva (Gembitskaya) L.A., Klimova L.I. *Organicheskaya geokhimiya Timano-Pechorskogo basseyna* [Organic Geochemistry of the Timan-Pechora Basin]. St. Petersburg: VNIGRI, 2008, 164 p.

Becker R.T., Ashouri A.R., Yazdi M. The Upper Devonian Annulata Event in the Shotori Range (eastern Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen*, 2004, vol. 231, no 1, p. 119-143.

Belyaeva N.V., Korzun A.L., Petrova L.V. *Model' sedimentatsii fransko-turneyskikh otlozheniy na severo-vostoke Evropeyskoy platformy (v svyazi s formirovaniem rifovykh rezervuarov)* [The sedimentation model of the Frasnian – Tournaisian deposits of the northeast of the European platform (regarding the formation of reef reservoirs)]. St. Petersburg: Nauka, 1998, 154 p.

Bouma A.H. *Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation*. Amsterdam: Elsevier, 1962, 168 p.

Bushnev D.A., Burdel'naya N.S. *Modelirovanie protsessa nefteobrazovaniya uglerodistym slantsem domanika* [Modeling of the process of oil formation by the carbonaceous shale of the Domanik]. *Neftekhimiya*, 2013, vol. 53, no. 3, p. 163–170.

Bushnev D.A., Burdel'naya N.S. *Nefti i organicheskoe veshchestvo pozdnedevonskikh otlozheniy Timano-Pechorskogo basseyna, sopostavlenie po molekulyarnym i izotopnym dannym* [Petroleum and organic matter of the Late Devonian section of the Timan-Pechora Basin, comparison of molecular and isotopic data]. *Neftekhimiya*, 2015, vol. 55, no. 5, p. 375–382.

Bushnev D.A., Burdel'naya N.S., Smoleva I.V. *Fraktsionirovanie izotopov ugleroda pri iskusstvennom sozrevanii organicheskogo veshchestva goryuchikh slantsev v avtoklave v prisutstvii vody* [Fractionation of carbon isotopes in the artificial ripening of the organic matter of oil shales in an autoclave in the water presence]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN*, 2012, no. 5, p. 15-18.

Eliseev A.I. *Litologiya famenskikh i nizhneturneyskikh otlozheniy reki Vangyra (yuzhnaya chast' gryady Chernysheva)* [Lithology of the Famennian and Lower Tournaisian deposits of the Vangyr River section (the southern part of the Chernyshev Ridge)]. *Sbornik trudov po geologii i paleontologii*. Syktyvkar: Komi fil. AN SSSR, 1960, p. 127-155.

Eliseev A.I. *Stratigrafiya i litologiya kamennougol'nykh otlozheniy gryady Chernysheva* [Stratigraphy and lithology of the Carboniferous section of the Chernyshev Ridge]. Leningrad; Moscow: AN SSSR, 1963, 173 p.

Epstein A.G., Epstein J.B., Harris L.D. *Conodont Color Alteration - an Index Organic*

Metamorphism. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1977, no. 995, p. 1-27.

Gruzdev D.A., Plotitsyn A.N., Bushnev D.A. *Razrez famena-turne na r. Iz'yael' (gryada Chernysheva)* [Famennian-Tournaisian sequences of the Iz'yayol River section (Chernyshev Ridge)]. Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: materialy 24 nauchnoy molodezhnoy konferentsii. Syktyvkar: Geoprint, 2015, p. 51-54.

Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. Geological Society of America Bulletin, 1985, vol. 96, p. 567-587.

Jones G.L. Irish Carboniferous conodonts record maturation levels and the influence of tectonism, igneous activity and mineralization. Terra Nova, 1992, vol. 4, no. 4, p. 238-244.

Kochetkova N.M., Reytlinger E.A., Pazukhin V.N., Avkhimovich V.I. *Granitsa devona i karbona na Yuzhnom Urale* [The Devonian and Carboniferous boundary in the Southern Urals]. Granitsa devona i karbona na territorii SSSR. Minsk: Nauka i tekhnika, 1988, p. 157-166.

Koren' T.N. *Metodicheskie osnovy sobytiynoy stratigrafii* [Methodical basics of event stratigraphy]. Ispol'zovanie sobytiyno-stratigraficheskikh urovney dlya mezhhregional'noy korrelyatsii fanerozoia Rossii: Metodicheskoe posobie. St. Petersburg: VSEGEI, 2000, p. 7-17.

Kotik I.S., Dan'shchikova I.I., Kotik O.S., Valyaeva O.V., Mozhegova S.V., Sokolova L.V. *Litologo-geokhimicheskaya kharakteristika siluriyskikh otlozheniy Tal'beyskogo bloka gryady Chernysheva* [Lithological and geochemical characterization of the Silurian sequences in the Talbeysky block of the Chernyshev Ridge] Vestnik IG Komi NTs UrO RAN, 2016, no. 11, p. 15-22.

Kvalheim O.M., Christy A.A., Telnæs N., Bjørseth A. Maturity determination of organic matter in coals using the methylphenanthrene distribution. Geochim. Cosmochim. Acta, 1987, vol. 51, p. 1883-1888.

Pershina A.I. *Siluriyskie i devonskie otlozheniya gryady Chernysheva* [Silurian and Devonian deposits of the Chernyshev Ridge]. Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1962, 122 p.

Pershina A.I. *Stratigrafiya gotlandiya i devona basseynov rek Bol'shoy Syni i Vangyra (yuzhnaya chast' gryady Chernysheva)* [Stratigraphy of the Gotlandian and Devonian sequences in basins of the Bolshaya Synya and Vangyr rivers (the southern part of the Chernyshev Ridge)]. Izvestiya Komi filiala Vserossiyskogo geograficheskogo obshchestva. 1957, no. 4, p. 47-56.

Pershina A.I., Tsyganko V.S., Shcherbakov E.S., Borintseva N.A. *Biostratigrafiya siluriyskikh i devonskikh otlozheniy Pechorskogo Urala* [Biostratigraphy of the Silurian and Devonian sequences of the Pechora Urals]. Leningrad, 1971, 129 p.

Plotitsyn A.N., Gruzdev D.A. *Granitsa devonskoy i kamennougol'noy sistem na r. Iz'yael' (yug gryady Chernysheva)* [The Devonian and Carboniferous boundary on the Iz'yayol river (south of Chernyshev Ridge)]. Geologiya, geoekologiya i resursnyy potentsial Urala i sopredel'nykh territoriy: materialy VI Vserossiyskoy molodezhnoy konferentsii. Ufa, 2016, p. 102-107.

Prishepa O.M., Bazhenova T.K., Bogatskiy V.I. *Neftegazonosnye sistemy Timano-Pechorskogo osadochnogo basseyna (vkl'yuchaya akvatorial'nuyu Pechoromorskuyu chast')* [Petroleum systems of Timan-Pechora sedimentary basin (including the offshore part of the Pechora Sea)]. Geologiya i geofizika, 2011, vol. 52, no 8, p. 1129-1150.

Radke M., Welte D.H., Willsch H. Maturity parameters based on aromatic hydrocarbons: Influence of the organic matter type. Org. Geochem, 1986, vol. 10, p. 51-63.

Ryabinkina N.N., Valyaeva O.V. *Sostav i organicheskoe veshchestvo argillitov nizhnego karbona Pechorskogo basseyna* [Composition and organic matter character of mudstones in the Lower Carboniferous of the Pechora Basin]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2017, vol. 12, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/1/2_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/2_2017

Ryabinkina N.N., Valyaeva O.V., Ryabinkin S.B. *Organicheskoe veshchestvo vizeyskikh uglunosnykh otlozheniy severa Predural'skogo progiba* [Visean coal-bearing organic matter of the Northern Cis-Uralian foredeep]. Vestnik IG Komi NTs UrO RAN, 2013, no. 5, p. 9-11.

Sobolev D.B. *Ostrakody i biostratigrafiya turneyskogo yarusa severa Urala* [Ostracodes and biostratigraphy of the Tournaisian of the North of the Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005, 113 p.

Sobolev D.B., Vevel Y.A., Zhuravlev A.V., Kamzalakova S.Y. Facies and fossil associations

of the Uppermost Famennian and Tournaisian deposits of the Iz'yayu river section (Tchernyshev uplift). Ichthyolith issues special publication 6, 2000, p. 108-111.

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V. *Konodony i ostrakody pogranychnykh otlozheniy devona i karbona na r. Vangyr* [Conodonts and ostracods of the Devonian and Carboniferous boundary deposits on the Vangyr river]. Obosnovanie granits stratigraficheskikh podrazdeleniy. Syktyvkar, 1994, p. 35-44. (Tr. Instituta geologii Komi NTs UrO RAN, vyp. 82).

Sobolev D.B., Zhuravlev A.V., Tsyganko V.S. Stop 8. Upper Devonian-Lower Carboniferous succession on the Kozhym River. Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas. Subpolar Urals Field Trip Guidebook. Syktyvkar, 2000, p. 101-111. (IGCP406 Special Publication 6).

Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembriy, paleozoy) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Mezhd. strat. komitet Rossii, Ekaterinburg, 1993, 151 skhem.

Timonin N.I. *Tektonika gryady Chernysheva (Severnoe Priural'e)* [Tectonics of the Chernyshev Ridge (Northern Cis-Urals)]. Leningrad: Nauka, 1975, 130 p.

Tsyganko V.S. *Devon zapadnogo sklona severa Urala i Pay-Khoya (stratigrafiya, printsipy raschleneniya, korrelyatsiya)* [The Devonian of the western slope of the north of the Urals and Pay-Khoy (stratigraphy, principles of sequential stratigraphy, correlation)]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2011, 356 p.

Yudin V.V. *Orogenez severa Urala i Pay-Khoya* [Orogenesis of the North of the Urals and Pay-Khoy]. Ekaterinburg: UIF Nauka, 1994, 283 p.

Zhuravlev A.V. Conodont alteration indexes in the Upper Permian of south Sikhote-Alin. Chelovek. Priroda. Obshchestvo. Aktual'nye problemy: materialy 12 mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh, 2001, p. 648.

Zhuravlev A.V. *Otsenka stepeni termal'nogo katageneza paleozoyskikh otlozheniy severa Pay-Khoyskogo paravtokhtona po indeksam okraski konodontov* [Estimation of Palaeozoic rocks thermal maturity of Northern Pay-Khoy parautochthone on the basis of conodont colour alternation indexes]. Litosfera, 2017, no. 1, p. 44-52.

Ziegler W., Sandberg C. The Late Devonian Standart Conodont Zonation. Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 1990, no. 121, 115p.

Ziegler W., Sandberg C.A. *Palmatolepis-based revision of upper part of standart Late Devonian conodont zonation. Conodont biofacies and provincialism.* Ed. D.L. Clark. Geological Society of America, 1984, no. 196, p. 179-194.

© Бушнев Д.А., Плотницын А.Н., Груздев Д.А., Бурдельная Н.С., 2017