

Рудогенез в эволюции рифейско-палеозойских осадочных бассейнов Северо-Востока Азии

Аннотация. Геологическая структура Северо-Востока Азии с рифея до поздней юры развивалась как совокупность осадочных бассейнов окраинно-морской природы, которые закономерно сменяли друг друга во времени и пространстве. Эволюция данных бассейнов приводила к накоплению углеводородов и формированию стратиформной минерализации Cu, Pb, Zn. Тесная ассоциация крупных скоплений нефти и рудных объектов «типа Миссисипи» и медистых песчаников указывает на значительные масштабы бассейновых нефте- и рудообразующих систем.

Ключевые слова: осадочный бассейн, углеводороды, стратиформная минерализация.

ГЛУХОВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, gluhov76@list.ru

КОЛОВА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, kolova@neisri.ru

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУ СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан

Ore genesis in evolution of the Riphean-Paleozoic sedimentary basins of Northeastern Asia

A. N. GLUKHOV, E. E. KOLOVA

Federal State Budgetary Institution of Science “N. A. Shilo North-Eastern Complex Research Institute” of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (FSBI SVKNII FEB RAS), Magadan

Abstract. During period from the Riphean through the Late Jurassic, the geological structure of Northeastern Asia was developed as an assemblage of marginal-marine type sedimentary basins that successively replaced each other in space and time. This evolution resulted in accumulation of hydrocarbons and formation of Cu, Pb, and Zn stratiform mineralization. The close association of the large petroleum deposits with the Mississippi Valley type ore objects and cupriferous sandstones suggests significant scales of the basin-related petroleum- and ore-forming systems.

Key words: sedimentary basin, hydrocarbons, stratiform mineralization.

Рудогенез Северо-Востока Азии традиционно связывают с орогенными (Яно-Колымский, Охотско-Корякский, Чукотский) и окраинно-континентальными (Охотско-Чукотский, Уяндино-Ясачненский, Кедонский, Олойский) поясами, в процессе эволюции которых были сформированы многочисленные жильные и штокерковые гидротермальные месторождения и рудопроявления Au, Ag, Sn, Cu. Между тем ещё в 1998 г. вышла в свет фундаментальная сводка В. И. Шпикермана [26], в которой он показал широкое распространение

на Северо-Востоке так называемого «доаккреционного» стратиформного оруденения, преимущественно домезозойского возраста. Тем не менее до сих пор остается актуальным, что «*стратиформная рудоносность Северо-Востока России – одна из наименее изученных проблем металлогении этого огромного региона*» [26, с. 5]. Между тем на «доаккреционном» этапе, который охватывает гигантский временной интервал с начала рифея до поздней юры (~ 1500 млн лет), геологическая структура региона развивалась как сово-

купность осадочных бассейнов, преимущественно окраинно-морской природы [25], закономерно сменявших друг друга во времени и пространстве. Доминировавшим геодинамическим режимом, в котором они формировались и функционировали, была пассивная континентальная окраина Северо-Азиатского кратона, которая периодически осложнялась рифтогенными процессами. М. Д. Булгакова ёмко охарактеризовала данную обстановку как «рассеянный рифтогенез» [4].

По Р. К. Селли [35], осадочным бассейном (далее ОБ) называется достаточно мощная линза отложений, выделяемых в осадочной оболочке Земли. Н. Б. Вассоевич и др. [6] под ОБ понимал относительно крупные ($n \times 10^3 - n \times 10^6 \text{ км}^2$) мощные линзы водно-осадочных отложений, которые накапливались во впадинах, прогибавшихся в течение 1–100 млн лет. А. М. Никишин с соавторами [17] дают определение осадочному бассейну как крупной (площадью более 1000 км²) области, в которой происходило или происходит накопление осадков и превращение их в горные породы. В. П. Феоктистов с коллегами [23] рассматривают ОБ как отрицательную морфоструктуру земной поверхности, выполненную маринными и субэвральными отложениями, или как стратифицированное геологическое тело, представленное осадочными комплексами. Они разделяли осадочные бассейны по степени сохранности на нетрансформированные, трансформированные и фрагментированные. В соответствии с этим, если ОБ выделяется в результате палеореконструкций, то он именуется палеобассейном. А. В. Ступакова с коллегами [22] дают более развёрнутое определение осадочного палеобассейна: *«область длительного и устойчивого погружения земной коры, происходившего на определённом этапе геологической истории, в процессе которого было сформировано тело осадочных пород мегарегионального масштаба... Впоследствии оно подвергалось воздействию различных геологических процессов, приводящих к уменьшению его размеров, изменению геометрии и строения. Палеобассейны являются палеоаналогами современных осадочных бассейнов»* [22, с. 5].

Формирование осадочного бассейна на северо-восточной окраине Северо-Азиатского кратона началось в раннем рифее с возникновением внутрикратонного рифта [33], маркером которого в Майско-Кыллахском районе Верхоянского складчато-надвигового пояса являются лагунные крас-

ноцветные терригенно-карбонатные отложения учурской серии, а на Приколымском террейне – близкие по составу толщи оссалинской серии. Максимум трансгрессии, который пришёлся на рубеж ~ 1 млрд лет, зафиксирован сероцветной существенно сланцевой (включая турбидиты) толщей уйской серии Верхоянского складчато-надвигового пояса (юкагирской на Приколымском террейне) и прослеживается на всей окраине кратона [19]. Сформировавшееся таким образом окраинное море, предположительно [33], было соединено с океаническим бассейном. По-видимому, именно на этом этапе произошло отделение от кратона цепочки перикратонных террейнов: Омолонского, Охотского и Приколымского. Сформировавшийся таким образом осадочный мегапалеобассейн В. И. Шульдинер удачно назвал Протоверхоянским [30]. Стратиграфический перерыв на рубеже рифея и венда проявлен на всей окраине Северо-Азиатского кратона и был связан с закрытием Протоверхоянского осадочного бассейна и аккрецией перикратонных блоков. Это событие отразилось в U-Pb изотопных системах практически всех довендских образований [27]. Возобновившаяся в венде трансгрессия привела к формированию шельфовой пассивной окраины, просуществовавшей до середины карбона – Верхоянского мега-ОБ. Маркером этого события в Верхоянском складчато-надвиговом поясе являются терригенно-карбонатные толщи юдомской серии, а на Приколымском террейне – сяпкин-ской и коркодонской свит. Следует отметить, что из всех перикратонных террейнов Северо-Востока Азии именно на Приколымском сохранились маркеры всех геодинамических событий начиная с раннего протерозоя. В этом его принципиальное отличие от Омолонского и Охотского кратонных террейнов, которые вели себя как жёсткие глыбы, практически не принимавшие участие в весьма динамичной эволюции континентальной окраины [10]. Эволюция Верхоянского мега-ОБ привела к окончательной деструкции восточной окраины Северо-Азиатского кратона и формированию во второй половине карбона (в результате «рассеянного рифтогенеза») Оймяконского океана [9]. Именно этот возрастной рубеж можно считать завершением эволюции Верхоянского мега-ОБ.

Таким образом, на северо-восточной окраине Сибири начиная с рифея существовали два крупнейших осадочных бассейна, по площади соп-

ставимых с современными окраинными морями. Продолжительность функционирования каждого из них составила не менее 0,3 млрд лет, а общая мощность осадков, накопленных в Верхоянском мега-ОБ, превысила 20 км [6], что сравнимо с глубочайшими современными эпиконтинентальными ОБ, такими как Прикаспийская впадина [24]. Логично предположить, что в таких условиях функционировали механизмы диа- и катагенетического преобразования, которые должны были приводить к формированию элизионных напорных систем, продуцирующих как скопления углеводородов, так и рудные концентрации определённых типов. Современные рудогенетические модели [18, 32, 34] придают таким системам ведущее значение в генезисе Pb-Zn месторождений «типа Миссисипи» (MVT), медистых песчаников и сланцев и некоторых других типов, например, оолитовых бурожелезняковых руд. Значение же элизионных систем для формирования месторождений углеводородов давно не вызывает сомнений. В последние годы продуктивно развивается концепция «нафторудогенеза», которая рассматривает формирование стратиформной рудной минерализации и УВ как составные части единой системы, функционирующей в рамках эволюции ОБ [1, 15].

Месторождения и проявления упомянутых типов на Северо-Востоке Азии многочисленны [12, 26]. Они сосредоточены на четырёх стратиграфических уровнях (таблица), при этом в ордовикских толщах известны лишь единичные проявления. Стратиформные Pb-Zn руды и медистые песчаники известны во всех тектонических элементах восточной окраины Северо-Азиатского кратона, включая Майско-Кыллахскую и Сеттэ-Дабанскую зоны Верхоянского складчато-надвигового пояса, Приколымский и Омилевский террейны. Среди них известно одно крупное по запасам Pb-Zn месторождение Сардана типа MVT. На всех трёх уровнях, за исключением ордовикского, Pb-Zn оруденение ассоциирует с медистыми песчаниками и сланцами.

Проявления углеводородов в рифейско-палеозойских толщах Северо-Востока Азии наиболее редки [13]. Особенно продуктивной на нефть является Майско-Кыллахская зона Верхоянского складчато-надвигового пояса, которая вместе с Сеттэ-Дабаном входит в Алдано-Майский палеобассейн [5]. Здесь прогнозные ресурсы нефти составляют 300 млн т [2]. Другие районы Вер-

хоянья, Приколымского и Омилевского террейнов характеризуются несопоставимо худшей изученностью, и нефтепроявления в них единичны. Уже упомянутая фундаментальная работа В. В. Иванова и Б. А. Клубова [13] до сих пор остаётся единственной сводкой по нефтепроявлениям Северо-Востока Азии. Тем не менее в южной части Омилевского и Приколымского террейнов Ф. А. Мигурским выделена Омилевская нефтегазоносная область [16].

Единственное проявление нефти среди рифейско-палеозойских толщ Северо-Востока Азии (за исключением Алдано-Майского бассейна) было выявлено Б. В. Пепеляевым [20] на Приколымском террейне, в правом борту р. Поповки (правый приток р. Колымы) в известняках нятвенской толщи среднего карбона (рис. 1, № 10). В среднедевонских известняках Омилевского террейна (бассейн р. Уяндины) и ранне-среднедевонских Верхоянского складчато-надвигового пояса (низовья р. Лены) известны выходы малът. Все прочие проявления негазообразных углеводородов, общим числом менее 20, относятся к твёрдым битумоидам: асфальтитам, керитам и антраксолитам.

Анализ пространственного размещения и стратиграфической позиции нефтепроявлений, минерализации Pb-Zn MVT, медистых песчаников и сланцев показывает, что на всех трёх главных геохронологических уровнях (рифейском, венд-раннекембрийском, позднесилурийско-раннекаменноугольном) они сосредоточены в пределах единых площадей, по своим размерам соответствующим металлогеническим и нефтегазоносным зонам, реже районам. Наиболее ярким примером является Майско-Кыллахская зона, где скважину «Усть-Майская 366», вскрывшую наиболее нефтепродуктивные части разреза рифея и венда [2] и Pb-Zn месторождение Сардана, разделяет менее 100 км. Следует обратить внимание на то, что рудная минерализация двух рассматриваемых типов всегда занимает относительно углеводородов или одинаковый стратиграфический уровень, или более низкий. Это может объясняться «всплытием» более лёгких нефтей относительно более тяжёлых металлоносных рассолов. Рассматривая данный феномен с позиций нафторудогенеза [1, 15], мы приходим к выводу о существовании на Северо-Восточной окраине Северо-Азиатского кратона двух крупных нафторудогенных систем, формировавшихся последовательно в двух мега-ОБ рифтогенно-шельфовой природы: вначале в рифей-

Таблица. Стратиграфическая позиция стратиформной минерализации Cu, Pb, Zn и нефтепроявлений Северо-Востока Азии

Система, эонотема	Отдел	Типы природных битумов					Геолого-генетические типы минерализации	
		Нефть	Мальты	Асфальты	Кериты	Антраксолиты	Pb-Zn «типа Миссисипи»	Cu-песчаники и сланцы
Пермская	3					1 (известняки)		
	2							
	1		2 (песчаники)					
Каменно-угольная	3							
	2	10 (известняки)						
	1							
Девонская	3		5 (известняки)			8 (известняки)	3 (известняки)	4 (алевролиты, песчаники)
	2			6 (известняки)	9 (известняки)		11 (доломиты)	12 (песчаники, алевролиты)
	1							
Силурийская	2		7 (известняки)				13 (доломиты)	
	1							
Ордовикская	3							
	2						14 (доломиты)	
	1							
Кембрийская	3				15 (известняки)			
	2	16 (известняки)						
	1						19 (доломиты)	
Вендская	2	17 (доломиты)					20 (доломиты)	21 (песчаники)
	1							
Рифейская	3	18 (известняки)					22, 23 (доломиты)	24 (песчаники)
	2							
	1							25 (филлиты)

Примечание. Цветами показано положение в стратиграфическом разрезе осадочных бассейнов разного возраста; надписи в скобках – состав вмещающих пород, числа – номера нефте- и рудопроявлений, обозначенных также на рис. 1.

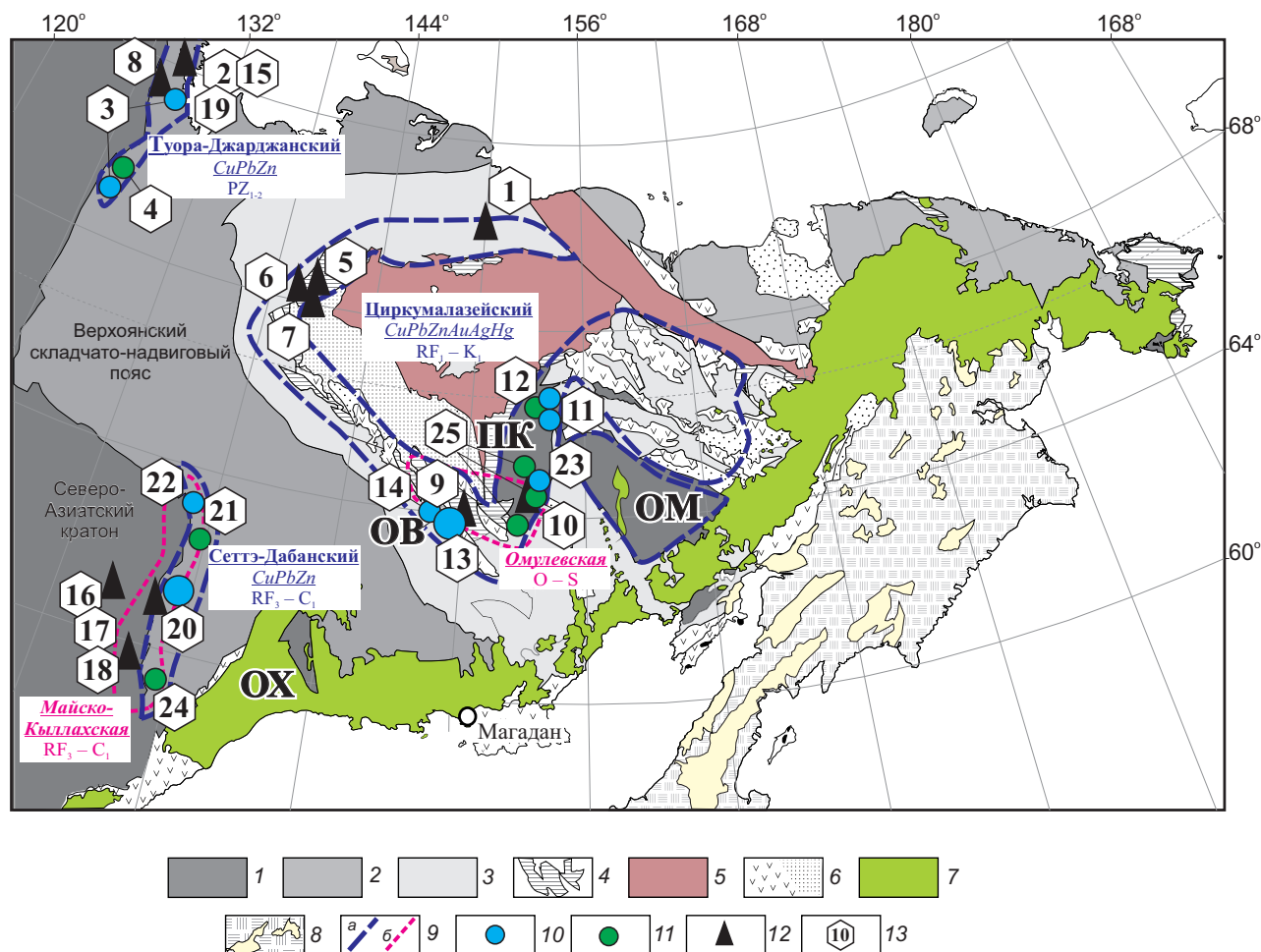


Рис. 1. Размещение стратиформной Cu, Pb, Zn минерализации и проявлений углеводородов в тектонической структуре Северо-Востока Азии:

1 – докембрийские кратоны и перикратонные террейны (ОМ – Омолонский, ОХ – Охотский, ОВ – Омүлевский, ПК – Приколымский); 2 – каменноугольные, пермские и триасовые шельфовые комплексы пассивных окраин Северо-Азиатского кратона и Чукотского блока; 3 – триасовые и юрские турбидитовые террейны Яно-Колымского пояса; 4 – палеозойские террейны пассивной континентальной окраины; 5 – террейны океанические и аккреционной призм; 6 – юрско-меловые вулканогенные пояса и осадочные бассейны; 7 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс; 8 – Корякско-Камчатские вулканогенные пояса кайнозойского возраста; 9 – а – доаккреционные металлогенические пояса со стратиформным Cu, Pb, Zn оруденением (Циркумалазейский, Сеттэ-Дабанский, Туора-Джарджанский) и б – нефтегазоносные зоны (Майско-Кыллахская, Омүлевская) и интервалы становления соответствующих осадочных бассейнов; 10–12 – нефте- и рудопроявления: 10 – свинцово-цинковые миссисипского типа, 11 – медистых песчаников и сланцев, 12 – углеводородов; 13 – номера нефте- и рудопроявлений в таблице

ском Протоверхоянском, затем в вендско-палеозойском Верхоянском. При этом масштабы руды и нефтеконцентрации в последнем несопоставимо более высоки, что может быть как следствием большей сохранности его более молодых комплексов, не претерпевших таких деформаций и мета-

морфизма, так и отражать намного более активное и динамичное развитие агрессивного (в соответствии с терминами, предложенными И. А. Гарагаш и др., [8]) Верхоянского осадочного бассейна, которое завершилось масштабным базитовым рифтогенным магматизмом и формированием в

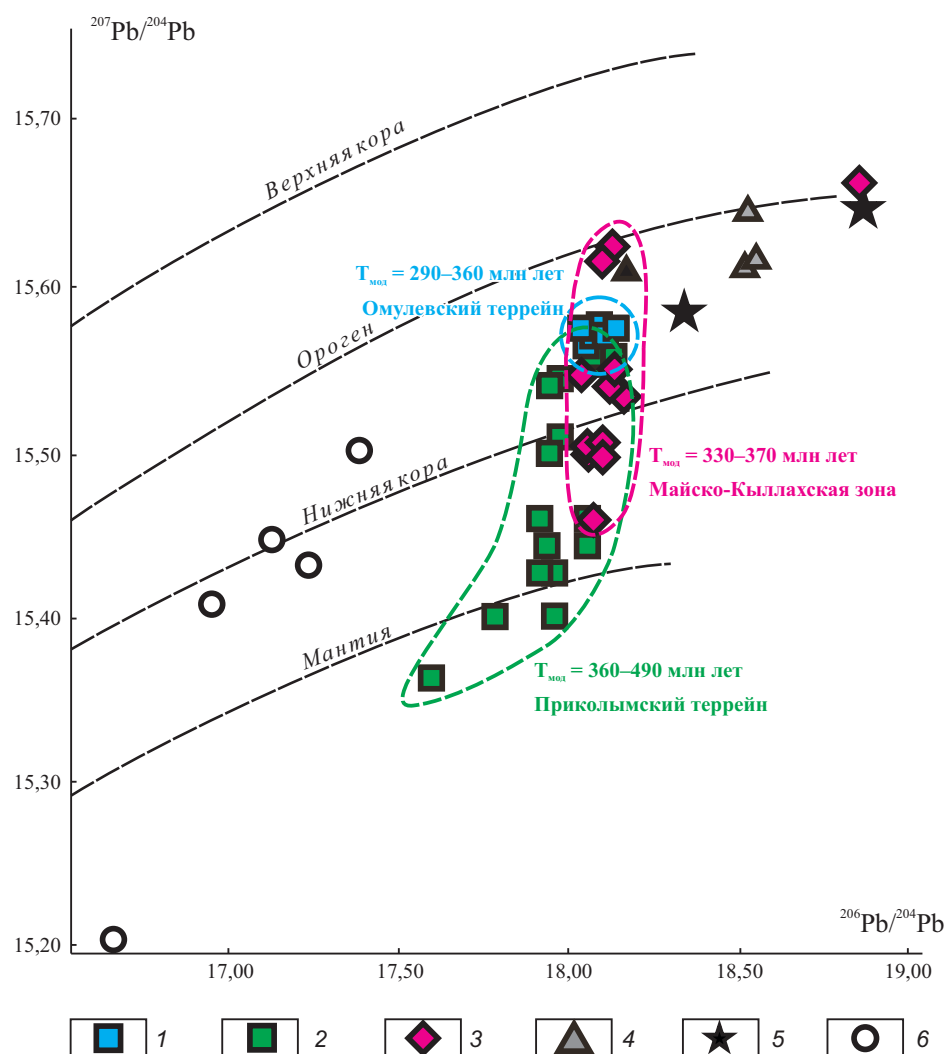


Рис. 2. Изотопный состав свинца сульфидов рудопроявлений и месторождений Северо-Востока Азии. По данным [11, 13, 29]:

1–3 – стратиформная Pb-Zn MVT минерализация: 1 – Омулевского и 2 – Приколымского террейнов, 3 – Майско-Кыллахской зоны ВСНП; 4–6 – жильное и штокерковое оруденение орогенных и окраинно-континентальных поясов: 4 – медно-порфировая Ундино-Ясачненского вулканогенного пояса, 5 – золото-редкометалльная Яно-Колымского орогенного пояса, 6 – золото-серебряная Кедонского вулканогенного пояса

триасе океанического бассейна [10]. Позднепалеозойские разрезy Северо-Востока Азии существенно отличаются от раннепалеозойских и рифейских наличием большей доли алевропелитовых пород, которая в Хиулганской и Битумской зонах Омулевского или Ясачненской и Сугойской зонах Приколымского террейнов достигает 70–80 % [7]. Для сравнения, в разрезах ордовика и силура она не превышает 30 % [3]. Элизийные термодегидратационные воды, которые при захоронении

таких больших глинистых масс образовывались в огромных количествах, активно выносили металлы не только непосредственно из осадочной толщи, но и из подстилающих комплексов метаморфического цоколя. На это указывают (в том числе) данные изотопии рудного свинца. На диаграмме Стейси-Краммерса (рис. 2) точки Pb-Zn MVT объектов Верхоянского складчато-надвигового пояса, Приколымского и Омулевского террейнов образуют единый тренд эволюции с близкими

значениями $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. При этом поле свинцов Приколымского террейна наиболее протяжённое, пересекающее линии мантии и нижней коры. Поле свинцов Верхоянского складчато-надвигового пояса ограничено линиями нижней коры и орогена. Все точки параметров рудного свинца Омуповского террейна соответствуют орогену. Подобным же образом закономерно изменяются модельные возрасты. Самые древние из них характерны для рудопоявлений Приколымского террейна, где $T_{\text{мод}}$ превышает возраст вмещающих толщ. Это говорит о заимствовании вещества из более древнего субстрата, который на Приколымье в обилии представлен архейско-раннепротерозойскими и рифейскими комплексами пёстрого состава. Свинцы Верхоянья более молодые и не выходят за пределы возраста вмещающих толщ. Наименьшие значения (282–292 млн лет) модельного возраста, наблюдаемые у свинцов Омуповского террейна, соответствуют времени завершения развития Верхоянского мега-ОБ. К близким выводам об образовании Pb-Zn оруденения за счёт докембрийского геохимического резервуара пришёл В. И. Шпикерман с соавторами [28]. Для Майско-Кыллахской зоны Верхоянского складчато-надвигового пояса Д. И. Павлов обосновал длительное (с венда до мезозоя) формирование стратиформной Pb-Zn MVT минерализации в ходе эволюции нефтегазоносного осадочного бассейна [30]. С учётом приведённых выше соображений мы считаем возможным распределить данную

модель на все площади распространения шельфовых рифейско-палеозойских комплексов Северо-Востока Азии.

Северо-Восточная окраина Северо-Азиатского кратона, включающая перикратонные шельфовые террейны (Приколымский и Омуповский), выделяется достаточно уникальной тесной ассоциацией стратиформного оруденения (Pb-Zn MVT, медистые песчаники), содержащего многочисленные (несколько десятков) рудопоявления, крупное Pb-Zn месторождение Сардана и масштабные скопления нефти, прогнозные ресурсы которых в Алдано-Майской зоне составляют 300 млн т, а в Омуповской – 72 млн т [16]. Аналогичные примеры в мире редки, наиболее известным является металлогеническая провинция Миссисипи в США с гигантскими месторождениями Вибурнум-Тренд, Тристейт, Верхняя Долина Миссисипи, Олд Лид, окружённая столь же гигантскими нефтегазоносными бассейнами Техаса и центральных штатов. Это, с одной стороны, делает регион весьма подходящей «площадкой» для дальнейшего развития наших представлений о бассейновом нефте- и рудогенезе, совершенствования геолого-генетических моделей элизионно-водородного рудообразования, а с другой, повышает экономическую значимость расположенных здесь стратиформных рудных объектов и концентраций углеводородов и ставит на повестку дня вопрос о необходимости их активного изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аглонов С. В., Лебедев Б. А. Нафторудогенез. – М. : Научный мир, 2010. – 224 с.
2. Баженова Т. К., Маргулис Л. С. Нефтегазообразование в Алдано-Майском бассейне Сибирской платформы // Нефтегазовая геология: теория и практика. – 2014. – Т. 9, № 4. – С. 1–18.
3. Биостратиграфия и фации ордовика–силура Северо-Востока СССР / Составитель М. М. Орадовская. – М. : Недра, 1988. – 176 с.
4. Булгакова М. Д. Ранний-средний палеозой Северо-Востока СССР (седиментологический анализ). – Якутск : ЯНЦ СО АН СССР, 1991. – 104 с.
5. Варнавский В. Г. Алдано-Майский осадочный бассейн (Юго-Восток Северо-Азиатского кратона): литостратиграфия докембрия, кембрия // Тихоокеанская геология. – 2015. – Т. 34, № 2. – С. 82–102.
6. Вассоевич Н. Б. Исходное вещество для нефти и газа // Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений. – М. : Недра, 1972. – С. 39–70.
7. Гагиев М. Х. Средний палеозой Северо-Восточной Азии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1996. – 120 с.
8. Гарагаи И. А., Иогансон Л. И., Шлезингер А. Е. Орогенные, глубокие платформенные и агрессивные осадочные бассейны и физические механизмы их образования // Вестник ОГГГН РАН. – 2000. – № 4. – С. 1–9.
9. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А. И. Ханчука. – Кн. 1–2. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – 981 с.
10. Глухов А. Н. Тектонические факторы рудогенеза докембрийских террейнов на примере Приколымского поднятия и Омолонского массива (Северо-Восток Азии) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. – 2019. – Т. 64, Вып. 2. – С. 219–248.

11. Глухов А. Н., Бирюков А. Н. Геохимическая специализация гидротермального оруденения Приколымского террейна (Северо-Восток России) и её связь со структурой и составом вмещающих комплексов // Тихоокеанская геология. – 2022. – Т. 41, № 2. – С. 75–88.
12. Давыдов Ю. В., Чиряев А. Г., Костин А. В., Соболев А. Е. Стратиформное оруденение Якутии (свинец, цинк, медь) // Стратиформное оруденения Якутии. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1988. – С. 5–24.
13. Иванов В. В., Клубов Б. А. Нафтиды и нафтоиды Северо-Востока СССР. – М. : Наука, 1979. – 148 с.
14. Костин А. В., Зайцев А. И., Попов А. К., Тыллар В. И. Изотопный состав свинца галенитов, вопросы генезиса и возраста стратиформных месторождений Восточной Якутии // Минералого-геохимические аспекты магматизма и оруденения Якутии. – Якутск : Научный центр СО РАН, 1993. – С. 158–171.
15. Лебедев Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л. : Недра, 1992. – 239 с.
16. Мигурский Ф. А. Перспективы нефтегазоносности Омурского поднятия : специальность 25.00.12 Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений : на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Феликс Анатольевич Мигурский. – Новосибирск, 2007. – 21 с.
17. Никишин А. М. Механизмы формирования осадочных бассейнов // Образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 63–68.
18. Павлов Д. И., Горжевский Д. И., Голева Г. А. Сопряжённость рудо- и нефтеобразующих систем в осадочных бассейнах и прогноз рудных месторождений // Геология рудных месторождений. – 1991. – № 5. – С. 39–45.
19. Павловская Е. А., Худoley А. К. Тектоника и геологическое строение Майско-Кыллахской зоны (Южное Верхоянье) по результатам построения сбалансированных разрезов // Геодинамика и тектонофизика. – 2024. – Т. 15, № 1. – С. 1–17.
20. Пепеляев Б. В. О находке неметаморфизованного битума в юго-восточной части Колымского срединного массива // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. – Магадан, 1961. – С. 268–270.
21. Соболев П. Н., Шиганова О. В., Дыхан С. В., Ахмедова А. Р. Новые данные о перспективах нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58, № 3–4. – С. 643–656.
22. Ступакова А. В., Пашали А. А., Волянская В. В., Суслова А. А., Завьялова А. П. Палеобассейны – новая концепция моделирования истории геологического развития и нефтегазоносности регионов // Георесурсы. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 4–12. – DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.4-12>
23. Феоктистов В. П., Иогансон А. К., Неклюдов А. Г. Металлогения осадочных бассейнов. – Л. : ВСЕГЕИ, 1997. – 75 с.
24. Холодов В. Н. Типы катагенетических изменений в стратифере и осадочные полезные ископаемые // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. – 2011. – Т. 153, № 4. – С. 16–53.
25. Чехов А. Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окаинноморская модель). – М. : Научный мир, 2000. – 204 с.
26. Шпикерман В. И. Домеловая минерагения Северо-Востока Азии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 333 с.
27. Шпикерман В. И., Брусницына Е. А. Новая схема распространения протерозойских образований Восточного Приколымья // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 08–10 апреля 2020 г. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2020. – С. 158–162.
28. Шпикерман В. И., Горячев Н. А., Раткин В. В., Чугаев А. В. Геология изотопов рудного свинца юга Омурского террейна (Циркумалазийский металлогенический пояс) // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит : Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием, Владивосток, 20–23 сентября 2016 г. – Владивосток : Дальнаука, 2016. – С. 386–388.
29. Шпикерман В. И., Чернышев И. В., Агапова А. А., Троцкий В. А. Геология изотопов рудного свинца центральных районов Северо-Востока России. – Магадан : СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1993. – 67 с.
30. Шульдинер В. И. Докембрийский фундамент Тихоокеанского пояса и обрамляющих платформ. – М. : Недра, 1982. – 226 с.
31. Эндогенные источники рудного вещества / Под ред. Ф. В. Чухрова. – М. : Наука, 1987. – 246 с.
32. Hitzman M. W., Selley D., Bull S. Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History // Economic Geology. – 2010. – V. 105. – P. 627–639.
33. Khudoley A. K., Rainbird R. H., Stern R. A., Kropachev A. P., Heaman L. M., Zanin A. M., Podkovyrov V. N., Belova V. N., Sukhorukov V. I. Sedimentary evolution of the Riphean-Vendian basin of south-eastern Siberia // Precambrian Research. – 2001. – V. 111. – P. 129–163.
34. Leach D. L., Bradley D., Lewchuk M. T., Symons D. T., Marsily G., Brannon J. Mississippi valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research // Mineralium Deposita. – 2001. – V. 36, № 8. – P. 711–740.
35. Selley R. C. An introduction to Sedimentology. – London : Academic Press, 1976. – 240 p.

REFERENCES

1. *Aplonov S. V., Lebedev B. A.* Naftorudogenez [Fluoro-Rudogenesis], Moscow, Nauchnyy mir publ., 2010, 224 p. (In Russ.)
2. *Bazhenova T. K., Margulis L. S.* Neftegazooobrazovaniye v Aldano-Mayskom bassejne Sibirskoy platformy [Oil and gas formation in the Aldan-May basin of the Siberian platform], Neftegazovaya geologiya: teoriya i praktika, 2014, V. 9, No. 4, pp. 1–18. (In Russ.)
3. *Biostratigrafiya i fatsii ordovika–silura Severo-Vostoka SSSR* [Biostratigraphy and facies of the Ordovician–Silurian of the North-East of the USSR], M. M. Oradovskaya, Moscow, Nedra publ., 1988, 176 p. (In Russ.)
4. *Bulgakova M. D.* Ranniy-sredniy paleozoy Severo-Vostoka SSSR (sedimentologicheskiy analiz) [Early-Middle Paleozoic of the North-East of the USSR (sedimentological analysis)], Yakutsk, YANTS SO AN SSSR publ., 1991, 104 p. (In Russ.)
5. *Varnavskiy V. G.* Aldano-Mayskiy osadochnyy basseyn (Yugo-Vostok Severo-Aziatskogo kratona): litostratigrafiya dokembriya, kembriya [Aldan-Maya sedimentary basin (Southeast of the North Asian craton): lithostratigraphy of the Precambrian, Cambrian], Tikhookeanskaya geologiya, 2015, V. 34, No. 2, pp. 82–102. (In Russ.)
6. *Vassoyevich N. B.* Iskhodnoye veshchestvo dlya nefi i gaza [Initial substance for oil and gas], Proiskhozhdeniye nefi i gaza i formirovaniye ikh mestorozhdeniy, Moscow, Nedra publ., 1972, pp. 39–70. (In Russ.)
7. *Gagiye M. Kh.* Sredniy paleozoy Severo-Vostochnoy Azii [Middle Paleozoic of North-East Asia], Magadan, SVKNII DVO RAN publ., 1996, 120 p. (In Russ.)
8. *Garagash I. A., Ioganson L. I., Shlezinger A. Ye.* Orogennyye, glubokiye platformennyye i agressivnyye osadochnyye basseyny i fizicheskiye mekhanizmy ikh obrazovaniya [Orogenic, deep platform and aggressive sedimentary basins and physical mechanisms of their formation], Vestnik OGGGGN RAN, 2000, No. 4, pp. 1–9. (In Russ.)
9. *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii* [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia], ed. A. I. Khanchuk, Book 1–2, Vladivostok, Dal'nauka publ., 2006, 981 p. (In Russ.)
10. *Glukhov A. N.* Tektonicheskiye faktory rudogeneza dokembriyskikh terreyinov na primere Prikolymnskogo podnyatiya i Omolonskogo massiva (Severo-Vostok Azii) [Tectonic factors of ore genesis of Precambrian terranes on the example of the Prikolymnsky uplift and Omolon massif (Northeast Asia)], Vestnik SPbGU. Nauki o Zemle, 2019, V. 64, Is. 2, pp. 219–248. (In Russ.)
11. *Glukhov A. N., Biryukov A. N.* Geokhimicheskaya spetsializatsiya gidrotermal'nogo orudneniya Prikolymnskogo terreyina (Severo-Vostok Rossii) i yeye svyaz' so strukturoy i sostavom vmeshchayushchikh kompleksov [Geochemical specialization of hydrothermal mineralization of the Prikolymsky terrane (North-East of Russia) and its relationship with the structure and composition of the host complexes], Tikhookeanskaya geologiya, 2022, V. 41, No. 2, pp. 75–88. (In Russ.)
12. *Davydov Yu. V., Chiryayev A. G., Kostin A. V., Sobolev A. E.* Stratiformnoye orudneniye Yakutii (svints, tsink, med') [Stratiform mineralization of Yakutia (lead, zinc, copper)], Stratiformnoye orudneniye Yakutii, Yakutsk, YAF SO AN SSSR publ., 1988, pp. 5–24. (In Russ.)
13. *Ivanov V. V., Klubov B. A.* Naftidy i naftoidy Severo-Vostoka SSSR [Naphthides and naphthoids of the North-East of the USSR], Moscow, Nauka publ., 1979, 148 p. (In Russ.)
14. *Kostin A. V., Zaytsev A. I., Popov A. K., Tyllar V. I.* Izotopnyy sostav svinca galenitov, voprosy genezisa i vozrasta stratiformnykh mestorozhdeniy Vostochnoy Yakutii [Isotopic composition of lead in galenas, questions of the genesis and age of stratiform deposits in Eastern Yakutia], Mineralogo-geokhimicheskie aspekty magmatizma i orudneneniya Yakutii, Yakutsk, Nauchnyy centr SO RAN publ., 1993, pp. 158–171. (In Russ.)
15. *Lebedev B. A.* Geokhimiya epigeneticheskikh protsessov v osadochnykh basseynakh [Geochemistry of epigenetic processes in sedimentary basins], Leningrad, Nedra publ., 1992, 239 p. (In Russ.)
16. *Migurskiy F. A.* Perspektivy neftegazonosnosti Omulevskogo podnyatiya [Oil and gas potential prospects of the Omulevsky uplift], Novosibirsk, 2007, 21 p. (In Russ.)
17. *Nikishin A. M.* Mekhanizmy formirovaniya osadochnykh basseynov [Mechanisms of formation of sedimentary basins], Obrazovatel'nyy zhurnal, 2001, V. 7, No. 4, pp. 63–68. (In Russ.)
18. *Pavlov D. I., Gorzhevskiy D. I., Goleva G. A.* Sopryazhennost' rudo- i nefteobrazuyushchikh sistem v osadochnykh basseynakh i prognoz rudnykh mestorozhdeniy [Conjugacy of ore- and oil-forming systems in sedimentary basins and forecast of ore deposits], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1991, No. 5, pp. 39–45. (In Russ.)
19. *Pavlovskaya Ye. A., Khudoley A. K.* Tektonika i geologicheskoye stroeniye Maysko-Kyllakhskoy zony (Yuzhnoye Verkhoyan'ye) po rezul'tatam postroyeniya sbalansirovannykh razrezov [Tectonics and geological structure of the Maysko-Kylakh zone (Southern Verkhoyanye) based on the results of constructing balanced sections], Geodinamika i tektonofizika, 2024, V. 15, No. 1, pp. 1–17. (In Russ.)

20. *Pepelyayev B. V.* O nakhodke nemetamorfizovannogo bituma v yugo-vostochnoy chasti Kolym'skogo sredinogo massiva [On the discovery of unmetamorphosed bitumen in the southeastern part of the Kolyma median massif], *Materialy po geologii i poleznym iskopayemym Severo-Vostoka SSSR*, Magadan, 1961, pp. 268–270. (In Russ.)
21. *Sobolev P. N., Shiganova O. V., Dykhan S. V., Akhmedova A. R.* Novyye dannyye o perspektivakh neftegazonosnosti Aldano-Mayskoy vpadiny [New data on the oil and gas potential of the Aldan-Maya depression], *Geologiya i geofizika*, 2017, V. 58, No. 3–4, pp. 643–656. (In Russ.)
22. *Stupakova A. V., Pashali A. A., Volyanskaya V. V., Suslova A. A., Zav'yalova A. P.* Paleobasseyny – novaya kontseptsiya modelirovaniya istorii geologicheskogo razvitiya i neftegazonosnosti regionov [Paleobasins – a new concept for modeling the history of geological development and oil and gas potential of regions], *Georesursy*, 2019, V. 21, No. 2, pp. 4–12. (In Russ.)
23. *Feoktistov V. P., Ioganson A. K., Neklyudov A. G.* Metallogeniya osadochnykh basseynov [Metallogeny of sedimentary basins], Leningrad, VSEGEI publ., 1997, 75 p. (In Russ.)
24. *Kholodov V. N.* Tipy katageneticheskikh izmeneniy v stratisfere i osadochnyye poleznyye iskopayemye [Types of catagenetic changes in the stratisphere and sedimentary minerals], *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Yestestvennyye nauki*, 2011, V. 153, No. 4, pp. 16–53. (In Russ.)
25. *Chekhov A. D.* Tektonicheskaya evolyutsiya Severo-Vostoka Azii (okrainnomorskaya model') [Tectonic evolution of Northeast Asia (marginal sea model)], Moscow, Nauchnyy mir publ., 2000, 204 p. (In Russ.)
26. *Shpikerman V. I.* Domelovaya minerageniya Severo-Vostoka Azii [Pre-Cretaceous Minerageny of North-East Asia], Magadan, SVKNII DVO RAN publ., 1998, 333 p. (In Russ.)
27. *Shpikerman V. I., Brusnitsyna Ye. A.* Novaya skhema rasprostraneniya proterozoy'skikh obrazovaniy Vostochnogo Prikolym'ya [New distribution scheme of Proterozoic formations of the Eastern Kolymye], *Geologiya i mineral'no-syr'yevyye resursy Severo-Vostoka Rossii. Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. 08–10 aprelya 2020 g. Yakutsk, Izdatel'skiy dom SVFU publ.*, 2020, pp. 158–162. (In Russ.)
28. *Shpikerman V. I., Goryachev N. A., Ratkin V. V., Chugayev A. V.* Geologiya izotopov rudnogo svintsy yuga Omulevskogo terreyne (Tsirkumalazey'skiy metallogenicheskiy poynas) [Geology of ore lead isotopes in the south of the Omulevsky terrane (Circumalazeya metallogenetic belt)], *Vladivostok, Dal'nauka publ.*, 2016, pp. 386–388. (In Russ.)
29. *Shpikerman V. I., Chernyshev I. V., Agapova A. A., Troitskiy V. A.* Geologiya izotopov rudnogo svintsy tsentral'nykh rayonov Severo-Vostoka Rossii [Geology of isotopes of ore lead in the central regions of North-East Russia], Magadan, SVKNII DVNTS AN SSSR publ., 1993, 67 p. (In Russ.)
30. *Shul'diner V. I.* Dokembriyskiy fundament Tikhookeanskogo poynasa i obramlyayushchikh platform [Precambrian basement of the Pacific belt and framing platforms], Moscow, Nedra publ., 1982, 226 p. (In Russ.)
31. *Endogennyye istochniki rudnogo veshchestva* [Endogenous sources of ore matter], ed. F. V. Chukhrov, Moscow, Nauka publ., 1987, 246 p. (In Russ.)
32. *Hitzman M. W., Selley D., Bull S.* Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History, *Economic Geology*, 2010, V. 105, pp. 627–639.
33. *Khudoley A. K., Rainbird R. H., Stern R. A., Kropachev A. P., Heaman L. M., Zanin A. M., Podkovyrov V. N., Belova V. N., Sukhorukov V. I.* Sedimentary evolution of the Riphean-Vendian basin of south-eastern Siberia. *Precambrian Research*, 2001, V. 111, pp. 129–163.
34. *Leach D. L., Bradley D., Lewchuk M. T., Symons D. T., Marsily G., Brannon J.* Mississippi valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research. *Mineralium Deposita*, 2001, V. 36, No. 8, pp. 711–740.
35. *Selley R. C.* An introduction to Sedimentology, London, Academic Press, 1976, 240 p.

Статья поступила в редакцию 27.04.26; одобрена после рецензирования 06.05.26; принята к публикации 06.05.26.
The article was submitted 27.04.26; approved after reviewing 06.05.26; accepted for publication 06.05.26.