ЛИТОГЕНЕЗ '23

18 - 23 Сентября
Воронеж, Россия

МАТЕРИАЛЫ

X Международного совещания

«Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии»

Совещание проводилось при финансовой поддержке ООО «Формматериалы», г.Воронеж и Ассоциации Недропользователей Черноземья, г.Воронеж

УДК 551 : 553
ББК 26.348
Л 64

Л 64 **Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии.** Материалы X Международного совещания по литологии (г. Воронеж, ВГУ, 18–23 сентября 2023 г). / Воронеж, 2023. – 528 с.

ISBN 978-5-907669-37-6

Редакторы: Ю.О. Гаврилов, А.Д. Савко

Ответственные за выпуск: А.В. Крайнов, С.В. Бондаренко

Аннотация. В сборнике представлены материалы по изучению процессов гипергенеза, образующих формацию коры выветривания и полезные ископаемые, связанные с ней. Большой раздел посвящен седиментогенезу и его эволюции в истории Земли, включающие тектонические, физико-географические, биогенные, вулканогенные факторы, геохимию осадочного процесса и фациальный анализ. Рассмотрены современные подходы к реконструкции палеогеографических обстановок в истории Земли с широким использованием литогеохимических методов. На основе стадиального анализа показана роль постседиментационных процессов в литогенезе осадочных и вулканогенно-осадочных толщ. В серии статей по эволюционной минерагении охвачен широкий круг металлических и неметаллических полезных ископаемых. Это железные и марганцевые руды, бокситы, полиметаллы, титан-циркониевые россыпи, редкие и редкоземельные элементы, каолины, калийные соли и другие виды минерального сырья. Особое место уделено формированию залежей углеводородов в процессах литогенеза, в том числе нефти, горючих сланцев и битумов. Приводятся характеристики коллекторов разновозрастных толщ, рассматриваются закономерности размещения в них залежей УВ

УДК 551 : 553
ББК 26.348

ISBN 978-5-907669-37-6

© Макарихин И.Н. (верстка), 2023
© Издательство «Цифровая полиграфия», 2023

Walter J, Einleitung in die Geologie als Historische Wissenschaft / J Walter. // Lithogenesis der Gegenwart. – Jena: G. Fischer, 1894. – Bd. 3. – Pp. 535-1055.

Sedimentation environments and genetic types of Jurassic – Lower Cretaceous cyclothemes of Western Siberia

Shishlov S. B.[1], Dubkova K. A.[2]

1 – St. Petersburg State University. Russia, 199034, St. Petersburg, Universitetskaya Emb., 7-9, s.shishlov@spbu.ru
2 – Karpinsky Russian Geological Research Institute. Russia, 199106, St. Petersburg, Sredny Prospect, 74, ksenya-dubkova@mail.ru

The facies analysis of Jurassic – Lower Cretaceous sections of Western Siberia has been performed. 19 types of beds have been established and environments of their formation have been reconstructed. It is shown that the beds form 6 types of transgressive-regressive sequences. These are cyclothemes of low-dynamic deep-water, high-dynamic shallow-water, lagoons, estuaries and deltas of open and isolated coasts, and rivers. Their structure features can be explained by a lateral migration of terrigenous ramp sedimentation environments during sea level fluctuations.
Keywords: facies analysis, epicontinental basin, sedimentary cycles

УДК 552.5+553.9+551.762.3

Верхнеюрская углеродистая толща юго-восточной части Русской плиты: стратиграфия, литолого-минералогические и геохимические особенности

Щепетова Е.В.[1], Рогов М.А.[1], Сахаров Б.А.[1], Козлова Е.В.[2], Булатов Т.Д.[2], Коршунов Д.М.[1], Новикова Н.Г.[3], Яшунский Ю.В.[1], Покровская Е.В. [1]

1 – Геологический институт Российской Академии наук. Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер.,7 стр. 1, shchepetova@ginras.ru
2 – Сколковский институт науки и технологий. Россия, 121205, Москва, Большой бульвар д.30, стр.1. e.kozlova@skoltech.ru
3 – Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. Россия, 119017, Москва, Старомонетный пер. 35. nadychca@yandex.ru

Детально исследован мощный (около 90 м) разрез верхнеюрской толщи горючих сланцев Русской плиты в керне скв. 559 (Самарское Правобережье). Подтвержден средневолжский возраст и ее соответствие зоне Panderi; по фауне суббореальных аммонитов (Zaraiskites) выполнено инфразональное подразделение толщи на 4 биогоризонта, что позволяет надежно сопоставлять ее с другими разрезами. В составе толщи установлено 9 углеродистых пластов (мощностью от 1-2 до 7-9 м), образованных горючими сланцами в разной степени обогащенными ОВ (ТОС 5-40%), которые разделены прослоями известково-глинистых и алевритовых пород. Наиболее мощные пласты сланцев и глин сосредоточены в нижней половине толщи. Карбонатный материал представлен остатками известкового наннопланктона и раковин моллюсков, количество раковинного шлама заметно возрастает в верхней части толщи; практически постоянно присутствует аутигенный микрокристаллический кальцит. В породах широко распространены остатки радиолярий – в рассеянном состоянии (до 10-20 об. %) и в виде тонких прослойков радиоляритов. Это отличает сланценосную толщу юго-восточной части Русской плиты от развитой в ее центральных районах, и обнаруживает сходство с литофациями баженовского горизонта Западной Сибири. Показано широкое распространение цеолитов группы клиноптилолита-гейландита по всему изученному разрезу сланценосной толщи. Агрегаты аутигенных глинистых минералов, пепловые частицы, а также геохимические индикаторы вулканогенного материала не были установлены, поэтому мы рассматриваем цеолиты как продукты синтеза из раннедиагенетических флюидов, формировавшихся в обогащенных ОВ осадках при растворении биогенного кремнезема.
Ключевые слова: волжский ярус, углеродистые сланцы, юго-восток Русской плиты

Детально исследован мощный (около 90 м) стратиграфически полный разрез верхнеюрской толщи горючих сланцев Русской плиты (РП) в керне скв. 559 (Самарское Правобережье, Большечерниговский р-н). В биостратиграфическом отношении ранее он был изучен Г.В. Кулевой и

В.П. Барышниковой (1988), которые отнесли всю сланценосную толщу к средневолжской аммонитовой зоне Panderi, предложив разрез скважины в качестве гипостратотипа данной зоны. Но биостратоны по аммонитам первоначально здесь выделены не были, и разрез скважины был расчленен только на слои с фораминиферами. Послойное описание разреза, литолого-фациальная характеристика отложений и некоторые геохимические данные представлены в монографиях (Кулева и др., 2004; Букина, 2013), и позднее были дополнены в работах (Илясов и др., 2018; Илясов, Староверов, 2021).

Нами этот разрез в 2016-2017 гг. был опробован и изучен полностью. В результате проведенных биостратиграфических исследований подтверждены средневолжский возраст сланценосной толщи и ее соответствие зоне Panderi, установлено положение границы с вышележащей зоной Virgatus По фауне суббореальных аммонитов Zaraiskites толща подразделена на две подзоны, внутри которых выделены биогоризонты, ранее установленные в других районах развития зоны Panderi (Рогов, 2013; 2021), что позволяет коррелировать разрез скважины с одновозрастными разрезами европейской части России и центральной Польши.

В изученном разрезе установлено 9 углеродистых пластов (мощностью от 1-2 до 7-9 м), которые образованы горючими сланцами, варьирующими от относительно бедных (5-10% TOC) до исключительно богатых (20-40% TOC), часто включающих прослойки т.н. «керогеновых» глин с повышенным содержанием ОВ (2-4 % TOC). Результаты Rock Eval пиролиза (HI 350-741 мг УВ/г) указывают на преобладание морского ОВ в составе керогена горючих сланцев и его относительно слабые постседиментационные преобразования.

Углеродистые пласты разделены близкими по мощности прослоями известково-глинистых и алевритовых пород (10-50% $CaCO_3$). Карбонатный материал представлен остатками известкового наннопланктона (кокколитофориды) и раковин бентосных моллюсков; практически постоянно присутствует аутигенный микрокристаллический кальцит.

Наиболее мощные пласты горючих сланцев и глинистых пород сосредоточены в нижней половине толщи. Однако максимальные концентрации морского ОВ характерны для углеродистых пластов 4–6, а самые высокие концентрации планктоногенного кальцита – для переслаивающихся с ними светлых глин, залегающих в средней части толщи (рис. 1), что можно считать признаками относительной конденсации разреза в пределах этого интервала. Выше него в породах заметно увеличивается содержание алевритовой примеси и возрастает количество раковинного шлама, одновременно содержание морского ОВ в углеродистых сланцах (пласты 7–9) несколько уменьшается, что можно связывать с постепенным приближением к берегу исследуемой части палеобассейна. Ниже «конденсированных» пластов залегают углеродистые сланцы (пласты 2 и 3), в которых величины TOC в среднем существенно ниже, а вмещающие глинистые породы характеризуются наиболее низкой карбонатностью, что, учитывая увеличенные мощности углеродистых пластов и глинистых прослоев в нижней части разреза, свидетельствует о высокой скорости поступления терригенного материала и значительном разбавлении им бассейновых компонентов осадка. Специфические особенности отличают породы самого нижнего углеродистого пласта, который характеризуется постоянным присутствием песчаной примеси, широким распространением остатков радиолярий, высокими концентрациями морского ОВ, а также относительно высоким содержанием планктоногенного и раковинного карбонатного материала.

По петрографическим данным установлено практически постоянное присутствие в отложениях остатков радиолярий в рассеянном состоянии (до 10-20 об. %) и в виде тонких (первые мм) прослойков и линзочек радиоляритов. Это существенно отличает сланценосную толщу юго-восточной части РП от развитой в ее центральных районах, и обнаруживает сходство с литофациями баженовского горизонта Западной Сибири.

Первичное кремневое вещество радиолярий не сохранилось, было частично или полностью замещено пиритом, сохранившим первоначальные контуры и особенности внутренней структуры раковинок, но в основном было растворено, и в настоящее время конусовидные или округлые полости выполнены диагенетическим монокристаллическим кальцитом и друзовидными агрегатами микрокристалликов цеолитов группы клиноптилолита-гейландита. Встречаются биминеральные агрегаты выполнения, в которых кальцит является более поздним новообразованием, корродирующим цеолиты.

Цеолиты клиноптилолит-гейландитового ряда рентгенодифрактометрическим методом установлены на разных уровнях разреза, что вместе с результатами петрографических исследований, а также данными изучения в СЭМ позволяет судить об исключительно широком распространении этих минералов по всему разрезу волжской сланценосной толщи. Наиболее часто они выполняют полости растворения кремневого вещества радиолярий, но иногда встречаются также и в мелких кавернах растворения карбонатных раковин моллюсков. Менее ясны формы нахождения цеолитов в алевритовых глинах и биокластических мергелях самой верхней части разреза, где содержание остатков радиолярий не столь велико, но присутствие цеолитов устанавливается по рентгенодифрактометрическим данным.

Изучение ассоциации глинистых минералов (фр. <0.001, 0.001-0.002 мм) прецизионными количественными методами рентгенофазового анализа (Sakharov, Lanson, 2013 и др.), включая моделирование экспериментальных дифракционных картин ориентированных препаратов глинистой фракции, показало, что в ее составе существенно доминируют смешанослойные иллит-смектиты (52-71%), представленные смесью двух разновидностей: с высоким (>25%) и низким (<25%) содержанием разбухающих слоев, их вклад соответственно 19-36 и 30-40%. В качестве второстепенных минералов присутствуют иллит (13-22.5%) и каолинит (4-14.5%), в качестве постоянной примеси – хлорит (2-4%); на некоторых уровнях в виде следов устанавливается палыгорскит. Исследования в СЭМ не выявили агрегатов, которые могли бы указывать на аутигенное происхождение глинистых минералов, в частности, смешанослойных иллит-смектитов.

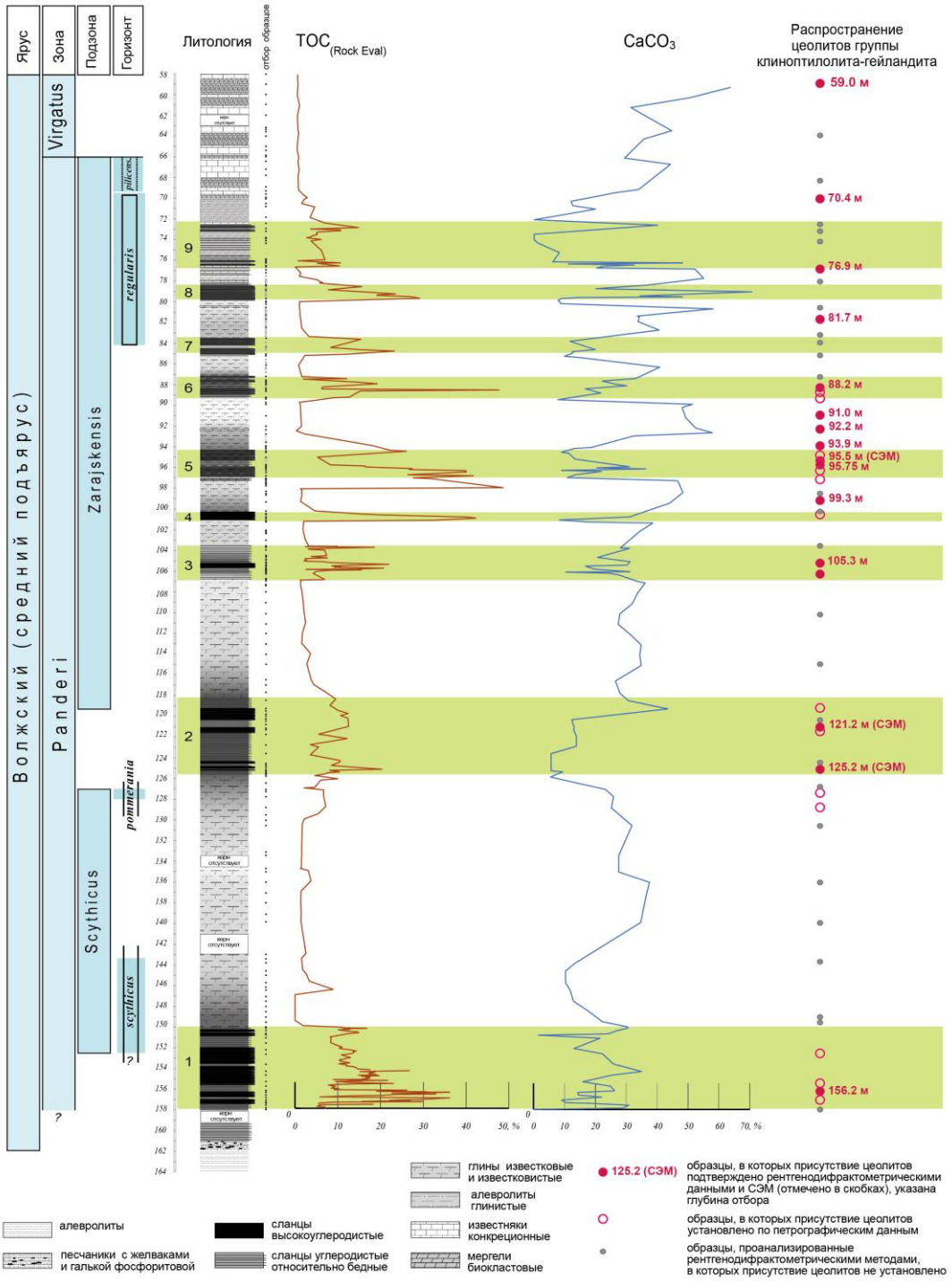

Рис. 1. Литологическая колонка разреза волжской сланценосной толщи в керне скв. 559, биостратиграфическое подразделение, распределение содержаний органического углерода (TOC), карбонатного материала и цеолитов группы клиноптилолита-гейландита

Поскольку агрегаты аутигенных глинистых минералов, пепловые частицы, а также геохимические индикаторы присутствия вулканогенного материала не были нами установлены, мы рассматриваем цеолиты как продукты синтеза из раннедиагенетических флюидов, формировавшихся в обогащенных ОВ осадках при растворении биогенного кремнезема.

Нами получен крупный массив данных о концентрациях широкого спектра химических элементов в изученных отложениях. Анализ рассчитанных геохимических коэффициентов, в т.ч. величин «фактора обогащения» (Turgeon, Brumsack, 2006 и др.) для элементов, характеризующих терригенный привнос (Si, Al, Ti, Fe, Zr), не выявил значительного (более чем в 1.5 раза), превышения относительно известных нормативных значений (Wedepohl, 1995; Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Rudnick, Gao, 2014 и др.). Инертное поведение и положительная корреляция с терригенными элементами отмечены нами для Cr, Ga, Pb. Заметное обогащение углеродистых пластов редокс-чувствительными, биофильными элементами (S, Mo, P) и теми (Cu, Ni, Zn), транспортировка которых в осадок может зависеть от объема и скорости осаждения органических частиц (Tribovillard et al., 2014), мы связываем с особенностями внутрибассейновой геохимической обстановки – высокой биопродуктивностью фито- и бактериопланктона, ослаблением процессов окислительной деструкции и захоронением в осадки значительных масс реакционноспособного морского ОВ.

Литература

Букина Т.Ф. Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2013. 128 с.

Илясов В.С., Староверов В.Н., Воробьёва Е В. Геохимическая характеристика органического вещества верхнеюрских горючих сланцев Волжского сланценосного бассейна // Недра Поволжья и Прикаспия. 2018. № 93. С. 26-37.

Илясов В.С., Староверов В.Н. Верхнеюрские горючие сланцы Волжского бассейна: литотипы, модели формирования, продуктивность // Вестник ВГУ. Сер. Геол. 2021. № 1. С. 26-35.

Кулева Г.В., Барышникова В.И. Типовые разрезы слоев с фораминиферами зоны Dorsoplanites panderi Волжского сланценосного бассейна // Сов. геология. 1988. № 8. С. 43-49.

Кулева Г.В., Яночкина З.А., Букина Т.Ф. и др. Разрез верхнеюрских сланценосных отложений волжского бассейна (зона Dorsoplanites panderi). Саратов: Научная книга, 2004. 110 с.

Рогов М.А. Аммониты и инфразональное расчленение зоны Dorsoplanites panderi (волжский ярус, верхняя юра) Европейской части России // Докл. РАН. 2013. Т. 451. № 4. С. 435-440.

Рогов М.А. Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов Панбореальной надобласти. М.: ГИН РАН, 2021. 732 с. (Тр. Геологического института. Вып. 627).

Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора. Её состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

Rudnick R., Gao. S. Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2014. V. 4. P. 1-51.

Sakharov, B.A., Lanson, B., 2013. X-ray identification of mixed-layer structures: modelling of diffraction effects // Developments in Clay Science. 2013. V. 5. P. 51-135.

Tribovillard N., Lyons T., Riboulleau A. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. // Chem. Geology. 2014. V. 232. P. 12-32.

12.Turgeon S., Brumsack H-J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian–Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria–Marche Basin of central Italy // Chem. Geology. 2006. V. 234(3-4). P. 321-339.

Upper Jurassic (Volgian) oil shale formation in the southeastern part of the Russian Plate: stratigraphy, lithology, mineralogical and geochemical features

Shchepetova E.V.[1], Rogov M.A.[1], Sakharov B.A.[1], Kozlova E.V.[2], Bulatov T.D.[2], Korshunov D.M.[1], Novikova N.G.[3], Yashunsky Y.V.[1] Pokrovskaya E.V. [1]

1 – Geological Institute of RAS. Russia, Moscow, 119017, Pyzhevsky lane 7, bld. 1, shchepetova@ginras.ru 2 – Skolkovo Institute of Science and Technology. Russia, Moscow, 121205, Bolshoy Boulevard 30, bld. 1, e.kozlova@skoltech.ru

3 – Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS. Russia, Moscow, 119017, Staromonetny per., 35, nadychca@yandex.ru

A thick section (about 90 m) of the Upper Jurassic oil shale formations of the Russian Platform has been studied in detail in the core of borehole 559 (Samara Right Bank of the Volga River). Its correspondence to the Panderi zone of Middle Volgian have been confirmed, and the infrazonal

subdivision into 4 horizons on the base of the findings of subtethyan ammonite fauna has been performed. These make possible to correlate a different level of the oil shale formation over the wide area. The 9 shale beds, with the thickness up to 7-9 m and TOC varying from 5 to 40%, were recognized within the formation. They are separated by calcareous claystone and siltstones, and the thickest beds of both are observed in the lower part of the studied section. The carbonates are represented by calcareous nanoplankton and mollusk shells, the shell detritus increases markedly in the uppermost part of the formation; the authigenic microcrystalline calcite is also present. The remains of radiolarian are widespread in the sediments – as a dispersed shells (up to 10-20 vol%) and within the thin layers of radiolarites. This distinguishes the oil shale in the southeastern part of the RP, and reveals similarities with the lithofacies of the Bazhenov horizon of Western Siberia. The wide distribution of zeolites of the clinoptilolite-heulandite group throughout the studied Black Shale formation is shown. The authigenic clay mineral aggregates, volcanic ash particles and geochemical indicators of volcanogenic material have not been recognized in the studied sediments, so we consider the zeolites as a product of synthesis from early diagenetic fluids formed in the result of the biogenic silica dissolution in the clayey sediments in presence of decomposing marine OM.

Keywords: Upper Jurassic (Volgian stage), oil shales, Russian Platform

УДК 552.578.3:550.41

Реконструкция состава пород – источников сноса и палеоклимата времени осадконакопления баженовской свиты Западной Сибири по литогеохимическим данным

Эдер В.Г. [1], Замирайлова А.Г. [2], Ян П.А. [2]

1 – Геологический институт РАН, Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, edervika@gmail.com

2 – Институт Нефтегазовой Геологии и Геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, 630090, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, zamirailovaag@ipgg.sbras.ru

2 - Институт Нефтегазовой Геологии и Геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, 630090, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, yanpa@ipgg.sbras.ru

Для верхнеюрско-нижнемеловой баженовской свиты выявлена значимая положительная линейная зависимость содержания Th, Hf, Sc, La от содержания Al_2O_3, подтвержден их терригенный генезис. В результате исследования вариаций CIA, CIW подтверждено, что климат в позднеюрско-раннемеловой период в Западно-Сибирском осадочном бассейне был теплым, семиаридным. Выявлено, что на протяжении всего рассматриваемого периода он существенно не менялся. Для отложений баженовской свиты ряд таких индикаторов, как (La/Yb)N, Eu/Eu*, а также распределение значений содержания микроэлементов на треугольной диаграмме Th–La–Sc, дают основание предполагать, что накопление баженовской свиты в центральных и юго-восточных районах происходило при преимущественном воздействии областей сноса основного состава.

Ключевые слова: баженовская свита, верхняя юра, микроэлементы

Баженовская свита, позднеюрско-нижнемелового возраста Западной Сибири, обогащена аквагенным органическим веществом и такими микроэлементами, как U, V, Mo, Re, Se, Zn, Cu, Hg и рядом других элементов–примесей. Изучением закономерностей элементного и микроэлементного состава пород баженовской свиты ранее занимались А.Э. Конторович, И.И. Плуман, В.В. Хабаров, И.Н. Ушатинский, В.М. Гавшин и В.А. Бобров, С.В. Сараев, Е.А. Предтеченская, Л.Д. Малюшко, В.М. Гавшин, В.А. Захаров, М.Ю. Зубков, Г.А. Калмыков, Ю.Н. Занин, А.Ю. Бычков и другие. Большинство публикаций, касающиеся изучения микроэлементов баженовской свиты, посвящены поиску их связей с основными породообразующими компонентами пород для уточнения генезиса. В то же время результаты исследований, направленные на реконструкцию обстановок накопления баженовских отложений посредством анализа геохимических модулей, включающих микроэлементы и редкоземельные элементы (РЗЭ), в литературе практически отсутствуют. Настоящая работа посвящена изучению закономерностей распространения микроэлементов, включая редкоземельные, в баженовской свите, с целью реконструкций волжского палеоклимата и состава источников сноса. Для решения поставленных задач использовались результаты литолого-геохимических исследований 9 вертикальных разрезов (457 обр.). Определение содержаний в породах основных породообразующих оксидов (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, MnO, K_2O, Na_2O, P_2O_5, BaO) выполнялось методом РФА на спектрометре ARL–9900–XP в ИГМ СО РАН; микроэлементов – методом масс–спектрометрии с