

Обстановки осадконакопления как основа генетической типизации базовых критериев нефтегазоносности

А.В. Ступакова, Н.И. Коробова, А.В. Мордасова*, Р.С. Сауткин, Е.Д. Сивкова, М.А. Большакова, М.Е. Воронин, А.А. Сулова, М.Ю. Карпушин, Д.Д. Кожанов, М.Л. Махнутина, Н.С. Шевчук, И.Я. Богатырева, В.В. Чупахина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Основанием большинства классификаций коллекторов, флюидоупоров или нефтегазоматеринских толщ (НГМТ) выступает способность породы генерировать, вмещать или сохранять углеводороды и удерживать их, при этом не всегда учитывается генезис отложений. В статье представлена схема ранжирования континентальных, прибрежно-морских и морских обстановок осадконакопления, определяющих генезис и свойства НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологически экранированных ловушек – базовых критериев нефтегазоносности осадочного бассейна.

В каждой среде осадконакопления формируются породы, которые впоследствии могут выполнять функции НГМТ, коллекторов и флюидоупоров. Но их строение, состав и область распространения будут отличаться между собой в зависимости от среды и обстановок осадконакопления. Формируется сочетание элементов углеводородной системы, соответствующее среде осадконакопления и характерное для бассейнов разного типа. Континентальные обстановки благоприятны для формирования коллекторов и локальных флюидоупоров, в то время как накопление НГМТ ограничено озерными, пойменными и болотными фациями. Прибрежно-морская среда благоприятна для формирования всех базовых критериев нефтегазоносности, а трансгрессивно-регрессивная цикличность определяет переслаивание в разрезе НГМТ, коллекторов и флюидоупоров. Морская среда осадконакопления наиболее благоприятна для накопления региональных флюидоупоров и НГМТ, в том числе и высокоуглеродистых формаций.

Предлагаемая схема ранжирования обстановок осадконакопления и генетически связанных с ними базовых критериев нефтегазоносности может быть использована в системном анализе при поиске аналогов элементов углеводородной системы в осадочных комплексах, сформировавшихся в сходных обстановках осадконакопления.

Ключевые слова: обстановки осадконакопления, базовые критерии нефтегазоносности, элементы углеводородных систем, нефтегазоматеринская толща, коллектор, флюидоупор

Для цитирования: Ступакова А.В., Коробова Н.И., Мордасова А.В., Сауткин Р.С., Сивкова Е.Д., Большакова М.А., Воронин М.Е., Сулова А.А., Карпушин М.Ю., Кожанов Д.Д., Махнутина М.Л., Шевчук Н.С., Богатырева И.Я., Чупахина В.В. (2023). Обстановки осадконакопления как основа генетической типизации базовых критериев нефтегазоносности. *Георесурсы*, 25(2), с. 75–88. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.2.6>

Введение

Условия осадконакопления определяют генезис, свойства и особенности распределения в пространстве базовых критериев нефтегазоносности, или элементов углеводородных систем, к которым относятся нефтегазоматеринская толща (НГМТ), коллектор, флюидоупор и ловушки нефти и газа. Нефтегазоматеринская толща, коллектор и флюидоупор непосредственно связаны с породой, ее литологическим типом, составом и свойствами. Строение наиболее распространенных типов ловушек, структурных и стратиграфически экранированных, больше зависит от структурно-морфологического фактора. Однако литологически экранированные ловушки связаны с изменениями состава пород, которые чаще происходят при смене обстановок осадконакопления. Анализ связи условий

образования отложений с формированием базовых критериев нефтегазоносности необходим для качественного прогноза наиболее благоприятных мест для формирования залежей нефти и газа и количественной их оценки.

Базовые критерии нефтегазоносности и обстановки осадконакопления классифицируются по-разному. Основным критерием многих общепринятых детальных классификаций обстановок осадконакопления выступает только литологический тип формирующейся породы, генезис и изменчивость свойств НГМТ, коллекторов и флюидоупоров не рассматриваются. В существующие классификации редко включаются обстановки, в которых накапливаются высокоуглеродистые формации. Эти вопросы еще требуют дальнейшего изучения. В настоящей работе предпринята попытка показать, какие обстановки осадконакопления из общепринятых классификаций благоприятны для формирования элементов углеводородной системы.

Необходимость решения данной задачи отмечали многие учёные, принимавшие активное участие в поисково-разведочных работах на нефть и газ. В.П. Алексеев

* Ответственный автор: Алина Владимировна Мордасова
e-mail: a.mordasova@oilmsu.ru

© 2023 Коллектив авторов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

(2007; 2011) на основе анализа большого объёма кернового материала из юрско-меловых отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (НГБ) создал классификации континентальных и морских терригенных обстановок и учёл качественное изменение свойств коллекторов в зависимости от их генезиса. Р. Дж. Данэм (1959) и Р.Л. Фолк (1963) разработали генетическую классификацию карбонатных пород на основе анализа структуры породы и соотношения форменных компонентов и матрикса, ими также сделан качественный прогноз коллекторских свойств пород. К.И. Багринцевой (1977) разработана оценочно-генетическая классификация карбонатных пород-коллекторов, учитывающая как их основные ёмкостно-фильтрационные параметры: пористость, проницаемость, остаточная водонасыщенность, так и взаимосвязь этих свойств с литогенетическими типами карбонатных пород и ролью седиментации в формировании коллекторов различного типа. Классификация НГМТ А.С. Пеппер и П.Дж. Корви (Pepper, Corvi, 1995) учитывает генетическую принадлежность пород, обогащенных органическим веществом, поскольку это напрямую влияет на тип захороненного органического вещества и генерационный потенциал НГМТ. В.Т. Фролов (1995) также рассматривает обстановки формирования толщ, обогащенных органическим веществом. Ссылаясь на Н.М. Страхова, В.Т. Фролов выделяет обстановки «подводных лугов», современных, как в дельте Волги, и ископаемых, как ааленские угленосные толщи Дагестана и среднеордовикские кукурситы Эстонии, представляющие собой особые застойные биоценозы с высокой продуктивностью бентосной фауны (Фролов, 1995). Кроме того, ключевые классификационные признаки НГМТ были исследованы О.К. Баженовой, Т.К. Баженовой, С.Г. Неручевым, Н.Б. Вассоевичем и другими, однако все они основаны на различных геохимических критериях и не учитывают литолого-геохимические особенности формирования НГМТ.

Классификации коллекторов, флюидоупоров или НГМТ базируются, как правило, на способности породы генерировать, вмещать или сохранять углеводороды, но без учета генезиса отложений, поскольку на породу влияют также вторичные изменения. Тем не менее, учитывать генезис пород при характеристике базовых критериев нефтегазоносности целесообразно, так как исходные свойства породы определяют все последующие процессы ее изменения.

Обстановка осадконакопления, генезис породы могут служить общим параметром ранжирования элементов углеводородной системы. Унифицированный подход к ранжированию критериев нефтегазоносности по генезису пород необходим для упрощения работы с разрозненными данными и результатами их обработки в автоматизированных системах, а также для возможности сопоставления критериев нефтегазоносности по единому генетическому признаку.

В настоящей работе представлена схема ранжирования обстановок осадконакопления с характерными фациями и типами пород, благоприятными для формирования НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологических ловушек нефти и газа. В основу предлагаемого ранжирования положены наиболее часто используемые классификации, предложенные в работах Н.М. Страхова (1960), Х.Г. Рединга

(1990), Р.Ч. Селли (1970), В.Т. Фролова (1995), Р.Дж. Уолкера и Н.П. Джеймса (1992), В.П. Алексеева (2011), В.А. Жемчуговой (2014) и др. Связь обстановок осадконакопления с условиями формирования элементов углеводородных систем установлена по работам В.П. Алексеева (2007; 2011), К.И. Багринцевой (1977), Ю.К. Бурлина и А.И. Конюхова (1991), Ю.О. Гаврилова (2008), В.А. Жемчуговой (2014), Е.Е. Карньюшиной (2003; 2022), В.Г. Кузнецова (2007) и др. Связь обстановок осадконакопления и формирования базовых критериев углеводородной системы легла в основу ранжирования и типизации НГМТ, коллекторов, флюидоупоров по их свойствам.

Обстановки осадконакопления. В предлагаемой классификации как наивысший ранг выделяется *класс отложений*, который соответствует *среде осадконакопления*, т.е. генетически взаимосвязанным наборам фаций, накапливающихся в самых крупных физико-географических зонах – континентальной, прибрежно-морской и морской (по (Selley, 1970; Жемчугова, 2014)). Каждая среда осадконакопления определяется набором обстановок осадконакопления с характерным для нее типом отложений. Под обстановкой осадконакопления понимается физико-географическая (геоморфологическая), динамическая и геохимическая обстановка формирования отложений (по (Selley, 1970, Фролов, 1995, Алексеев, 2011)) (рис. 1). Часто обстановки осадконакопления выделяются по преобладающему способу и характеру переноса осадочного материала.

В каждой обстановке осадконакопления выделяется *группа фаций (парагенез фаций)* – генетически и пространственно взаимосвязанный набор фаций (Рединг, 1990). В пределах группы фаций можно выделить отдельные *фации* – осадочные тела или ассоциации горных пород, которые обладают определенными признаками, отражающими *условия их осадконакопления* (термодинамические условия, концентрации компонентов, агрегатное состояние, динамику осадконакопления и т.п.) и отличающимися их от соседних или ассоциирующих с ними пород (по (Рединг, 1990; Gressly, 1838, Логвиненко, 1984; Страхов, 1960)). В пределах различных обстановок осадконакопления накапливается тот или иной *тип осадка*, который в процессе диагенеза и дальнейшего уплотнения превращается в определенный литотип, или *тип породы*, формируя фацию.

В *континентальной среде* выделяются *ледниковые* (1), *предгорные* (2), или *склоновые*, *аллювиальные* (3), *озёрные* (4) и *оловые* (5) обстановки осадконакопления (рис. 1, табл. 1), которые определяются по способу переноса обломочного материала за счет действия гравитационных сил, временных потоков, деятельности рек, ледников и ветра. Особняком в этом ряду стоят озерные обстановки, которые являются приёмными бассейнами и областями разгрузки осадочного материала внутри континента. По особенностям осадконакопления крупные озера имеют схожие черты с морскими бассейнами.

К *прибрежно-морской среде* относятся побережья *дельтового* (6), *приливно-отливного* (7) и *волнового (барьерного) типа* (8) (табл. 2). Приливно-отливные и волновые побережья следует разделить на побережья с преимущественно терригенной и с преимущественно карбонатной седиментацией, где формируются разные

наборы фаций. Обстановки осадконакопления дельт ранжируются, как правило, по типу дельтовой равнины.

В *морской среде* осадконакопления выделяются обстановки *относительно мелководного шельфа* (9), *относительно глубоководного шельфа* (10), *склона* (11) и *глубоководной равнины* (12) (рис. 1, табл. 3). Ключевым критерием ранжирования морских обстановок становится батиметрия, или глубина, моря (океана) с характерными особенностями переноса и накопления осадочного материала. При этом различаются условия осадконакопления в относительно глубоководных впадинах на шельфе и в глубоководных впадинах океанических. Склоновые обстановки не дифференцируются для разных типов впадин, шельфовых и океанических, так как ключевым фактором осадконакопления на склоне являются гравитационные процессы и движение плотностных потоков.

Связь элементов нефтяных систем с обстановками их осадконакопления

В каждой среде осадконакопления формируются породы разного типа, которые впоследствии могут выполнять в углеводородной системе различные функции. Но их строение, состав и область распространения будут отличаться между собой в зависимости от среды и обстановок осадконакопления. Формируется «условный» парагенез элементов углеводородной системы, соответствующий среде осадконакопления и характерный для осадочных бассейнов разного типа.

Континентальная среда осадконакопления. В континентальной среде потенциальные НГМТ могут формироваться в болотной и озерной обстановках. Болотные отложения, относящиеся к НГМТ, содержат угольные пласты. Они также нередко бывают глинистыми и углесто-глинистыми. Для данной группы фаций присуще наличие органических остатков высшей наземной растительности. Примером могут служить угли и углистые аргиллиты радомской пачки шеркалинской (J_2a) и тюменской (J_2bt-cl) свит Западно-Сибирского НГБ.

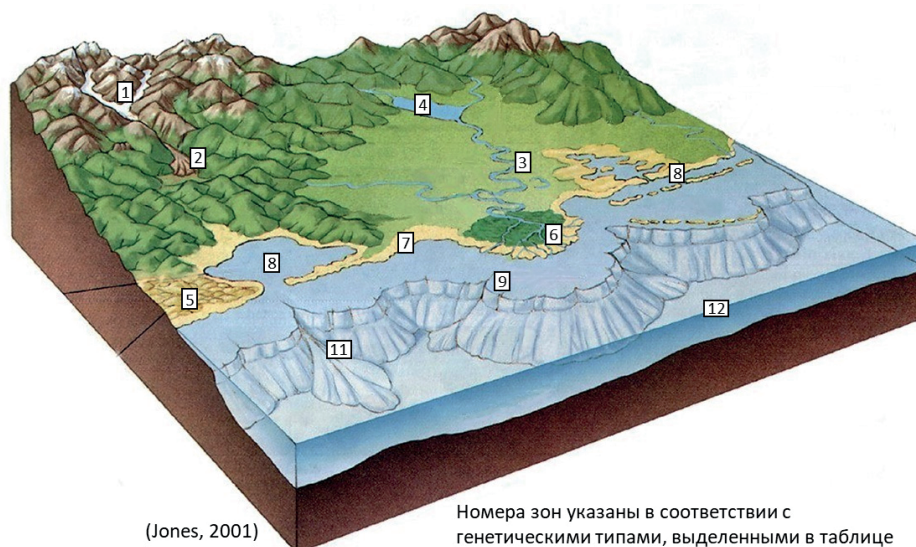
В *озерной обстановке* встречаются кремнисто-карбонатные породы, мергели, карбонатные аргиллиты и ленточные глины, характеризующиеся тонкой ритмичной слоистостью и малой мощностью. Распространение этой группы фаций обычно ограничивается зоной расположения бассейна седиментации. В качестве примера могут быть рассмотрены глинисто-карбонатные породы свиты Ликаугоу (P_3) Джунгарского НГБ.

Природные резервуары, сформированные в *континентальной среде*, характеризуются сложным внутренним строением и латеральной изменчивостью. Терригенные коллекторы могут быть связаны с широким спектром обстановок осадконакопления: от ледниковых до эоловых, однако, в ледниковых и предгорных обстановках маловероятно накопление выдержанных по площади глинистых флюидоупоров (табл. 4). Наиболее благоприятными обстановками для формирования природных резервуаров нефти и газа являются долины меандрирующих рек.

Как следствие, в осадочных комплексах, сформированных в континентальных условиях, которые часто выделяются в кайнозойских осадочных бассейнах, наблюдается наличие НГМТ и флюидоупоров пойменного и болотного генезиса, а песчаные коллекторы имеют русловой генезис. Породы, наиболее обогащенные органическим веществом, в континентальной среде накапливаются в условиях озер, старичных болот и пойм.

В *прибрежно-морской переходной среде* потенциально нефтегазоматеринские породы формируются в обстановках со спокойной гидродинамикой: в междельтовых участках дельтовой равнины, надприливной зоне и лагунах. В литологическом плане отложения представлены в основном углями, углистыми аргиллитами и углистыми алевролитами. В качестве примера можно привести угли и аргиллиты груборучейской, устьбездмошицкой (D_3ft) и покаямской (D_3fm) свит Северного Тимана.

В обстановках побережий с терригенной седиментацией потенциальные НГМТ можно выделить в составе отложений маршей надприливной зоны, где широко развиты угли паралического типа.



(Jones, 2001)

Номера зон указаны в соответствии с генетическими типами, выделенными в таблице

Рис. 1. Блок-диаграмма, иллюстрирующая взаимное размещение на поверхности Земли разных сред и обстановок осадконакопления: 1–5 – континентальная среда: 1 – ледниковые обстановки; 2 – предгорные; 3 – аллювиальные; 4 – озёрные; 5 – эоловые; 6–8 – прибрежно-морская среда: 6 – дельтовые побережья; 7 – приливо-отливные побережья; 8 – волновые побережья; 9–12 – морская среда: 9 – относительно мелководно-морской шельф, 10 – относительно глубоководно-морской шельф, 11 – склон, 12 – глубоководная равнина

среда осадконакопления	обстановки осадконакопления	Условия осадконакопления	Фации (осадочные тела)	Тип осадка	Тип породы (литотип)	Базовые критерии нефтегазоносности			
						НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	Ловушка литологически
Континентальная	Ледниковые (1)	Моренные	боковые морены конечные морены донные морены	валуны щебень дресва глины	валунные конгломераты тиллиты брекчии, дресвяники глины/аргиллиты				
		Флювиогляциальные	зандры озы	пески алевриты	песчаники алевролиты				
			камы	ритмичное чередование песков и глин (ленточные глины)	ритмичное чередование песчаников и аргиллитов				
	Предгорные (2)	Выветривания и гравитационного переноса	эрозионные останцы элювиальные, коллювиальные, делювиальные отложения	глыбы валуны щебень дресва галька	глыбовые конгломераты валунные конгломераты брекчии дресвяники конгломераты				
		Пролувиально-аллювиальные	русловые отложения	галька гравий	конгломераты брекчии гравелиты				
			конус выноса аллювиальный	галька гравий песок алеврит глины	конгломераты, брекчии гравелиты песчаники алевролиты глины/аргиллиты				
	Аллювиальные (3)	Спряmlенные реки	русловые отложения	глыбы валуны галька гравий	глыбовые конгломераты валунные конгломераты конгломераты гравелиты				
		Ветвящиеся реки	русловые отмели прирусловые валы	гравий песок	гравелиты песчаники				
		Меандрирующие реки	русловые отмели прирусловые валы	гравий песок алеврит	гравелиты песчаники алевролиты				
			пойменные и болотные отложения	глины алеврит торф	аргиллиты алевролиты угли углистые аргиллиты				
				пески разливов пески стариц	песчаники				
	Озерные (4)	Гидрогеологически открытые озера	отложения внутренней части озера	глины ритмичное чередование песков и глин (варвы) глинисто-кремнистые илы, в т.ч. сапропелевые кремниевый (диатомовый) ил ритмичные градиционные (турбидиты) терригенный осадок оползневой	глины/аргиллиты ритмичные песчано-глинистые высокоуглеродистые глинистые породы высокоуглеродистые кремнисто-глинистые породы горючие сланцы диатомиты ритмичное чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов (турбидиты) порода терригенная оползневая				
		Гидрогеологически закрытые озера	отложения внутренней части озера	сапропелевые ламиниты гипсы соли глины	высокоуглеродистые глинистые породы ангидриты каменная соль глины/аргиллиты				
		Термальные озера	отложения внутренней части озера	карбонатные корки кремниевые корки водорослево-бактериальные маты	травертины (карбонатные туфы) гейзериты (кремнистые туфы) известняки водорослевые (грейнстоун, баундстоун)				
	Эоловые (5)	Эоловые аккумулятивные формы	дюны барханы	пески алевриты	песчаники алевролиты				

Табл. 1. Схема ранжирования континентальных обстановок осадконакопления с характерными фациями и типами пород, благоприятными для накопления НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологических ловушек (с использованием материалов Н.М. Страхова (1960), Х.Г. Рединга (1990), Р.Ч. Селли (1970), В.Т. Фролова (1995), Р.Дж. Уолкера и Н.П. Джеймса (1992), В.П. Алексеева (2011), В.А. Жемчуговой (2014))

среда осадконакопления	обстановки осадконакопления	Условия осадко- накопления	Фации (осадочные тела)	Тип осадка	Тип породы (литотип)	Базовые критерии нефтегазоносности			
						НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	Ловушка литологическая
Прибрежно-морская (переходная)	Дельтовые (6)	Дельтовые флювиальные	отложения распределительных каналов	пески	песчаники				
			отложения межрусловых участков дельтовой равнины	торф алевроиты	угли углистые алевролиты углистые аргиллиты				
			отложения фронта дельты (устьевые бары)	пески	песчаники				
			отложения проделты	глины алевроиты с линзами песка	глины/аргиллиты алевролиты с линзами песчаника				
		Эстуариевые (приливо- отливные дельтовые)	приливная коса приливо-отливной бар	пески	песчаники				
			отложения приливной воронки	глины	глины/аргиллиты				
			отложения залива	пески алевроиты глины	песчаники алевролиты глины/аргиллиты				
	Приливо-отливное побережье (7)	Приливо- отливные с терригенной седimentацией	марши надприливной зоны	глины почвы, алевроиты торф	глины/аргиллиты алевролиты глинистые угли				
			отложения глинистой литорали, смешанной литорали	глины, алевроиты пески	глинисто-алевроитовые породы песчаники				
			отложения берегового склона, приливо- отливных каналов, отливных дельт, островов	пески	песчаники				
		Приливо- отливные с карбонатной седimentацией	карбонатные марши	карбонатные илы глинисто-карбонатные илы карбонаты песчано- алевроитовые	известняки водорослевые доломиты микрозернистые мергели терригенно-карбонатные породы				
			отложения приливо- отливных каналов, отливных дельт, биостромы	карбонатные илы с био- и литокластами ракушняки (несцементированные) водорослево- бактериальные маты	известняки био- и литокластовые (вакстоун, пакстоун) ракушняки (грейнстоун, рудстоун) строматолиты (баундстоун)				
		Приливо- отливные с сульфатно- карбонатной седimentацией	отложения себх солончаки солёные марши	карбонатные илы глинисто-карбонатные илы гипсы соли	известняки (мадстоун) доломиты микрозернистые мергели ангидриты каменная соль				
	Волновое побережье (барьерного типа) (8)	Волновые с терригенной седimentацией	песчаные отмели, валы, бары, гряды, пляжи,	пески	песчаники				
			терригенные отложения лагун	глины алевроиты	глины/аргиллиты алевролиты				
		Волновые с карбонатной седimentацией	карбонатные бары, пляжи, отмели	карбонатные илы с био- и литокластами ракушняки (несцементированные) оолиты карбонатные литокласты	известняки биокластовые (грейнстоун, рудстоун, пакстоун) известняки пеллоидные (пакстоун) ракушняки (грейнстоун, рудстоун) известняки оолитовые (грейнстоун) известняки литокластовые (грейнстоун, рудстоун)				
			сульфатно-карбонатные отложения лагун	карбонатные илы глинисто-карбонатные илы гипсы соли	известняки микрозернистые (мадстоун) известняки пеллоидные (вакстоун) мергели карбонатные аргиллиты сульфатно-карбонатные породы ангидриты каменная соль				

Табл. 2. Схема ранжирования прибрежно-морских обстановок осадконакопления с характерными фациями и типами пород, благоприятными для накопления НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологических ловушек. (с использованием материалов Н.М. Страхова (1960), Х.Г. Рединга (1990), Р.Ч. Селли (1970), В.Т. Фролова (1995), Р.Дж. Уолкера и Н.П. Джеймса (1992), В.П. Алексеева (2011), В.А. Жемчуговой (2014))

среда осадконакопления	обстановки осадконакопления	Условия осадконакопления	Фации (осадочные тела)	Тип осадка	Тип породы (литотип)	Базовые критерии нефтегазоносности			
						НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	Ловушка литологическая
Морская	Относительно мелководный шельф (9)	Мелкий шельф с терригенной седиментацией	штормовые гряды отложения проток сгонно-нагонных течений вдольбереговые валы, рифели	чередование песков, алевроитов и глины	чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов (<i>темнеститы терригенные</i>) глины/аргиллиты песчаники				
			отложения шельфовой равнины	глины алевроиты	глины/аргиллиты алевролиты				
		Мелкий шельф с карбонатной седиментацией	отложения зарифовых лагун	карбонатный ил глинисто-карбонатные илы гипсы соли	мергели карбонатные аргиллиты сульфатно-карбонатные породы известняки микрозернистые (мадстоун) доломиты микрозернистые ангдриты каменная соль				
			барьерные рифы рифовый шлейф одиночные рифы биогермы биостромы карбонатные отмели	карбонатные илы с био- и литокластами оолиты литокластовые карбонаты спикулы губок водорослево-бактериальные маты	известняки органогенные (баундстоун) известняки биокластовые (рудстоун) известняки оолитовые (грейнстоуны) известняки литокластовые (грейнстоун, рудстоун) известняки биогермные (баундстоун) строматолиты (байндстоун) силициты (спонголиты, спикулиты)				
			отложения шельфовой равнины	карбонатные илы с биокластами глинисто-карбонатные илы карбонатные обломки	известняки микрозернистые (мадстоун) мергели карбонатные аргиллиты известняки биокластовые (вакстоун, пакстоун)				
	Относительно глубоководный шельф (10)	Относительно глубоководные впадины на шельфе холодноводные	высокоуглеродистые отложения холодноводных относительно глубоководных впадин	сапропель глины карбонатные илы кремниевые илы (радиоляриевый ил)	высокоуглеродистые глинисто-кремнистые породы высокоуглеродистые карбонатно-кремнистые породы глины/аргиллиты известняки микрозернистые (мадстоун) известняки органогенные, в т.ч. тентакулитовые, фораминиферовые (вакстоун) силициты (радиоляриты, диатомиты), мел				
		Относительно глубоководные впадины на шельфе тепловодные	высокоуглеродистые отложения тепловодных относительно глубоководных впадин	сапропель глины карбонатные илы	известняки микрозернистые (мадстоун) доломиты микрозернистые глины/аргиллиты высокоуглеродистые глинисто-карбонатные породы				
	Склон (11)	Преобладания гравитационных процессов	отложения каналов и конусов выноса, мутьевых и зерновых потоков	галька песок гравий глина	чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов (<i>турбидиты</i>) конгломераты, гравелиты				
			оползневые блоки и олистостромы	валуны глыбы щебень дресва глина	брекчии конгломерато-брекчии диамиктиты				
	Глубоководная равнина (12)	Глубоководная равнина	отложения морских и океанических течений	контуриты биогенные (радиоляриевый ил с костями рыб) контуриты терригенные	радиоляриты с костями рыб песчаники, алевролиты				
			отложения абиссальных равнин и котловин	глины глины красные глубоководные карбонатные илы кремнистые илы	глины/аргиллиты известняки пелитоморфные (мадстоун) известняки фораминиферовые (вакстоун) силициты (радиоляриты, диатомиты, спикулиты)				

Табл. 3. Схема ранжирования морских обстановок осадконакопления с характерными фациями и типами пород, благоприятными для накопления НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологических ловушек (с использованием материалов Н.М. Страхова (1960), Х.Г. Рединга (1990), Р.Ч. Селли (1970), В.Т. Фролова (1995), Р.Дж. Уолкера и Н.П. Джеймса (1992), В.П. Алексеева (2011), В.А. Жемчуговой (2014))

Среда осадконакопления	Обстановки осадконакопления	Условия осадконакопления	Фации (осадочные тела)	Базовые критерии нефтегазоносности			Источник
				НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	
Континентальная	Ледниковые (1)	Флювиогляциальные	зандры, озы, камы		песчаники камов и озов (ОЗ) в бассейнах Алжира, Ливии и Турции		Huuse et al., 2012; Şenalp, Tetiker, 2020
	Предгорные (2)	Выветривания и гравитационного переноса	эрозионные останцы элювий, коллювий, делювий		алевролиты, песчаники и гравелиты урманской (J1), шеркалинской (J1t-J2a) и тюменской (J2bt-cl) свит, Западно-Сибирский НГБ <i>Ловинское месторождение</i>		Чернова, 2002; Алексеев, 2007
		Пролувиально-аллювиальные	русловые отложения, конусы выноса аллювиальные				
	Аллювиальные (3)	Спряmlённые реки	русловые отложения		песчаные продуктивные пласты тюменской свиты (J2bt-cl), Западно-Сибирский НГБ <i>Красноленинское месторождение</i>		Эпов, Жемчугова, 2017
		Ветвящиеся реки	русловые отмели, прирусловые валы				
		Меандрирующие реки	русловые отмели, прирусловые валы				Алексеев, 2007; Комков и др., 2022
			пойменные и болотные отложения	угли и углистые аргиллиты радомской пачки шеркалинской свиты (J2a), тюменской свиты (J2bt-cl), Западно-Сибирский НГБ		аргиллиты радомской пачки шеркалинской свиты (J2a), тюменской свиты (J2bt-cl), Западно-Сибирский НГБ	
	Озерные (4)	Гидрогеологически открытые озёра	отложения внутренней части озера	угли и углистые аргиллиты радомской пачки шеркалинской свиты (J2a), тюменской свиты (J2bt-cl), Западно-Сибирский НГБ		аргиллиты радомской пачки шеркалинской свиты (J2a), тюменской свиты (J2bt-cl), Западно-Сибирский НГБ	Алексеев, 2007; Комков и др., 2022
		Гидрогеологически закрытые озёра	отложения внутренней части озера	глинисто-карбонатные породы свиты Ликаугу (Lucaogou Formation), Джунгарский бассейн		глинисто-карбонатные породы свиты Ликаугу (Lucaogou Formation), Джунгарский бассейн	
	Эоловые (5)	Эоловые аккумулятивные формы	дюны, барханы		песчаники свиты ротлигенд (P3) Северного моря <i>Месторождение Гронинген</i>		Monsees, 2021

Табл. 4. Примеры НГМТ, коллекторов и флюидоупоров, сформировавшихся в континентальных обстановках осадконакопления

Распространение данных отложений локальное с частым латеральным замещением «соседними» фациями. Примером служат угли Донецкого угольного бассейна (С).

В пределах волнового побережья (барьерного типа) потенциальные НГМТ накапливаются в обстановках лагун. В разрезе преобладают глинистые известняки и мергели, нередко аргиллиты. В качестве примеров НГМТ отложений лагун с терригенной седиментацией можно рассмотреть толщи кожмрудницкой свиты Тимано-Печорского НГБ, с карбонатной седиментацией – пиндицуаньской свиты (P₂p) Джунгарского НГБ.

Разрезы отложений, сформировавшихся в условиях прибрежно-морской среды осадконакопления, благоприятны для формирования природных резервуаров нефти и газа. В этих отложениях часто отмечается цикличность строения разреза, связанная с чередованием пород, накапливавшихся в периоды трансгрессий и регрессий моря. В периоды повышения уровня моря и трансгрессии накапливаются выдержанные по площади и мощности глинистые пласты – флюидоупоры. В периоды обмеления формируются песчаные пласты – коллекторы. На побережьях

с терригенным осадконакоплением песчаные коллекторы могут формироваться в распределительных каналах дельтовой равнины, устьевых барах, в приливно-отливных барах и заливах, в условиях берегового склона, песчаных гряд, кос и отмелей (табл. 5). Распределение в пространстве и форма песчаных тел зависит от типа побережья – дельтового, приливно-отливного или волнового (барьерного) типа. Карбонатные коллекторы формируются в разнообразных обстановках переходной среды. На приливно-отливном побережье накапливаются строматолитовые и микробиально-водорослевые известняки и доломиты, на побережьях барьерного типа – оолитовые и органо-генно-обломочные известняки баров, пляжей и отмелей. Флюидоупоры формируются в условиях глинистой литорали и супралиторали (карбонатные и соляные марши, себха) на приливно-отливном побережье и в условиях лагун на побережьях барьерного типа.

Морская среда осадконакопления наиболее благоприятна для накопления пород, как обогащенных органическим веществом, так и выдержанных по площади природных резервуаров.

Среда осадконакопления	Обстановки осадконакопления	Условия осадконакопления	Фации (осадочные тела)	Базовые критерии нефтегазоносности			Источник
				НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	
Прибрежно-морская (переходная)	Дельтовые (6)	Дельтовые флювиальные	отложения распределительных каналов		песчаники распределительных каналов субаквальной дельты, ахская свита (K1), Западно-Сибирский НГБ <i>Приобское месторождение</i>		Бородкин и др., 2016; Бабина и др., 2022
			отложения фронта дельты (устьевые бары)				
			отложения междельтовых участков дельтовой равнины	угли и аргиллиты грубооручейской, устьбезмошницкой и покаямской свит Северного Тимана (D3)		теоретически возможно	Безносов и др., 2018; Павлова и др., 2017
			отложения продельты				
		Эстуариевые (приливно-отливные дельтовые)	приливная коса приливо-отливной бар		песчаники свиты Агдада (N1), НГБ Дельта Нигера <i>Месторождение Мерен</i>		Tuttle et al., 1999
			отложения залива			аргиллиты свиты Агдада (N1), НГБ Дельта Нигера	
	Приливно-отливное побережье (7)	Приливно-отливные с терригенной седиментацией	отложения приливной воронки				
			марши надприливной зоны	угли Донецкого бассейна (C1)		теоретически возможно	Ермолов и др., 2009
			отложения глинистой литорали смешанной литорали			аргиллиты ванаварской свиты (V1), Лено-Тунгусский НГБ	Карноушина и др., 2022
			отложения берегового склона		Песчаники ванаварской свиты (V1), Лено-Тунгусский НГБ <i>Ново-Юдуконское месторождение</i>		Карноушина и др., 2022
			отложения приливо-отливных каналов				
			отливных дельт островов				
		Приливно-отливные с карбонатной седиментацией	отливных дельт островов			теоретически возможно	
			карбонатные марши				
			биостромы		строматолитовые доломиты юрубченской (R2), долготкинской (R2) и куюмбинской свит (R3), Лено-Тунгусский НГБ <i>Юрубчено-Тохомская ЗНГН</i>		Багринцева и др., 2003
	Волновое побережье (барьерного типа) (8)	Приливно-отливные с сульфатно-карбонатной седиментацией	отложения приливо-отливных каналов, отливных дельт		микробильно-водорослевые вторичные доломиты (D1), Тимано-Печорский НГБ <i>Месторождение им. Требса и Титова</i>		Маслова, 2022
			себха солончаки солёные марши			теоретически возможно	
		Волновые с терригенной седиментацией	песчаные отмели		песчаники свиты Сто (J1-J2), продуктивный пласт Ю0 (J2cl), Баренцевоморский НГБ <i>Месторождения Сновит, Штокмановское</i>		Суслова, 2014; Klausen et al., 2018
			песчаные валы				
		Волновые с карбонатной седиментацией	песчаные бары				
			песчаные гряды				
		Волновые с терригенной седиментацией	песчаные пляж				
			терригенные отложения лагун	кожимрудницкая свита (P1k-u), Тимано-Печорский НГБ		кожимрудницкая свита (P1k-u), Тимано-Печорский НГБ	Процько, 2009; Котик, 2019
		Волновые с карбонатной седиментацией	карбонатные бары		оолитовые и водорослево-фораминиферовые известняки нижней карбонатной толщи (C1-2), Прикаспийский НГБ <i>Жанажол, Астраханское</i>		Багринцева и др., 2003
			карбонатные пляжи				
		Волновые с карбонатной седиментацией	карбонатные отмели				
			сульфатно-карбонатные отложения лагун	пиндицуаньская свита (P2p), Джунгарский бассейн		пиндицуаньская свита (P2p), Джунгарский бассейн	Ян, Соболева, 2021

Табл. 5. Примеры НГМТ, коллекторов и флюидоупоров, сформировавшихся в прибрежно-морских (переходных) обстановках осадконакопления

Среда осадконакопления	Обстановки осадконакопления	Условия осадконакопления	Фации (осадочные тела)	Базовые критерии нефтегазоносности			Источник
				НГМТ	Коллектор	Флюидоупор	
Морская	Относительно мелководный шельф (9)	Мелкий шельф с терригенной седиментацией	штормовые гряды протоки сгонно-нагонных течений вдольбереговые валы рифели		песчаники и темпеститы викуловской свиты (K1a), Западно-Сибирский НГБ <i>Каменное месторождение</i>		Карнюшина и др., 2003
			отложения шельфовой равнины	волжская сланцевая толща (J3v2), Волжский сланцевый бассейн <i>Перелобское месторождение</i>		георгиевская свита (J3o-t), Западно-Сибирский НГБ	Гаврилов и др., 2008; Илясов, Староверов, 2021
		Мелкий шельф с карбонатной седиментацией	отложения зарифовой лагуны	гардаринская свита (J3gd), Бухаро-Хивинский регион		каменная соль и сульфатные породы усольской свиты (Cm1), Лено-Тунгусский НГБ	Недоливко, 2012
			барьерные рифы рифовый шлейф одиночные рифы биогермы биостромы карбонатные отмели		органогенные и органогенно-обломочные известняки, рифовый комплекс (C1-P1), Прикаспийский НГБ <i>Месторождение Карачаганак</i>		Багринцева и др., 2003
			отложения шельфовой равнины	абалакская свита (J2cl-J3o), Западно-Сибирский НГБ		абалакская свита (J2cl-J3o), Западно-Сибирский НГБ	Юрченко и др., 2015
	Относительно глубоководный шельф (10)	Относительно глубоководные впадины на шельфе холодноводные	высокоуглеродистые отложения холодноводных относительно глубоководных впадин	керогеново-глинисто-кремнистые породы баженовской свиты (J3t-K1b), Западно-Сибирский НГБ	радиоляриты баженовской свиты (J3t-K1b), Западно-Сибирский НГБ <i>Салымское месторождение</i>	керогеново-глинисто-кремнистые породы баженовской свиты (J3t-K1b), Западно-Сибирский НГБ	Балушкина и др., 2014; Панченко и др., 2017; Стафеев и др., 2019
		Относительно глубоководные впадины на шельфе тепловодные	высокоуглеродистые отложения тепловодных относительно глубоководных впадин	керогеново-кремнисто-карбонатные породы - доманикиты (D3fr-C1t) Волго-Уральского и Тимано-Печорского НГБ	керогеново-кремнисто-карбонатные породы - доманикиты (D3fr-C1t) Волго-Уральского и Тимано-Печорского НГБ <i>Троицкое месторождение</i>	керогеново-кремнисто-карбонатные породы - доманикиты (D3fr-C1t) Волго-Уральского и Тимано-Печорского НГБ	Ступакова и др., 2015, Завьялова и др., 2018)
	Склон (11)	Преобладания гравитационных процессов	отложения каналов и конусов выноса, мутьевых и зерновых потоков		песчаники проксимальной части зернового потока, ахская свита (K1), Западно-Сибирский НГБ. <i>Приобское месторождение</i>		Бородкин и др., 2016; Бабина и др., 2022
			оползни и олистостромы		олистоциты в нижнечокракских отложениях (N1 ²) Терско-Каспийского передового прогиба, Предкавказский НГБ <i>Месторождения Махачкала, Избербаши</i>		Сабанаев и др., 2008
	Глубоководная равнина (12)	Глубоководная равнина	отложения морских и океанических течений		<i>теоретически возможно</i>		
			Отложения глубоководных равнин	пачка чёрных глин (P3) в разрезе Акамоори, Япония		<i>теоретически возможно</i>	Takahashi et al., 2009

Табл. 6. Примеры НГМТ, коллекторов и флюидоупоров, сформировавшихся в морских обстановках осадконакопления

Особенно благоприятными обстановками осадконакопления для нефтегазоматеринских пород являются относительно глубоководные впадины на шельфе со спокойными обстановками седиментации, а также с наличием зон некомпенсированного осадконакопления. В этих условиях формируются одни из лучших нефтегазоматеринских пород, богатых органическим веществом. Они представлены как глинисто-кремнистыми и карбонатно-кремнистыми породами. Примерами НГМТ, накапливавшихся в условиях относительно глубоководной впадины на шельфе, являются отложения баженовской свиты (J_3t-K_1b) Западно-Сибирского НГБ, доманиковые отложения (D_3dm) Волго-Уральского и Тимано-Печорского НГБ, хадумские отложения (P_3r) Предкавказского НГБ, куанамская и иниканская свиты Восточно-Сибирского НГБ (табл. 6). Нефтегазоматеринские толщи глубоководных абиссальных равнин встречаются крайне редко. В основном они представлены тонкослоистыми глинистыми отложениями, к которым можно отнести черные глины в разрезе Акамури (N_1 , Япония).

Природные резервуары морского генезиса наиболее характерны для обстановок осадконакопления мелководно-морского шельфа как с терригенной, так и с карбонатной седиментацией. Песчаные породы-коллекторы связывают с фациями штормовых гряд, вдольбереговых валов и течений. Карбонатные коллекторы формируются в зонах развития органогенных построек и карбонатных отмелей. На склонах, в зонах развития каналов и конусов выноса мутьевых потоков и продуктов гравитационного переноса также могут формироваться породы, обладающие пустотным пространством, достаточным для содержания углеводородов. Флюидоупоры высокого качества формируются в глинистых толщах морского генезиса, а также в сульфат-галогенных породах.

Заключение

Схема ранжирования обстановок осадконакопления с характерными фациями и типами пород, благоприятными для накопления НГМТ, коллекторов, флюидоупоров и литологических ловушек нефти и газа позволяет спрогнозировать не только парагенетические ассоциации не только литологических типов пород и фаций, но и их вероятные функции в углеводородной системе.

Классификация НГМТ, коллекторов и флюидоупоров, в основе которых лежит генезис породы, позволяют сравнивать их свойства и характер распределения в осадочных комплексах, сходных по условиям формирования.

Особенности строения разреза, связанные с частой сменой условий осадконакопления отложений, приводят к чередованию типов НГМТ, пород-коллекторов и флюидоупоров с разными свойствами в разрезе нефтегазоносного комплекса.

Предложенная схема классификации и иерархии обстановок осадконакопления может использоваться при поиске аналогов слабо изученной углеводородной системы в осадочных комплексах, сформировавшихся в сходных обстановках осадконакопления, а также применяться в качестве библиотеки литотипов и фаций при работе с разрозненными данными при автоматизированном анализе.

Благодарности

Выражаем признательность уважаемым рецензентам и редакторам за высокую оценку статьи и конструктивные замечания и комментарии, которые позволили доработать статью. Особую благодарность выражаем Жемчуговой Валентине Алексеевне за дискуссию и ценные критические замечания.

Литература

- Алексеев В.П., Амон Э.О., Федоров Ю.Н. и др. (2011). Состав, строение и условия формирования коллекторов группы ВК восточной части Краснотенского нефтяного месторождения (Западная Сибирь). Под ред. В. П. Алексеева. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 325 с.
- Алексеев В.П. (2007). Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 209 с.
- Бабина Е.О., Калмыков Г.А., Ступакова А.В., Мордасова А.В., Коробова Н.И., Хотылев О.В., Шарданова Т.А., Хромова Е.В., Гиалаев Р.М. (2022). Анализ геометрии и прогноз природных резервуаров в нижнемеловых клиноформах северной части Приобского месторождения. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, (4), с. 111–130. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-4-111-130>
- Багринцева К.И. (1977). Карбонатные породы коллекторы нефти и газа. М.: Недра, 231 с.
- Багринцева К., Дмитриевский А., Бочко Р. (2003). Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. Под ред. К. Багринцевой. М., 264 с.
- Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Белохин В.С., Хамидуллин Р.А., Корост Д.В. (2014). Кремнистые коллекторы баженовского горизонта Средне-Назымского месторождения и структура их пустотного пространства. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, (2), с. 35–43. <https://doi.org/10.3103/S0145875214020033>
- Безносков П.А., Смигиревский С.М., Наугольных С.В., Лушкевич Э.В. (2018). Верхнедевонский комплекс отложений дельтовой равнины на Северном Тимане. *Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*, (1), с. 25–44. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2018-1-25-44>
- Бородкин В.Н., Курчиков А.Р., Недосекин А.С., Лукашов А.В., Самитов В.И. (2016). Характеристика текстурных особенностей пород ачимовской толщи Западной Сибири в связи с моделью ее седиментации. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, (8), с. 4–10.
- Бурлин Ю.К., Карнюшина Е.Е., Конюхов А.И. (1991). Литология нефтегазоносных толщ. М.: Недра, 286 с.
- Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Рогов М.А., Щербинина Е.А. (2008). Седиментология, геохимия и биота Волжских углеродистых отложений средней части среднерусского моря (Костромская область). *Литология и полезные ископаемые*, (4), с. 396–424. <https://doi.org/10.1134/S002449020804007X>
- Ермолов В.А., Ларичев Л.Н., Тищенко Т.В., Кутепов Ю.И. (2009). Геология. Часть VII: Горнопромышленная геология твердых горючих ископаемых. М.: Горная книга, Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 668 с.
- Жемчугова В.А. (2014). Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. М.: ИЦ РГУ нефти и газа, 344 с.
- Завьялова А.П., Чупахина В.В., Ступакова А.В., Гатовский Ю.А., Калмыков Г.А., Коробова Н.И., Сулова А.А., Большакова М.А., Санникова И.А., Калмыков А.Г. (2018). Сравнение разрезов доманиковых отложений Волго-Уральского и Тимано-Печорского бассейнов в местах их естественного выхода на дневную поверхность. *Вестник Московского Университета. Серия 4. Геология*, (6), с. 57–73. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2018-6-57-73>
- Илясов В.С., Староверов В.Н. (2021). Верхнеюрские горючие сланцы Волжского бассейна: литотипы, модели формирования, продуктивность. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, (1), с. 26–35. <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3335>
- Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Серпикова В.М. (2003). Аптский нефтеносный комплекс месторождения Каменное (Западная Сибирь). *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, (3), с. 8–15.
- Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Шевчук Н.С., Ступакова А.В., Сауткин Р.С., Сивкова Е.Д. (2022). Цикличность, обстановки осадконакопления и влияние постседиментационных процессов на строение

и формирование природного резервуара ванаварской свиты венда на основе кернового материала скважин Ново-Юдоконского месторождения. *Георесурсы*, 24(2), с. 75–92. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.10>

Комков И.К., Мордасова А.В., Дахнова М.В., Можегова С.В., Большакова М.А., Пронина Н.В. (2022). Условия осадконакопления и закономерности распределения органического вещества нижне-среднеюрского комплекса юго-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. *Георесурсы*, 24(2), с. 150–171. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.15>

Котик О.С. (2007). Органическое вещество нижнепермских углей севера Предуралья (Тимано-Печорский бассейн). *Трофимуковские чтения – 2019: Мат. Всерос. молодежной науч. конф.* Новосибирск: Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, с. 112–114.

Кузнецов В.Г. (2007). Литология. Осадочные горные породы и их изучение. Осадочные горные породы и их изучение. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 511 с.

Логвиненко Н.В. (1984). Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). М.: Высш. шк., 416 с.

Маслова Е.Е. (2022). Условия формирования и особенности строения нижнедевонских карбонатных резервуаров северо-востока Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. *Геология, геофизика и разведка нефтяных и газовых месторождений*, 2(362), с. 5–13. [https://doi.org/10.33285/2413-5011-2022-2\(362\)-5-13](https://doi.org/10.33285/2413-5011-2022-2(362)-5-13)

Недоливко Н.М. (2012). Генетические признаки и условия образования отложений уральской свиты Непско-Ботубинской антеклизы. *Экспозиция Нефть Газ*, (2), с. 30–33.

Павлова М.А., Шелухина Ю.С., Снигиревский С.М. (2018). Девонские угли Северного Тимана. *Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии: Мат. XXIX молодежной науч. шк.-конф., посвящ. памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. РАН Ф.П. Митрофанова*. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, с. 194–198.

Панченко И.В., Немова В.Д. (2017) Контуры в баженевских отложениях Западной Сибири: формирование, распространение и практическое значение. Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. *VII Всерос. сов.: Научные материалы*. М.: ГИН РАН, с. 153–156.

Процко О. С. (2009). Состав рассеянного органического вещества пермских терригенных отложений Косью-Роговской впадины. *Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*, (3), с. 6–8.

Рединг Х.Г., Коллинсон Дж.Д., Аллен Ф.А., Эллиотт Т., Шрейбер Б.Ш., Джонсон Г.Д., Болдуин К.Т., Селлвуд Б.У., Дженкинс Х.К., Стоу Д.А.В., Эдуардз М., Митчелл А.Х.Г. (1990). Обстановки осадконакопления и фации. Т. 1. Под ред. Х. Рединга. М.: Мир, 352 с.

Сабанавев К.А., Магомедов Ю.М., Гаджиева Т.Р., Шульгина Т.А. (2008). Генетические особенности нетрадиционных природных резервуаров нефти и газа Восточного Предкавказья. *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*, (52), с. 274–281.

Стафеев А.Н., Ступакова А.В., Суслова А.А., Гиляев Р.М., Шелков Е.С., Книппер А.А. (2019). Баженовский горизонт Сибири (титон – нижний берриас): тектонические и гидродинамические условия осадконакопления. *Георесурсы*, 21(2), с. 117–128. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.117-128>

Страхов Н.М. (1960). Основы теории литогенеза. Т. 1: Типы литогенеза и закономерности их размещения на поверхности Земли. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 231 с.

Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Калмыков Г.А., Богомолов А.Х., Кирихина Т.А., Коробова Н.И., Шарданова Т.А., Суслова А.А., Сауткин Р.С., Полудеткина Е.Н., Козлова Е.В., Митронов Д.В., Коркоц Ф.В. (2015). Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна. *Георесурсы*, 2(61), с. 77–86. <http://dx.doi.org/10.18599/grs.61.2.7>

Суслова А. (2014). Сейсмостратиграфический анализ и перспективы нефтегазоносности юрских отложений Баренцевоморского шельфа. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 9(2), https://doi.org/10.17353/2070-5379/24_2014

Фролов В.Т. (1995). Литология. Кн. 3. М.: Изд-во Моск. ун-та, 352 с.

Чернова О.С. (2002). Палеогеографические условия формирования нижнеюрских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты. *Известия Томского политехнического университета. Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений*, 305(8), с. 96–117.

Эпов К. А., Жемчугова В. А. (2017). Количественный учет априорной геологической и информации при сейсмической инверсии часть 2:

пример практического применения. *Технологии сейсморазведки*, (2), с. 28–48. <https://doi.org/10.18303/1813-4254-2017-2-28-48>

Юрченко А.Ю., Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Хамидуллин Р.А., Коробова Н.И., Блинова В.Н. (2015). Строение и генезис известняков на границе абалакской и баженовской свиты в центральной части Западно-Сибирского бассейна. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, (5), с. 62–68.

Ян Х., Соболева Е.В. (2021). Геолого-геохимические условия формирования состава нефтей залежей пермского и юрского нефтегазоносных комплексов впадины Фукан (бассейн Джунгария). *Георесурсы*, 23(2), с. 110–119. <https://doi.org/10.18599/grs.2021.2.10>

Dunham R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Classification of carbonate rocks. *AAPG Mem*, (1), pp. 108–121. <https://doi.org/10.1306/M1357>

Folk R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bulletin*, (43), pp. 1–38. <https://doi.org/10.1306/0BDA5C36-16BD-11D7-8645000102C1865D>

Gao G., Zhang W., Xiang B., Liu G., Ren J. (2016). Geochemistry characteristics and hydrocarbon-generating potential of lacustrine source rock in Lucaogou Formation of the Jimusaer Sag, Junggar Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145, pp. 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.03.023>

Gressly A. (1838). Observations Géologiques sur le Jura soleurois. *Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften*, (II), 349 p.

Huuse M., Redfern J., Le Heron D.P., Dixon R.J., Moscariello A., Craig, J. (Eds.) (2012). Glaciogenic Reservoirs and Hydrocarbon Systems. Geological Society, London, Special Publications, 368, pp. 1–28, <http://dx.doi.org/10.1144/SP368.19>

Klausen T.G., Müller R., Olausen S., Rismyhr B., Slåma J., Helland-Hansen W. (2018). Depositional history of a condensed shallow marine reservoir succession: Stratigraphy and detrital zircon geochronology of the Jurassic Stø Formation, Barents Sea. *Journal of the Geological Society*, 175, pp. 130–145. <http://dx.doi.org/10.1144/jgs2017-024>

Monsees A.C. (2021). Diagenetic controls on fluid flow and mechanical properties in Rotliegend reservoir sandstones: PhD Theses. Karlsruher Institut für Technologie, 177 p. <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000133960>

Pepper A.S., Corvi P.J. (1995). Simple Kinetic Models of Petroleum Formation. Part I: Oil and Gas Generation from Kerogen. *Marine and Petroleum Geology*, 12(3), pp. 291–319. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(95\)98381-E](https://doi.org/10.1016/0264-8172(95)98381-E)

Selley R.C. (1970). Ancient Sedimentary Environments. London: Chapman & Hall Ltd., 237 p.

Şenalp M., Tetiker S. (2020). Sedimentology and hydrocarbon potential of the Late Ordovician glacial deposits on the Arabian Platform and southeastern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(3), pp. 455–500. <https://doi.org/10.3906/yer-1907-11>

Takahashi S., Yamakita S., Suzuki N., Kaiho K., Ehiro M. (2009). High organic carbon content and a decrease in radiolarians at the end of the Permian in a newly discovered continuous pelagic section: A coincidence? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271(1–2), pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.08.016>

Tuttle M.L.W., Charpentier R.R., Brownfield M.E. (1999). The Niger Delta Petroleum System: Niger Delta Province, Nigeria, Cameroon, and Equatorial Guinea, Africa: Open-File Report 99-50-H. U.S. Geological Survey, 65 p. <https://doi.org/10.3133/ofr9950H>

Сведения об авторах

Антонина Васильевна Ступакова – доктор геол.-мин. наук, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых, директор Института перспективных исследований нефти и газа, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1

Наталья Ивановна Коробова – ассистент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, геологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1

Алина Владимировна Мордасова – кандидат геол.-мин. наук, научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1
e-mail: a.mordasova@oilmsu.ru

Роман Сергеевич Сауткин – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Екатерина Дмитриевна Сивкова – кандидат геол.-мин. наук, инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Мария Александровна Большакова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Михаил Евгеньевич Воронин – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Анна Анатольевна Суслова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Михаил Юрьевич Карпушин – ведущий специалист, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, геологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Дмитрий Дмитриевич Кожанов – аспирант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Мария Леонидовна Махнутина – студент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Надежда Сергеевна Шевчук – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Ирина Ярославовна Богатырева – Эксперт Института перспективных исследований нефти и газа, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119192, Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, к. 1, ауд. 641

Виталия Валерьевна Чупахина – Ведущий специалист кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

Статья поступила в редакцию 22.05.2023;

Принята к публикации 13.06.2023; Опубликована 30.06.2023

IN ENGLISH

ORIGINAL ARTICLE

Depositional environments as a framework for genetic classification of the basic criteria of petroleum potential

A.V. Stoupakova, N.I. Korobova, A.V. Mordasova, R.S. Sautkin, E.D. Sivkova, M.A. Bolshakova, M.E. Voronin, A.A. Suslova, M.Yu. Karpushin, D.D. Kozhanov, M.L. Makhnutina, N.S. Shevchuk, I.Ya. Bogatyireva, V.V. Chupakhina*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author: Alina V. Mordasova, e-mail: a.mordasova@oilmsu.ru*

Abstract. Most classifications of reservoirs, seals and source rocks based on the ability of the rock to generate, accumulate and preserve hydrocarbons, and the genesis of rocks is not always taken into account. The article presents a ranking scheme for continental, coastal-marine and marine sedimentation environments that determine the genesis and properties of the basic criteria of petroleum potential – source rocks, reservoirs, seals and pinch-out traps.

Rocks, which can consider as source rock, reservoirs and seals are formed in each depositional environment. However, their structure, mineral composition and distribution area will differ from each other depending on the sedimentary environment and conditions. A combination of elements of the hydrocarbon system formed, corresponding to the sedimentation environment and are characteristic for basins of

various types. Continental environments are favorable for the formation of reservoirs and local seals, while the accumulation of source rocks limited by lacustrine, floodplain, and swamp facies. The coastal-marine environment is favorable for the formation of all the basic criteria of petroleum potential, and the transgressive-regressive cyclicity determines the interbedding of source rocks, reservoirs and seals in the section. The marine depositional environments are most favorable for the formation of regional seals and source rocks, including high-carbon formations.

The proposed ranking scheme of sedimentary environments and the basic criteria of petroleum potential genetically related to them is applicable in system analysis and selection for analogues of petroleum system elements in sedimentary complexes formed in similar depositional environments.

Keywords: sedimentation environment, basic criteria of petroleum potential, elements of hydrocarbon systems, source rock, reservoir, seal

Recommended citation: Stoupakova A.V., Korobova N.I., Mordasova A.V., Sautkin R.S., Sivkova E.D., Bolshakova M.A., Voronin M.E., Suslova A.A., Karpushin M.Yu., Kozhanov D.D., Makhnutina M.L., Shevchuk N.S., Bogatyireva I.Ya., Chupakhina V.V. (2023). Depositional environments as a framework for genetic classification of the basic criteria of petroleum potential. *Georesursy = Georesources*, 25(2), pp. 75–88. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.2.6>

References

- Alekseev V.P., Amon E.O., Fedorov Yu.N. et al. (2011). Composition, structure and formation conditions of reservoirs VK in the eastern part of Krasnoleninskoe oil field (Western Siberia). Ed.: V.P. Alekseev. Yekaterinburg: USMU publ., 325 p. (In Russ.)
- Alekseev V.P. (2007). Atlas of facies of Jurassic terrigenous deposits (coal-bearing strata of Northern Eurasia). Yekaterinburg: USMU publ., 209 p. (In Russ.)
- Babina E.O., Kalmykov G.A., Stupakova A.V., Mordasova A.V., Korobova N.I., Khotylev O.V., Shardanova T.A., Khromova E.V., Gilaev R.M. (2022). Geometry analysis and oil reservoirs prediction in the Lower Cretaceous clinoforms of the northern Priobskoye field. *Bulletin of Moscow University. Series 4. Geology*, (4), pp. 111–130. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-4-111-130>
- Bagrintseva K.I. (1977). Carbonate rocks reservoirs of oil and gas. Moscow: Nedra, 231 p. (In Russ.)
- Bagrintseva K.I., Dmitrievsky A.N., Bochko R.A. (2003). Atlas of carbonate reservoir rocks of the oil and gas fields of the East European and Siberian platforms. Ed. K. Bagrintseva. Moscow, 264 p. (In Russ.)
- Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Belokhin V.S., Khamidullin R.A., Korost D.V. (2014). Siliceous reservoirs of the Bazhenov horizon of the Sredne-Nazymskoye field and the structure of their void space. *Bulletin of the Moscow University. Series 4. Geology*, (2), pp. 35–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.3103/S0145875214020033>
- Beznosov P.A., Snigirevsky S.M., Naugolnykh S.V., Lushkevich E.V. (2018). Upper Devonian complex of deposits of the deltaic plain on the Northern Timan. *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, (1), pp. 25–44. (In Russ.)
- Borodkin V.N., Kurchikov A.R., Nedosekin A.S., Lukashov A.V., Samitov V.I. (2016). Characterization of the textural features of the rocks of the Achimov strata of Western Siberia in connection with the model of its sedimentation. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, (8), pp. 4–10. (In Russ.)
- Burlin Yu.K., Karnyushina E.E., Konyukhov A.I. (1991). Lithology of oil and gas reservoirs. Moscow: Nedra, 286 p. (In Russ.)
- Chernova O.S. (2002). Paleogeographical conditions for the formation of the Lower Jurassic deposits in the southeast of the West Siberian Plate. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University-Geo Assets Engineering*, 305(8), pp. 96–117. (In Russ.)
- Dunham R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Classification of carbonate rocks. *AAPG Mem.*, (1), pp. 108–121. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- Epov K.A., Zhemchugova V.A. (2017). Quantitative accounting of a priori geological and information in seismic inversion part 2: an example of practical application. *Seismic technologies*, (2), pp. 28–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.18303/1813-4254-2017-2-28-48>
- Ermolov V.A., Larichev L.N., Tishchenko T.V., Kutepov Yu.I. (2009). Geology. Part VII: Mining geology of solid fossil fuels. Moscow: Gornaya kniga, Moscow State Mining University publ., 668 p. (In Russ.)
- Folk R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bulletin*, (43), pp. 1–38. <https://doi.org/10.1306/0BDA5C36-16BD-11D7-8645000102C1865D>
- Gao G., Zhang W., Xiang B., Liu G., Ren J. (2016). Geochemistry characteristics and hydrocarbon-generating potential of lacustrine source rock in Lucaogou Formation of the Jimusaer Sag, Junggar Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145, pp. 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.03.023>
- Gavrilov, Y.O., Shchepetova, E.V., Rogov, M.A. et al. (2008). Sedimentology, geochemistry, and biota of Volgian carbonaceous sequences in the northern part of the central Russian Sea (Kostroma region). *Lithol Miner Resour*, 43, pp. 354–379. <https://doi.org/10.1134/S002449020804007X>
- Gressly A. (1838). Observations Géologiques sur le Jura soleurois. Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, (II), 349 p.
- Huuse M., Redfern J., Le Heron D.P., Dixon R.J., Moscariello A., Craig, J. (Eds.) (2012). Glaciogenic Reservoirs and Hydrocarbon Systems. Geological Society, London, Special Publications, 368, pp. 1–28. <http://dx.doi.org/10.1144/SP368.19>
- Ilyasov V.S., Staroverov V.N. (2021). Upper Jurassic oil shales of the Volga basin: lithotypes, formation models, productivity. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology*, (1), pp. 26–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3335>
- Karnyushina E.E., Korobova N.I., Serpikova V.M. (2003). Aptian oil reservoirs of the Kamennoye field (Western Siberia). *Bulletin of the Moscow University. Ser. 4. Geology*, (3), pp. 8–15. (In Russ.)
- Karnyushina E.E., Korobova N.I., Shevchuk N.S., Stupakova A.V., Sautkin R.S., Sivkova E.D. (2022). Cyclicity, conditions of sedimentation and the influence of post-sedimentary processes on the structure and formation of the reservoir in the Vendian Vanavara Formation based on the core material from the wells of the Novo-Yudokonskoye field. *Georesursy = Georesources*, 24(2), pp. 75–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.10>
- Klausen T.G., Müller R., Olausen S., Rismyr B., Slåma J., Helland-Hansen W. (2018). Depositional history of a condensed shallow marine reservoir succession: Stratigraphy and detrital zircon geochronology of the Jurassic Stø Formation, Barents Sea. *Journal of the Geological Society*, 175, pp. 130–145. <http://dx.doi.org/10.1144/jgs2017-024>
- Komkov I.K., Mordasova A.V., Dakhnova M.V., Mozhegova S.V., Bolshakova M.A., Pronina N.V. (2022). Conditions of sedimentation and distribution of organic matter in the Lower-Middle Jurassic complex of the South-Western part of the West Siberian oil and gas basin. *Georesursy = Georesources*, 24(2), pp. 150–171. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.15>
- Kotik O.S. (2019). Organic matter of the Lower Permian coals of the northern Pre-Ural trough (Timan-Pechora basin). *Proc. All-Russian Youth Scientific Conference "Trofimuk readings-2019"*, Novosibirsk, pp. 112–114. (In Russ.)
- Kuznetsov V.G. (2007). Lithology. Moscow: Nedra, 511 p. (In Russ.)
- Logvinenko N.V. (1984). Petrography of sedimentary rocks (with the basics of research methods). Moscow: Vyssh. shkola, 416 p. (In Russ.)
- Maslova E.E. (2022). Formation conditions and structural features of the Lower Devonian carbonate reservoirs in the northeast of the Timan-Pechora Basin. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2(362), pp. 5–13. (In Russ.) [https://doi.org/10.33285/2413-5011-2022-2\(362\)-5-13](https://doi.org/10.33285/2413-5011-2022-2(362)-5-13)
- Monsees A.C. (2021). Diagenetic controls on fluid flow and mechanical properties in Rotliegend reservoir sandstones: PhD Theses. Karlsruher Institut für Technologie, 177 p. <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000133960>
- Nedolivko N.M. (2012). Genetic signs and conditions for the formation of deposits of the Usolskaya suite of the Nepa-Botuobinskaya antecline. *Expositiya nef gas*, (2), pp. 30–33. (In Russ.)
- Pepper A.S., Corvi P.J. (1995). Simple Kinetic Models of Petroleum Formation. Part I: Oil and Gas Generation from Kerogen. *Marine and Petroleum Geology*, 12(3), pp. 291–319. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(95\)98381-E](https://doi.org/10.1016/0264-8172(95)98381-E)
- Pavlova M.A., Shelukhina Yu.S., Snigirevsky S.M. (2018). Devonian coals of the Northern Timan. Actual problems of geology, geophysics and geocology. *Proc. XXIX youth scientific. school-conf., dedicated. memory of Corresponding Member: USSR Academy of Sciences K.O. Kratz and acad. RAS F.P. Mitrofanov*. Petrozavodsk: Karel. nauch. tsentr RAN, pp. 194–198. (In Russ.)
- Panchenko I.V., Nemova V.D. (2017). Contourites in the Bazhenov formation of the Western Siberia Basin: formation, distribution and practical significance. *Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography: Seventh All-Russian meeting*. Ed. V.A. Zakharov, M.A. Rogov, E.V. Shchepetova. Moscow: GIN RAN, pp. 153–156. (In Russ.)
- Protso O. S. (2009). Composition of dispersed organic matter in Permian terrigenous deposits of the Kosyu-Rogovskaya depression. *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, (3), pp. 6–8. (In Russ.)
- Reading H.G., Collinson J.D., Allen F.A., Elliott T., Schreiber B.Sh., Johnson G.D., Baldwin K.T., Sellwood B.W., Jenkins H.K., Stowe D.A.W., Edwards M., Mitchell A.X.G. (1990). Sedimentary environments and facies. Ed. H. Reading. Moscow: Mir, 352 p. (In Russ.)
- Sabanaev K. A., Magomedov Yu. M., Gadzhieva T. R., Shulgina T. A. (2008). Genetic features of unconventional natural oil and gas reservoirs in the Eastern Ciscaucasia. *Proc. Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, (52), pp. 274–281. (In Russ.)
- Stafeev A.N., Stoupakova A.V., Suslova A.A., Gilaev R.M., Shelkov

E.S., Knipper A.A. (2019). Bazhenov horizon of Siberia (Tithonian-Lower Berriasian): tectonic and hydrodynamic conditions of sedimentation. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 117–128. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.117-128> (In Russ.)

Stoupakova A.V., Fadeeva N.P., Kalmykov G.A., Bogomolov A.Kh., Kiryukhina T.A., Korobova N.I., Shardanova T.A., Suslova A.A., Sautkin R.S., Poludetkina E.N., Kozlova E.V., Mitronov D.V., Korkots F.V. (2015). Criteria for oil and gas search in domanic deposits of the Volga-Ural basin. *Georesursy = Georesources*, 2(61), pp. 77–86. <http://dx.doi.org/10.18599/grs.61.2.7> (In Russ.)

Strakhov N.M. (1960) Fundamentals of the theory of lithogenesis. Types of lithogenesis and patterns of their distribution on the Earth's surface. Volume 1. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 212 p. (In Russ.)

Suslova A.A. (2014). Seismic stratigraphic analysis and oil and gas potential of the Jurassic deposits of the Barents Sea shelf. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 9(2), pp. 1–19. https://doi.org/10.17353/2070-5379/24_2014 (In Russ.)

Frolov V.T. (1995). Lithology. Book. 3. Moscow: Moscow State University publ., 352 p. (In Russ.)

Selley R.C. (1970). Ancient Sedimentary Environments. London: Chapman & Hall Ltd., 237 p.

Şenalp M., Tetiker S. (2020). Sedimentology and hydrocarbon potential of the Late Ordovician glacial deposits on the Arabian Platform and southeastern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(3), pp. 455–500. <https://doi.org/10.3906/yer-1907-11>

Takahashi S., Yamakita S., Suzuki N., Kaiho K., Ehiro M. (2009). High organic carbon content and a decrease in radiolarians at the end of the Permian in a newly discovered continuous pelagic section: A coincidence? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271(1–2), pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.08.016>

Tuttle M.L.W., Charpentier R.R., Brownfield M.E. (1999). The Niger Delta Petroleum System: Niger Delta Province, Nigeria, Cameroon, and Equatorial Guinea, Africa: Open-File Report 99-50-H. U.S. Geological Survey, 65 p. <https://doi.org/10.3133/ofr9950H>

Yurchenko A.Yu., Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Khamidullin R.A., Korobova N.I., Blinova V.N. (2015). Structure and genesis of limestones on the border of the Abalak and Bazhenov formations in the central part of the West Siberian basin. *Bulletin of the Moscow University Ser.4. Geology*, (5), pp. 62–68. (In Russ.)

Yang H., Soboleva E.V. (2021). Geological and geochemical conditions for the formation of the oil composition in the deposits of the Permian and Jurassic oil and gas complexes in the Fukang depression (Junggar basin). *Georesursy = Georesources*, 23(2), pp. 110–119. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2021.2.10>

Zavyalova A.P., Chupakhina V.V., Stupakova A.V., Gatovsky Yu.A., Kalmykov G.A., Korobova N.I., Suslova A.A., Bolshakova M.A., Sannikova I.A., Kalmykov A.G. (2018). Comparison of sections of Domanik deposits of the Volga-Ural and Timan-Pechora basins in places of their natural outcrop. *Bulletin of the Moscow University. Series 4. Geology*, (6), pp. 57–73. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2018-6-57-73> (In Russ.)

Zhemchugova V.A. (2014). Practical application of reservoir sedimentology in modeling hydrocarbon systems. Moscow: Russian State University of Oil and Gas, 342 p. (In Russ.)

About the Authors

Antonina V. Stoupakova – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Petroleum Geology Department, Head of the Petroleum Research Institute, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Nataliya I. Korobova – Assistant of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Alina V. Mordasova – PhD (Geology and Mineralogy), Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

e-mail: a.mordasova@oilmsu.ru

Roman S. Sautkin – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Petroleum Geology Department, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Ekaterina D. Sivkova – PhD (Geology and Mineralogy), Engineer, Petroleum Geology Department, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Maria A. Bolshakova – PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Mikhail E. Voronin – Engineer, Petroleum Geology Department

Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Anna A. Suslova – PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Mikhail Yu. Karpushin – Leading Specialist, Petroleum Geology Department

Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Dmitry D. Kozhanov – PhD student, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Maria L. Makhnutina – Student, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Nadezhda S. Shevchuk – Engineer, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Irina Ya. Bogatyireva – Expert, Petroleum Research Institute, Lomonosov Moscow State University

27, bld. 1, Lomonosovsky prospect, Moscow, 119192, Russian Federation

Vitalia V. Chupakhina – Leading Specialist, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskiye Gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Manuscript received 22 May 2023;

Accepted 13 June 2023; Published 30 June 2023