

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.736 (470.53)

Генетический анализ и цикличность чекардинской пачки в типовом разрезе Чекарда (Пермский край)**Г.Ю. Пономарева^a, И.С. Хопта^{a,b}, Д.Д. Кожанов^a**^aПермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: regional.psu@yandex.ru^bАО «КамНИИКИГС», 614016, Пермь, ул. Краснофлотская, 15

E-mail: KhoptaIS@yandex.ru

(Статья поступила в редакцию 1 марта 2017 г.)

Приведен анализ цикличности типового разреза чекардинской пачки кошелевской свиты верхнего кунгура. Происхождение пород связано с глубокоководным конусом выноса, сформировавшимся при активном тектоническом режиме. С целью генетического анализа проведены геохимические исследования мергелей чекардинской пачки с использованием пиролитического метода Rock-Eval и метода люминесцентного анализа. Наличие битумоидов в мергелях подтверждает их глубокоководное происхождение. Повторяющееся изменение глубины бассейна осадконакопления позволило выделить в разрезе циклиты IV порядка.

Ключевые слова: *чекардинская пачка, циклиты, органическое вещество, кунгурский ярус, конус выноса.*

DOI: 10.17072/psu.geol.16.2.98

Разрез Чекарда находится на юго-востоке Пермского края, в Суксунском районе, на левом берегу р. Сылвы, в 800 м к северо-западу от деревни Чекарда (рис. 1). Он сложен породами чекардинской пачки кошелевской свиты иренского горизонта кунгурского яруса приуральского отдела пермской системы. В тектоническом отношении Чекарда находится в приосевой зоне южной части Сылвенской впадины Предуральского краевого прогиба. «Лицом» чекардинской пачки являются серые мергели, в происхождении которых до сих пор много неясного.

Чекарда состоит из трёх обнажений. Первые два находятся вблизи устья р. Чекарды, они частично дублируют друг друга и содержат в основании одну пачку серых мергелей. Третье обнажение находится в 850 м вниз по р. Сылве от устья р. Чекарды.

Оно наращивает разрез первых двух и содержит вторую пачку мергелей. Мощность толщи пород разреза Чекарда составляет 35 м, мощность пород в задернованном участке между обнажениями 2 и 3 оценивается в 18–20 м. В двух километрах вниз по р. Сылве от устья р. Чекарды находится обнажение Юлаево, которое надстраивает разрез Чекарда. Здесь в верхней части имеется третья пачка серых мергелей. Мощность вскрытой толщи 17 м, задернованного участка до разреза Чекарда 30 м. В целом породы двух разрезов образуют пологую моноклиналию, осложненную небольшими складками.

На начальных этапах породы были отнесены к речным и прибрежно-морским образованиям. Эта точка зрения во многом сохранилась до сих пор. Исследователи исходят, прежде всего, из соображе-

ний, что обломочные осадки могут формироваться в обстановке континента или литоральной зоны моря.



Рис. 1. Схема расположения разреза Чекарда

Песчаники, алевролиты и мергели с остатками наземных растений и насекомых разрезов Чекарда и Юлаево генетически интерпретировались как отложения рукавов и лопастей дельты, устьевых баров, русел, небольших озер. В настоящее время благодаря достижениям морской и нефтяной геологии, появилась основа для нового генетического истолкования комплекса пород чекардинской пачки. Происхождение ее связано с глубоководным конусом выноса, сформировавшимся при активном тектоническом режиме (Мизенс, 1997).

Субаквальные отложения Предуральского прогиба имеют хорошо выраженное циклическое строение. Цикличность рассматриваемого района изучалась по работам Г.А. Мизенса (1988; 2002; 1980). В рассматриваемых отложениях выделяются микроциклиты, циклиты II и III порядков. Микроциклиты (ленточные циклиты) в чекардинской пачке представлены очень тонко чередующимися алевролитистыми аргиллитами, глинистыми алевролитами и мергелями. Пакеты (2–67 см) микрослоистых пород (циклиты I порядка) встречаются в сочетании с градационно-слоистыми полимиктовыми песчаниками и алевролитами мощностью от несколь-

ких миллиметров до нескольких сантиметров (в редких случаях до 47 см). Эту ассоциацию пород, вероятно, можно отождествить с циклитами II порядка. Они имеют мощность 1,5–2 м. Циклиты III порядка включают все основные петрографические и генетические типы пород, участвующих в строении данной осадочной толщи. Они сложены двумя основными элементами: нижний – песчаниковый, с массивной или прерывистой горизонтальной текстурой, с большим количеством растительного детрита и глинистых окатышей; верхний сложен циклитами I и II порядков (переслаивающиеся алевролиты и песчаники с прослоями ленточных аргиллитов и мергелей). Песчаники первого элемента циклита III порядка соответствуют отложениям турбидитовых потоков высокой плотности (Мизенс, 1997), которые отлагались в каналах среднего конуса и в пределах песчаных лопастей (генетический тип С-1). Второй элемент циклита III отнесен Г.А. Мизенсом к группе механогенных тиховодных отложений, к гемипелагическому генетическому типу. С ним связаны олистостромы, оползневая складчатость, отложения грязевых потоков. Мощность циклитов III порядка, а их выделено 7 только в разрезе Чекарда, составляет 3,5–5,5 м (до 9 м на участке с олистостромами). Эти слоевые ассоциации по разрезу отличаются друг от друга. Средняя часть (слои 6–11, рис. 2) существенно более мелководная (Жужгова, 2015; Пономарева, 1998). В ней отсутствуют аргиллиты и мергели. В верхнем элементе циклита тонкообломочный компонент представлен алевролитами, в тонких прослоях песчаника наблюдаются мелкие знаки ряби, покрытые микробальными пленками, характерными для зоны крайнего мелководья. Тем не менее и эта мелководная часть разреза обнаруживает связь с конусами выноса по следующим признакам. Во-первых, в песчаниках отсутствует косая слоистость, часто встречаются глинистые и алевролитовые окатыши, которые не сохраняются, разрушаются в речных и прибрежно-морских

условиях. Во-вторых, имеются хаотичные образования (микститы, слой 10), в которых одновременно присутствуют глинистый и галечный материал, валуны песчаников (олистолиты), имеющие подводно-оползневое происхождение. В-третьих, в слоях 6 и 10 разреза Чекарда наблюдается сближение (сдвоение) грубообломочных частей циклитов III порядка и появление пачек песчаников повышенной мощности. Это происходит в результате срыва оползнем всех пород второго элемента циклита III порядка и перемещения их в более глубокие части бассейна. В этих же слоях имеются резко обрывающиеся, сорванные оползнем пачки переслаивающихся песчаников и алевролитов. В слоях 6, 7, 9 и 10 встречаются оползневые складки разного размера и «колбасовидные» закрутыши (терминология Г.А. Мизенса).

Мергели чекардинской пачки знамениты тем, что включают остатки насекомых уникальной сохранности. В большинстве местонахождений пермской энтомофауны остатки насекомых представлены изолированными крыльями. В Чекарде многочисленны целые экземпляры, иногда даже с сохранившимся содержимым желудка. Мергели голубовато-серые, светло-серые (пепельные), желтовато-серые. Они образованы микрозернистым карбонатом кальция и плохо различимым глинистым веществом. Определение карбонатности пород показало, что в исследуемых образцах содержание CaCO_3 достигает 32%, а $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – 41%. Мергели микрослоистые, с правильными слоями устойчивой мощности, прослоями алевролитовые. Прослой алевролита сложены неокатанными зернами кварца, чешуйками биотита и хлорита. Имеется 9-сантиметровый прослой с запахом битума. Отсутствие в породах донной фауны (континентальной и морской) и следов биотубации Г.А. Мизенс связывал не с повышением солености на фоне усиливающейся аридизации климата (в соленой воде не образуется ленточная слоистость), а с опреснением в рай-

оне дельты реки или с ненормальным газовым режимом.

Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Свита	№ слоя	Мощность	№ обна-я	Литология	Описание пород	Циклиты IV порядка
Пермская	Приуральский	Кунгурский	Иренский	Кошелевская	13	2,9	3		Мергели, алевролиты, песчаники	
					12	1,6	3		Песчаники	
							~20		Задерновано	
					11	3,4	2		Песчаники, алевролиты, аргиллиты	
					10	6,2	1:2		Песчаники массивные и слоистые с глинистыми окатышами, олистолитами, прослоями алевролитов и аргиллитов	
					9	2,2	1:2		Алевролиты и песчаники	
					8	1,8	1:2		Песчаники массивн. с глин. окатышами	
					7	1,5	1:2		Песчаники и алевролиты	
					6	5,3	1:2		Песчаники массивные с глинистыми окатышами и пакетом алевролитов и песчаников	
					5	1,3	2		Олистостром	
					4	2,5	1:2		Мергели, аргиллиты, песчаники	
					3	1,7	1:2		Олистостром с олистолитами	
					2	2,2	1:2		Песчаники, мергели, алевролиты	
1	1,3	2		Песчаники						

Рис. 2. Стратиграфическая колонка и циклиты IV порядка разреза Чекарда

С целью генетического анализа проведены геохимические исследования разных мергелей чекардинской пачки с использованием пиролитического метода Rock-Eval и метода люминесцентного анализа для определения наличия битумоидов и органического вещества в образцах, оценки содержания органического вещества в породе.

Опробованы мергели слоев 2 и 4 второго обнажения разреза Чекарда: **обр. 4-28 R-E** и **обр. 4-16.1995 R-E** относятся к одному прослою мергелей с запахом битума слоя 4 (рис. 3) и отобраны по простиранию; **обр. 7.2013 R-E** – прослой «керпиевого» мергеля слоя 2 (рис. 3,а). Пепельно-серые «керпиевые» мергели получили свое название по находкам листовой флоры первых гинкговых *Kerria macroloba* Naug. Выбранный участок опро-

бования характеризуется средоточием большинства уникальных палеонтологических находок чекардинской пачки.

Все изученные мергели обогащены битумоидом, участками образующим тончайшие линзовидные прослои. Цвет люминесценции хлороформенного раствора битумоида яркий, зеленовато-синий. Цвет люминесценции капиллярной вытяжки яркий – от голубовато-желтого до зеленовато-желтого. Данный битумоид можно охарактеризовать как маслянистый, который содержит масла и лёгкие углеводороды, а также небольшое количество смол и асфальтенов. Ширина люминесцирующих зон незначительна. Количественное отношение битумоида к вмещающей породе говорит о сингенетичности битумоидов (Руководство, 1966).

В **обр. 4-28 R-E** содержание ТОС изменяется в диапазоне 0,66%, что характеризует образцы как удовлетворительно обогащенные органическим веществом. Содержание CaCO_3 в породе соответствует 11,6%, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – 41,6%.

Значения S_1 изменяются в пределах 18 мг УВ/г породы, т. е. указывают на очень бедное содержание нефтяных компонентов. Параметр S_2 изменяется в диапазоне 0,57 мг УВ/г породы, в основном углеводородные продукты пиролиза керогена можно охарактеризовать как бедные. Нефтегенерационный потенциал пиролиза в целом бедный ($S_1+S_2 = 0,75$ мг УВ/г породы). Водородный индекс в среднем около 100 мг УВ/ г ТОС, что предполагает наличие гумусового органического вещества (III тип) (Тиссо, 1981). Значения T_{max} 432°C свидетельствуют о незрелости органического вещества (градация катагенеза MK_1) (Espitalie, 1985).

В **обр. 4-16.1995 R-E** параметр ТОС изменяется в пределах 0,26%, что характеризует образцы как бедно обогащенные органическим веществом. Определение содержания CaCO_3 в породе соответствует 26%, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – 39,3%. Параметр S_1 очень низок (менее или равен 0,09 мг УВ/г породы). Остаточный углеводородный потенциал (продукты пиролиза керогена)

можно охарактеризовать как бедный (значения S_2 между 0,22 и 0,99 мг УВ/г породы). Данные пиролиза показывают в целом небольшой суммарный нефтегенерационный потенциал ($S_1+S_2 = 0,68$ мг УВ/г породы). Водородный индекс изменяется в пределах 227 мг УВ/ г ТОС, что предполагает наличие сапропелево-гумусового ОВ (II/III тип). Значения T_{max} 437°C говорят о незрелости органического вещества (градация катагенеза MK_1).

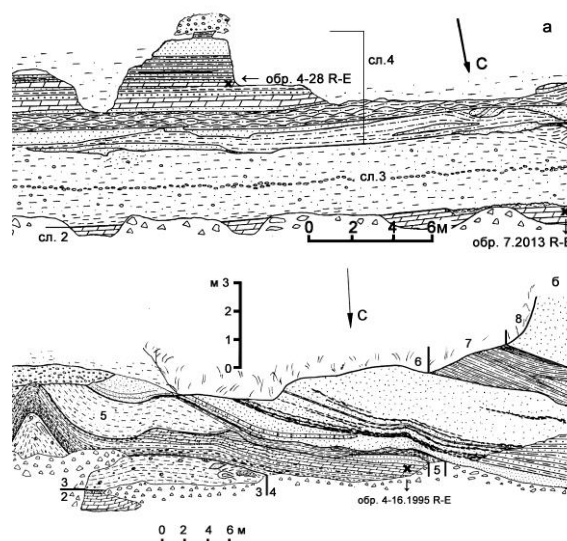


Рис. 3. Точки опробования мергелей для изучения органического вещества в обнажении 2 разреза Чекарды

В **обр. 7.2013 R-E** значения ТОС изменяются в пределах 1,55%. Содержание CaCO_3 составило 32,4%, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – 27,7%. Параметр S_1 – 0,19 мг УВ/г породы. Остаточный углеводородный потенциал можно охарактеризовать как бедный (значения S_2 0,59 мг УВ/г породы). Данные пиролиза показывают в целом небольшой суммарный нефтегенерационный потенциал ($S_1+S_2 = 1,4$ мг УВ/г породы). Изменение значений водородного индекса можно классифицировать как бедное (около 100 мг УВ/ г ТОС), предполагает присутствие гумусового керогена (III тип).

Значения T_{max} 428°C свидетельствуют о невысокой зрелости органического вещества (градация катагенеза ПК_3). Органическое вещество способно консервироваться и концентрироваться в восстанови-

тельных условиях глубоководных бассейнов, что связано с расслоением столба воды, это же является причиной сохранности насекомых и флоры. В результате проведенных исследований подтверждено предположение Г.А. Мизенса о том, что мергели чекардинской пачки образовались в относительно глубоководной лагуне, расположенной в районе дельты реки, в анаэробной обстановке. В разрезе Чекарда-Юлаево трижды появляются циклиты III порядка, содержащие относительно глубоководную ассоциацию пород, они соответствуют трем событиям повышения уровня моря (углубления бассейна).

Кровлю указанных циклитов можно сопоставить с верхней границей циклитов IV порядка. Первый крупный цикл в разрезе Чекарда представлен лишь верхней частью, это слои 1–5 разреза Чекарда, соответствующие одному циклиту III порядка. Второй крупный цикл вскрывается почти в полном объеме: слои 6–11 разреза Чекарда (пять циклитов III порядка мощностью 21 м), задернованный участок (18–20 м) и слои 12–13 обнажения Чекарда 3 (один циклит III порядка мощностью 4,5 м). Мощность полного циклита IV порядка оценивается в 45 м (рис. 2). Третий циклит IV порядка обнажается только своей верхней частью, к которой отнесены слои 1–5 разреза Юлаево (Жужгова, 2015). Более мелководная нижняя часть циклитов IV порядка связана своим происхождением не с эвстатикой, а с замедлением темпов опускания и увеличением скорости осадконакопления (объема поступающего материала).

Чекардинская пачка кошелевской свиты сформировалась в завершающие стадии существования флишевого бассейна Предуральского прогиба, который оставался глубоководным до конца иренского времени кунгурского века, в нем осаждались преимущественно турбидиты. Кунгурский этап развития прогиба характеризовался смещением осадконакопления от внутреннего прогиба к внешнему. Наземный дельтовый комплекс, который накопился в восточной предгорной части про-

гиба, относится к фантомным фациям (фантомная раннемолассовая формация?), позже полностью уничтоженным размывом (Мизенс, 1997).

Осадочные бассейны, имеющие сходные черты с Предуральским прогибом, можно найти в современных морях. А.И. Конюхов (1987) подобные зоны перехода относит к Средиземноморскому типу. Это окраины Аппенинского полуострова, южное побережье Турции, Кавказское побережье Черного моря и др. Для них характерны редуцированная прибрежная равнина, скалистое побережье с небольшими бухтами и заливами, узкий шельф, относительно глубокий материковый склон с многочисленными каньонами, приуроченными к устьям рек.

Библиографический список

- Жужгова Л.В., Пономарева Г.Ю., Аристов Д.С., Наугольных С.В. Чекарда – местонахождение пермских ископаемых насекомых и растений / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 160 с.
- Конюхов А.И. Осадочные формации в зонах перехода от континента к океану. М.: Недра, 1987. 222 с.
- Мизенс Г.А. Олисторомы и цикличность морской молассы Предуральского краевого прогиба // Биостратиграфия и литология верхнего палеозоя Урала: сб. науч. трудов / УрО АН СССР. Свердловск, 1988. С. 107–116.
- Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала / УрО РАН. Екатеринбург, 1997. 230 с.
- Мизенс Г.А. Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне–ранней перми юга Урала / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2002. 191 с.
- Мизенс Г.А., Чувашов Б.И. Нижнепермские олисторомы на западном склоне Среднего Урала // Литология и условия образования палеозойских осадочных толщ Урала: сб. статей / УНЦ АН СССР. Свердловск, 1980. С. 48–62.
- Пономарева Г.Ю., Новоклионов В.Г., Наугольных С.В. Чекарда – местонахождение пермских ископаемых растений и насекомых. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1998. 92 с.
- Руководство по методике люминесцентно-

- битуминологических исследований / ред. Т. Э. Баранов. Л.: Недра, 1966. 112 с.
- Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М.: Мир, 1981. 504 с.
- Espitalie J., Deroo G., Marquis F.* Rock-Eval Pyrolysis and Its Application, Inst. Fr. Petrol., 1985. 72p.

Genetic Analysis and Sedimentary Rhythms of Chekardian Formation in the Typical Chekarda Section (Perm Region)

G.Yu. Ponomareva^a, I.S. Khopta^{a, b}, D.D. Kozhanov^a

^a Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia

E-mail: regional.psu@yandex.ru

^bJSC Kama Research Institute for Complex Deep and SuperDeep Borehole Investigation, 15 Krasnoflotskaya Str., Perm 614016, Russia

E-mail: KhoptaIS@yandex.ru

We present the results of analysis of the typical Chekardian sequence of Koshelevskaya Suite of the Upper Kungurian. Origin of this formation is associated with the deep-water turbidite fan formed in the active tectonic regime. For the purposes of genetic analysis, the geochemical studies of the Chekardian marl were conducted using the pyrolytic Rock-Eval method and the method of the luminescence analysis. The presence of bitumen in the marl was considered as the evidence of their deep origin. The IV order cycles were identified as a result of periodic changes in the sedimentation depth.

Key words: *Chekardian Formation; cycles; organic matter; Kungurian; deep-water turbidite fan.*

References

- Zhuzhgora L.V., Ponomareva G.Yu., Aristov D.S., Naugolnykh S.V.* 2015. Chekarda – mestonakhozhdenie permskikh iskopaemykh nasekomykh i rasteniy [Chekarda is a location of the Permian insects and plants fossils]. Perm, PGNIU. (in Russian)
- Konyukhov A.I.* 1987. Osadochnye formatsii v zonakh perekhoda ot kontinenta k okeanu [Sedimentary formations in the zones of transition from the continent to the ocean]. Moskva, Nedra. (in Russian)
- Mizens G.A.* 1988. Olistostromy i tsiklichnost morskoy molassy Preduralskogo kraevogo progiba [Olistostromes and cycles of the marine molasses of the Urals Foredeep]. Sverdlovsk, UrO AN SSSR. (in Russian)
- Mizens G.A.* 1997. Verkhnepaleozoyskiy flish Zapadnogo Urala [Upper Paleozoic flysh of Western Urals]. Ekaterinburg, UrO RAN. (in Russian)
- Mizens G.A.* 2002. Sedimentatsionnye basseyny i geodinamicheskie obstanovki v pozdnem devone – ranney permi yuga Urala [Sedimentation basins and geodynamic conditions in the Upper Devonian – Lower Permian of the South Urals]. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, (in Russian)
- Mizens G.A., Chuvashov B.I.* 1980. Nizhnepermskie olistostromy na zapadnom sklone Srednego Urala [Lower Permian olistostromes on the western slope of the Middle Urals]. Sverdlovsk, UrO AN SSSR. (in Russian)
- Ponomareva G.Yu., Novokshonov V.G., Naugolnykh S.V.* 1998. Chekarda – mestonakhozhdenie permskikh iskopaemykh rasteniy i nasekomykh [Chekarda is a location of the Permian plants and insects fossils]. Perm, PGU (in Russian)
- Rukovodstvo po metodike lyuminestsentno-bituminologicheskikh issledovaniy [Guidebook on the method of luminescent-bituminological study]. 1966. Leningrad, Nedra. (in Russian)
- Tissot B.P., Welte D.H.* 1978. Petroleum Formation and Occurrence. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.
- Espitalie J., Deroo G., Marquis F.* 1985. Rock-Eval Pyrolysis and Its Applications: Preprint, Inst. Fr. Petrol.