

3. Особенности структуры, минерального состава и энергетических возможностей углисто-кремнистых сланцев являются факторами миграции и отложения металлов в условиях низкотемпературного метаморфизма.

Ин-т геохимии
и физики минералов АН УССР, Киев

Статья поступила
08.10.87

Summary

Problems on substance differentiation in rocks of the black-shale formation are considered on the basis of experimental simulation in the temperature gradient pattern (100-500 °C). Carbonate solutions in the presence of carbonic acid (at $P=3 \cdot 10^7$ Pa) are used in experiments. Problems on lithological control of mineralization under different thermodynamic conditions and in media at the low-temperature metamorphism stages are studied. It is stated that combination of metamorphic transformations and geochemical barrier is a favourable factor for the formation of ore concentrations, e. i. determines dynamics of the transfer and ore localization dynamics. Migration mobility of certain rare and scattered elements is determined.



УДК 552.5:550.4:551.26.23(477)

Особенности геохимии литогенетических процессов в породах флишевых и флишеидных комплексов Горного Крыма

И. М. Афанасьева

Общая теория литогенеза, разработанная как основа для понимания процесса осадочного породообразования, нуждается в конкретизации и выделении типов литогенеза применительно к конкретным геоструктурным зонам Земли, конкретным геодинамическим обстановкам.

Несмотря на многие исследования по теории литогенеза, в настоящее время недостаточно работ, посвященных проблемам геохимии осадочного литогенеза крупных регионов. В последние годы выполнен ряд работ по литологии и геохимии четвертичного и третичного литогенеза территории Белоруссии и прилегающих районов [4, 5].

Мезозойско-кайнозойская история геологического развития Горного Крыма делится на три главных этапа, характеризующихся разным режимом тектонических движений: геосинклинальным, геоантиклинальным и орогенным. В геосинклинальном этапе развития Горного Крыма можно выделить три эпохи повышенной тектонической активности: 1) в период поздний триас — ранняя юра происходило интенсивное прогибание всего Крымского геосинклинального трога; 2) в средней юре проявилась раннекиммерийская складчатость и байосский вулканизм; 3) позднюю юру — ранний мел характеризуют максимальная структурная дифференциация Крымского геосинклинального прогиба и наибольшая контрастность движений внутри него. Эти эпохи соответствуют начальному, среднему и заключительному этапам развития Крымской геосинклинали [6, 7].

Начальный этап развития Крымской геосинклинали совпадает с интенсивным развитием геосинклинального прогиба, где происходило отложение углеродисто-глинисто-терригенного флишевого комплекса (поздний триас — ранняя юра) (табл. 1). Этот флиш характеризуется равными мощностями слоев песчаника, алевролита и аргиллита. Песчаники относятся в основном к полевошпат-кварцевым грауваккам и полевошпат-кварцевым песчаникам с гидрослюдисто-кремнистым, реже карбонатным цементом. Алевролиты также обладают полевошпат-квар-

цевым составом и гидрослюдистым, нередко базальным цементом. Глинистые породы представлены кремнистыми аргиллитами с примесью сапропелево-гумусовой органики. Глинистая составляющая аргиллитов характеризуется ассоциацией гидрослюда+хлорит. В толще наблюдаются глинистые битуминозные силициты. Редкие прослои карбонатных пород представлены криптозернистыми и песчаными известняками.

Средний этап геосинклиналильного развития отличается разнообразием тектонических обстановок, что привело к формированию фацциально разнотипных комплексов: терригенного молассоидного ($J_{1t_2}-J_{2b}$), глинисто-терригенного с углями ($J_{1t_2}-J_{2b}$) и вулканогенно-глинисто-терригенного флишоидного ($J_{2b}-k$).

С возобновлением морского геосинклиналильного осадкообразования связано формирование флишоидного вулканогенно-глинисто-терригенного комплекса (табл. 1), представленного песчаниками, алевролитами и аргиллитами с подчиненными лавами и лавобрекчиями диабазов, базальтовых порфиритов, а также их туфов и туфопесчаников. Глинистая составляющая аргиллитов сложена ассоциацией гидрослюда+каолинит+монтмориллонит, монтмориллонит+каолинит, монтмориллонит+метагаллузит.

1. Флишевые и флишоидные комплексы Горного Крыма

Группа	Система	Отдел	Цикл развития	Этап развития	Комплекс	Вещественный состав	
Мезозой	Меловая	K_1	Собственно геосинклиналильный	Заключительный	Глинисто-терригенный флишоидный	Гравелиты, полимиктовые песчаники, кремнистые аргиллиты	
					Карбонатно-терригенный флишевый	Полимиктовые песчаники, известковистые аргиллиты, кластические, криптокристаллические и песчаные известняки, мергели	
	Юрская	J_2		II	Средний	Вулканогенно-глинисто-терригенный флишоидный	Полимиктовые песчаники и алевролиты, туфопесчаники и туфоалевролиты, аргиллиты, диабазы, базальтовые порфириды
						Начальный	I
	Триасовая	T_3		I	I		

Примечание: I, II — проявления магматической деятельности: I — спилито-кераитофиры; II — диабазы, базальтовые порфириды.

С заключительной стадией геосинклиналильного развития Крымского региона связано формирование флишевого карбонатно-терригенного комплекса титона и флишоидного глинисто-терригенного комплекса валанжина-готерива (табл. 1). Характерной чертой флишевого комплекса является доминирующая роль карбонатной составляющей во всех флишевых ритмах. Полимиктовые песчаники содержат в большом количестве обломки известняков. Глинистые породы представлены известковистыми аргиллитами, в составе глинистой фракции которых отмечаются гидрослюда и хлорит. С песчаными и глинистыми прослоями чередуются прослои кластических известняков, криптокристаллических известняков, песчаных известняков и мергелей. Породы пронизаны многочисленными прожилками кальцита, нередко с битумами и гипсом.

С переходной стадией от собственно геосинклинального к геоантиклинальному развитию связано отложение раннемеловых толщ флишевого облика. Это гравелиты и полимиктовые песчаники, переслаивающиеся с кремнистыми аргиллитами (фракция $< 0,001$ мм представлена ассоциацией монтмориллонит + хлорит + гидрослюда), глинистыми силицитами, мергелями, известняками. В толще отмечаются прослои туфогенных образований.

В основу геохимического изучения выделенных флишевых и флишеидных комплексов положены послойно опробованные наиболее полные разрезы в пределах всех крупных тектонических структур Горного Крыма. Основными объектами исследований являлись главные литотипы пород — песчаники и аргиллиты — из выделенных литологических комплексов. Закономерности распределения ассоциаций химических элементов установлены на основании обработки около 1500 приближенно-количественных и 300 количественных спектральных анализов (последние применялись для определения Ni, Co, V, Cr, Cu, Pb, Zn), свыше 160 силикатных анализов, атомно-абсорбционных анализов. Все пробы анализировались в соответствующих лабораториях ИГМФ АН УССР. Обработка статистического материала выполнена на ЭВМ ЕС-1050 с помощью автоматизированной системы обработки данных (АСОД) «Комплекс-2», разработанной в Отделе металлогении ИГМФ АН УССР. Результаты анализов по песчаникам и аргиллитам были объединены в восемь выборок. На базе усредненных химических анализов вычислены петрохимические коэффициенты (модули), которые используются для различных геологических интерпретаций (табл. 2). В качестве основных параметров распределения малых элементов использовались среднеарифметическое (M) и стандартное (S) отклонение, коэффициент вариации (V). Для оценки нижних значений вероятных аномалий применялся критерий «трех стандартных отклонений».

Породы глинисто-терригенного флишевого комплекса позднего триаса — ранней юры в целом отличаются высоким содержанием суммарного железа и магния. Для обломочных пород, которые представлены в основном мезомиктовыми разностями либо мономиктовыми с кварцевым цементом, характерны минимальные значения алюмокремниевое модуля (AM) (табл. 2). В этих породах отмечаются максимальные содержания натрия, что свидетельствует о проявлении вулканизма как предшествующего, так и синхронного накоплению осадков. Причем вулканические продукты относятся к натриевому ряду. Это отражено в максимальных значениях натриевого модуля (HM) и достаточно высоких — щелочного ($ШМ$). Выравненные содержания суммарного железа в песчаниках и аргиллитах свидетельствуют о том, что вещество исходных пород не было существенно переработано в среде выветривания и седиментации. Максимальные значения фемического модуля (FM) отражают влияние субстрата в питающей провинции — увеличение доли обломков основных пород, синхронный вулканизм основного состава. Песчаники, в которых развиты рассеянные железистые марганецсодержащие карбонаты и пирит, а также глинистые породы обладают высокими значениями железного модуля (JM). Стимулятором формирования сульфидов и карбонатов железа является органическое вещество, увеличение содержания которого влечет за собой увеличение содержаний $S_{\text{сульф}}$, FeO , CO_2 , MnO . Характерно преобладание закисного железа над окисным. Восстановленности железа в породах способствовала обогащенность их органическим углеродом. Породы комплекса характеризуются лито-халько-сидерофильным обликом ассоциаций микроэлементов.

Геохимический облик среднеюрских пород контролировался проявлением синхронных магматических процессов. Интрузивные породы, относящиеся к спилито-диабазовой и кератофировой формациям, обогащены медью, ванадием, никелем, хромом, мышьяком, спорадически сребром, цинком, свинцом, оловом.

2. Средний химический состав (%) пород флишевых и флишoidных комплексов Горного Крыма

Тип породы	Количество проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	S	SO ₃	F ₂ O ₃	CO ₂	Cорг	H ₂ O ^т	П.п.п.	
Глинисто-терригенный флишoidный комплекс																			
П	11	49,78	0,30	7,47	5,70	0,43	0,06	0,89	15,29	0,43	1,16	0,08	—	0,13	11,7	0,75	1,98	3,78	
А	8	60,35	0,43	17,45	3,40	1,00	0,02	1,14	2,12	0,64	2,60	0,12	—	0,04	1,29	0,35	2,51	6,65	
Карбонатно-терригенный флишевый комплекс																			
П	18	67,23	0,55	10,97	2,18	1,86	0,06	0,78	5,32	1,49	1,42	0,14	—	0,11	3,19	0,26	0,85	2,93	
А	12	56,33	0,78	16,08	4,27	2,03	0,11	2,10	4,26	1,20	2,48	0,09	0,10	0,49	3,49	0,55	2,08	3,30	
Вулканогенно-глинисто-терригенный флишoidный комплекс																			
П	27	67,53	0,59	11,66	2,10	2,81	0,05	2,91	2,68	1,65	1,36	0,22	—	0,13	2,95	0,13	0,76	3,19	
А	16	68,93	1,00	17,10	3,36	3,38	0,10	1,87	1,23	1,17	2,55	0,20	0,05	0,25	1,99	0,71	1,44	4,66	
Углеродисто-глинисто-терригенный флишевый комплекс																			
П	36	65,86	0,58	9,39	3,86	4,54	0,21	1,52	3,80	1,12	1,00	0,49	0,35	0,23	3,96	0,34	0,38	3,15	
А	35	58,44	0,78	18,08	3,65	4,19	0,09	2,02	0,90	0,92	2,43	0,09	0,27	0,18	0,80	0,74	1,11	5,32	

Петрохимические коэффициенты

Тип пород	Количество проб	$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}$ (АМ)		$\frac{TiO_2}{Al_2O_3}$ (ТМ)		$\frac{Na_2O}{Al_2O_3}$ (НМ)		$\frac{Na_2O}{K_2O}$ (ЩМ)		$\frac{FeO+Fe_2O_3+MgO}{SiO_2}$ (ФМ)		$\frac{FeO+Fe_2O_3+MnO}{Al_2O_3+TiO_2}$ (ЖМ)		$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	FeO+Fe ₂ O ₃ +MgO	SiO ₂	FeO+Fe ₂ O ₃ +MnO	Al ₂ O ₃ +TiO ₂			
Глинисто-терригенный флишoidный комплекс														
П	11	0,15	0,44	0,06	0,37	0,14	0,08	0,80	0,08					0,08
А	8	0,29	0,02	0,04	0,25	0,09	0,29	0,25	0,29					0,29
Карбонатно-терригенный флишевый комплекс														
П	18	0,16	0,05	0,14	1,05	0,04	0,85	0,35	0,85					0,85
А	12	0,28	0,04	0,07	0,48	0,11	0,47	0,38	0,47					0,47
Вулканогенно-глинисто-терригенный флишoidный комплекс														
П	27	0,17	0,05	0,14	1,22	0,12	1,34	0,41	1,34					1,34
А	16	0,29	0,05	0,34	0,45	0,14	1,00	0,37	1,00					1,00
Углеродисто-глинисто-терригенный флишевый комплекс														
П	36	0,05	0,17	0,32	1,12	0,15	1,17	2,13	1,17					1,17
А	35	0,30	0,04	0,05	0,37	0,16	1,14	0,42	1,14					1,14

Примечание: П — песчанки, А — аргиллиты.

В обломочных породах вулканогенно-глинисто-терригенного комплекса отмечается повышение содержания магния, сохраняется высокое содержание железа, среди щелочей натрий преобладает над калием. В плохо сортированных граувакковых и аркозовых песчаниках средней юры максимальные значения отмечаются для АМ (табл. 2). В среднеюрских породах наблюдается резкое уменьшение величины калиевого модуля и соответственно увеличение щелочного модуля, что является отражением преимущественного развития хлоритов в цементах и увеличения количества натриевых полевых шпатов. Благодаря наличию обломков вулканических пород и обилию хлорита в песчаниках закисная форма железа преобладает над окисной. В глинистых породах отмечаются наиболее высокие значения НМ — 0,34, что объясняется, вероятно, терригенной примесью. Породы характеризуются смешанными ассоциациями микроэлементов — преимущественно лито-халько-сидерофильного облика.

Для обломочных пород раннего мела и поздней юры отмечается уменьшение содержания закисного железа, магния, фосфора, титана, увеличение суммы щелочей. Отличительной чертой является преобладание калия над натрием, резко уменьшается значение натриевого и щелочного модулей (табл. 2). В граувакковых и аркозовых песчаниках поздней юры наблюдаются высокие значения АМ. В раннем мелу в составе обломочного материала роль гранитоидов уменьшается, что отражено в уменьшении значений ЩМ. Увеличение содержаний окисного железа связано с изменением физико-химических условий в бассейне седиментации.

Сравнивая особенности и состав ассоциаций микроэлементов в разрезе флишевых и флишoidных геосинклинальных комплексов, можно отметить, что наибольшей химической однородностью характеризуются породы заключительной стадии геосинклинального развития. Гетерогенность состава ассоциаций рудных элементов в породах начальных этапов развития геосинклинали связана, вероятно, с тем, что состав вещества, поступающего в осадочный цикл, формируется как за счет областей размыва, так и путем непосредственного привноса свежего эндогенного материала вулканическими процессами. Для вулканогенно-осадочных образований средней юры особенно характерно возрастание роли вещества основных эффузивов в формировании геохимического облика пород.

В аргиллитах рассмотренных комплексов по сравнению с песчаниками содержится больше Ti, V, Ni, Cu, Pb, Zn (табл. 3). Эти элементы проявляют упорядоченное распределение в гранулометрическом спектре отложений, следуя в процессе осадконакопления за пелитовым веществом. По сравнению с позднеюрским и раннемеловым комплексами породы триас—ранне- и среднеюрского комплексов обогащены V, Cr, Se, La, Y, Zr. Относительное обогащение ванадием и редкоземельными элементами пород углеродисто-глинисто-терригенного флишевого комплекса связано, вероятно, с увеличением содержаний в этих породах органического углерода. В аргиллитах этого комплекса, а также в среднеюрских по сравнению с песчаниками падает коэффициент вариации (V) содержаний химических элементов (до 50 и менее, что свидетельствует о тенденции к гомогенизации осадочного материала в пелитах (табл. 3). В целом химическая неоднородность разреза определяется скорее всего гранулометрической дифференциацией терригенного материала.

Петрохимическая и геохимическая эволюция пород изученного региона заключается в закономерном уменьшении содержания железа, магния, марганца и титана от раннегеосинклинальных осадков к позднегеосинклинальным. Та же тенденция подтверждается и аналогичным поведением сидерофильных элементов.

Диagenетические процессы в толщах флишевых и флишoidных комплексов Горного Крыма проявилась в формировании конкреций, среди которых главенствующая роль принадлежит карбонатным образова-

3. Статистическая оценка параметров распределения элементов (по данным количественного

Литологический комплекс, возраст	Тип поро- ды	Коли- чество проб	Статисти- ческий показатель	Содержание					
				Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr
Глинисто-терригенный флишеидный, K ₁	П	39	M	0,050	0,002	0,0006	0,149	0,005	0,003
			S	0,049	0,002	0,002	0,100	0,004	0,003
			V	98	92	87	67	79	80
			M+3S	0,198	0,008	0,006	0,450	0,016	0,012
Карбонатно-терриген- ный флишевый, J ₃	П	35	M	0,043	0,004	0,0007	0,295	0,007	0,007
			S	0,053	0,003	0,0006	0,239	0,005	0,004
			V	71	68	77	81	64	56
			M+3S	0,201	0,012	0,003	1,011	0,021	0,020
	A	27	M	0,051	0,008	0,0008	0,840	0,008	0,006
			S	0,097	0,011	0,0006	0,440	0,003	0,003
			V	89	34	69	50	45	49
			M+3S	0,343	0,040	0,003	0,15	0,018	0,016
Вулканогенно-глини- сто-терригенный флише- идный, J ₂	П	60	M	0,060	0,004	0,001	0,517	0,007	0,016
			S	0,097	0,002	0,001	0,266	0,005	0,019
			V	61	45	93	51	66	36
			M+3S	0,352	0,010	0,005	1,314	0,021	0,076
	A	43	M	0,056	0,007	0,001	0,757	0,013	0,012
			S	0,048	0,002	0,0005	0,213	0,005	0,006
			V	86	33	47	38	39	46
			M+3S	0,202	0,013	0,003	1,395	0,030	0,029
Углеродисто-глинисто- терригенный флишевый, T ₃ —J ₁	П	60	M	0,120	0,004	0,0008	0,401	0,007	0,011
			S	0,318	0,002	0,0004	0,202	0,004	0,012
			V	64	58	52	50	59	61
			M+3S	1,073	0,012	0,002	1,006	0,021	0,048
	A	53	M	0,084	0,008	0,00009	1,006	0,021	0,048
			S	0,121	0,015	0,00008	0,351	0,019	0,005
			V	44	65	83	64	83	59
			M+3S	0,447	0,056	0,003	1,598	0,073	0,023

Примечание: П — песчаники, А — аргиллиты, М — среднее арифметическое, S — стандартные значения содержаний. * Содержания ртути и мышьяка даны по результатам атомно-абсорбционного анализа от 0,05 до 0,2 %.

ниям; сульфидные конкреции играют подчиненную роль. В большинстве случаев конкреционные образования формировались преимущественно в глинистых породах по всему разрезу геосинклинальных отложений от позднего триаса до раннего мела. Они чаще всего приурочены к горизонтальным породам, обогащенным органическим углеродом. Отмечается определенная цикличность соотношений карбонатных компонентов в конкрециях. Конкреционные образования из таврической серии и отложений средней юры сложены в основном карбонатами железа и кальция. В отложениях поздней юры и раннего мела в конкрециях увеличивается роль CaCO₃.

Вопросы генезиса карбонатных конкреций таврической серии Крыма изучены достаточно подробно Н. В. Логвиненко, В. Г. Космачевым, Г. В. Карповой и др. [2, 3]. Процесс конкрециеобразования в таврическом флише начался с генерации железисто-карбонатных конкреционных тел. Более поздними в генетическом отношении являются образования кальцитового состава.

Для выяснения интенсивности диагенетического перераспределения элементов в осадке и относительной их концентрации в конкрециях были вычислены значения относительной концентрации кальция, магния, железа, марганца и фосфора и получены ряды их относительной концентрации (табл. 4).

Нахождение фосфора в ряду относительной концентрации элементов то на первом, то на втором, то на третьем, то на четвертом месте

спектрального анализа в геосинклинальных литологических комплексах Горного Крыма

элементы, %										1·10 ⁻⁶	1·10 ⁻⁴
Zr	Cu	Pb	Ca	Ce	La	Y	Yb	Zn	Ba	Hg*	As*
0,008	0,006	0,002	0,0007	—	—	0,002	0,0002	—	0,180	3,2	6
0,004	0,003	0,002	0,0003	—	—	0,002	0,00016	—	0,683	(18)	(18)
57	52	102	50	—	—	90	80	—	84		
0,021	0,014	0,008	0,002	—	—	0,008	0,0007	—	2,230		
0,010	0,004	0,001	0,0007	—	0,002	0,003	0,0002	—	0,259	5,1	13
0,008	0,002	0,002	0,0003	—	0,003	0,002	0,0001	—	0,767	(17)	(17)
81	58	71	43	—	49	76	55	—	95		
0,033	0,012	0,007	0,002	—	0,011	0,008	0,0006	—	2,561		
0,008	0,006	0,002	0,002	—	0,001	0,003	0,0002	—	0,020	3,5	18
0,005	0,003	0,002	0,001	—	0,002	0,002	0,0001	—	0,021	(13)	(13)
59	53	96	80	—	49	56	40	—	102		
0,022	0,015	0,009	0,005	—	0,007	0,009	0,0006	—	0,082		
0,009	0,005	0,002	0,0008	0,009	0,003	0,002	0,0002	—	0,026	10,1	32
0,003	0,002	0,002	0,0001	0,007	0,003	0,002	0,0001	—	0,038	(22)	(22)
63	55	66	31	78	80	94	53	—	45		
0,035	0,014	0,009	0,001	0,031	0,013	0,010	0,0006	—	0,140		
0,022	0,007	0,004	0,001	8,008	0,004	0,005	0,0004	0,009	0,009	7,2	43
0,009	0,002	0,002	0,0003	0,003	0,001	0,001	0,0001	0,009	0,001	(15)	(15)
43	35	50	36	34	31	47	30	92	32		
0,050	0,013	0,010	0,002	0,016	0,007	0,007	0,0008	0,036	0,013		
0,008	0,005	0,002	0,0008	0,010	0,008	0,003	0,0003	0,006	0,010	10,3	34
0,005	0,002	0,001	0,0009	0,006	0,005	0,002	0,0002	0,005	0,012	(31)	(31)
67	51	68	41	67	36	95	58	90	82		
0,025	0,012	0,007	0,001	0,027	0,022	0,010	0,0009	0,021	0,113		
0,025	0,012	0,007	0,001	0,009	0,007	0,003	0,0003	0,006	0,027	5,3	41
0,012	0,003	0,002	0,0006	0,010	0,011	0,002	0,0001	0,008	0,022	(24)	(24)
67	47	44	53	32	54	60	32	48	80		
0,054	0,014	0,009	0,003	0,038	0,40	0,008	0,0007	0,030	0,092		

дартное отклонение, V — коэффициент вариации (%), M+3S — минимально аномальные сорбционного анализа (в скобках количество проб), в выборки не включались содержания

показывает различную его подвижность в диагенезе. Значительные концентрации образует фосфор в конкрециях из флишевых отложений таврической серии и средней юры, что может быть связано как с поступлением обломочного материала, обогащенного фосфором, так и с проявлениями вулканической деятельности в ранней и средней юре.

Изучение распределений малых элементов в конкрециях и вмещающих породах показало, что содержание большинства элементов в конкрециях уступает их содержанию во вмещающих породах. В конкрециях содержание никеля, кобальта, титана, ванадия, хрома, циркония, меди, свинца, галлия обычно ниже, чем во вмещающих породах, а марганца, молибдена, цинка, олова и РЗЭ — выше. Конкреции из пород углеродисто-глинисто-терригенного флишевого комплекса обогащены

4. Относительная концентрация элементов в карбонатных концентрациях

Возраст вмещающих пород	Fe	Mn	Mg	Ca	P	Ряд относительной концентрации
Поздний триас — ранняя юра	3,31	15,85	1,06	15,30	17,80	Mg→Fe→Ca→Mn→P
Средняя юра	6,59	8,28	1,67	6,79	11,62	Mg→Fe→Ca→Mn→P
Поздняя юра	8,71	11,75	0,81	35,03	4,34	Mg→P→Fe→Mn→Ca
Ранний мел	0,38	2,50	0,33	10,38	0,005	P→Mg→Fe→Mn→Ca

марганцем и РЗЭ, а из флишевых и флишоидных комплексов поздней юры—раннего мела — оловом и цинком.

Анализируя закономерности проявления постседиментационных изменений в разрезе геосинклинальных толщ Горного Крыма, можно установить, что для этих пород наиболее характерны изменения, связанные с этапом катагенеза. Обилие смешанно-слоистых глинистых образований, присутствие монтмориллонита, степень изменения органики, наличие таких неустойчивых минералов, как гиперстен, роговая обманка и другие, свидетельствуют о незавершенности стадии глубинно-катагенетических изменений и преобразовании их на стадии начального катагенеза.

Индикатором сульфидного катагенетического процесса, связанного с деятельностью подземных вод, является пирит, скопления которого обычно приурочены к местам сосредоточения органики. Кристаллы пирита нередко приурочены к скоплениям остатков растительного детрита в песчаниках среднеюрского возраста. Эти новообразования являются прямым индикатором катагенетического процесса под влиянием подземных вод, которые в отложениях триаса и средней юры относятся к гидрокарбонатно-сульфатному классу. Вероятно, часть необходимой для образования пиритовых скоплений серы возникала в результате разложения органического вещества, а в основном поступила в виде сульфат-иона с грунтовыми водами к местам формирования пирита.

Вследствие альпийских движений при тектонических поднятиях, когда оживляется деятельность подземных вод и поверхностные кислородные воды проникают в глубь осадочной толщи, происходит окисление пирита — образуется сульфат закиси железа. Преобразование пирита под действием пластовых вод, насыщенных кислородом, в глинах, содержащих карбонаты, приводит дополнительно к образованию гипса, тонкие пластинки которого выстилают трещинки в породах.

В связи с проявлением в Крымском регионе тектоно-магматической активизации в толщах пород в благоприятных условиях развивались процессы гипогенного эпигенеза. В пределах тектонически ослабленных зон по трещинам происходила разгрузка термальных вод нефтяных месторождений; трещины служили каналами для углеводородных возгонов, нередко сопровождавшихся низкотемпературными гидротермами. Геохимически это выражено в локальных увеличениях концентраций ряда рудных элементов.

Так, в отложениях средней и поздней юры, включающих выделения обогащенных рудными элементами твердых битумов, установлены зоны с повышенным содержанием марганца, никеля, кобальта, молибдена, цинка, германия, РЗЭ, свинца, бария, мышьяка, ртути. Максимальные концентрации германия приурочены к скоплениям антраксолитов в глинах батского яруса в Восточном Крыму.

Источником германия, никеля, кобальта и РЗЭ могли служить углеродсодержащие толщи, из которых генерировались битумы под влиянием магматических процессов, и в виде возгонов поступали по трещинам. Германиево-битумные образования часто встречаются в кальцитовых прожилках, местами сопровождаются выделениями гипса. Данные изучения температур гомогенизации жидких включений в кальците и гипсе (20—22 °С) указывают на то, что обогащение битумов германием могло быть связано с воздействием низкотемпературных гидротерм. Не исключается и участие в этом процессе нефтяных вод, в которых концентрируются германий, свинец, барий, цинк, мышьяк, ртуть и др. Эти воды активизируются в результате тектоно-магматической деятельности. Парагенезис киновари с баритом или гипсом обуславливается определенным уровнем концентрации серы, что создает синхронные сульфат-сульфидные парагенезисы минералов с близкими содержаниями серы. По аналогии с Карпатским регионом такие зоны концентрирования рудных элементов, как зоны проявления стадии гипогенного эпигенеза, также могут быть связаны с нефтегазоносными структурами (Восточный Крым, Янышарская бухта).

В зонах контакта глинистых пород из углеродисто-глинисто-терригенного флишевого комплекса с интрузивными телами в зоне их ороговикования отмечаются повышенные содержания свинца, цинка, бария, олова, мышьяка. Возможно, происходящая в этих зонах под действием температуры битумизация органики, содержащей цинк и другие элементы, сопровождалась дополнительным стягиванием этого металла в битумных фракциях органического углерода. Есть также данные о заполнении тонких трещин галенитом в толщах глинистых пород келловея (п-ов Меганом) и триаса (район Карадага).

Пликративные дислокации в пределах Горного Крыма играют очень незначительную роль (есть примеры в отдельных участках Качинского поднятия). Все известные рудопроявления, точки ртутной минерализации, ее геохимические и механические ореолы размещаются в зонах влияния субширотных глубинных разломов, ограничивающих мегантиклинорий Горного Крыма с севера и юга, и поперечных к ним меридиональных глубинных разломов. Максимальное количество признаков ртутной и золоторудной минерализации приурочено к участкам пересечения глубинных разломов и сопровождается такими проявлениями гидротермального процесса, как каолинизация, диккитизация, окварцевание, пиритизация.

Исследование геохимии литогенетических процессов во флишевых и флишеидных отложениях северных окраин Тетиса (Горный Крым, Складчатые Карпаты) позволяет сделать вывод об общности тенденций развития седиментационных и постседиментационных процессов в миогеосинклинальных областях и о ведущей роли в них тектонического фактора.

Summary

Spatial-time analysis of geochemical rock formation evolution at different stages of the geosyncline development is carried out against the background of changes in tectonic conditions and magmatism related to them, of variations in hydrodynamic conditions and manifestations of tectonomagmatic and orogenic activation, that permits distinguishing a number of lithological complexes and giving geochemical characteristic of the postsedimentation rock transformation stages.

The greatest chemical homogeneity is typical of the rocks at final stage of the geosynclinal development. The composition of substance entering the sedimentary cycle is formed both due to the washing regions and by direct introduction of fresh endogenic material by volcanic processes, that affects heterogeneity of the composition of ore element associations in rocks at initial stages of the geosyncline development.

Petrochemical and geochemical evolution of rocks in the studied region consists in regular decrease of the amount of iron, magnesium, manganese and titanium beginning from early-geosynclinal sediments to late-geosynclinal ones. The same tendency is confirmed by analogous behaviour of siderophile elements as well.

1. Геология СССР. Крым.— М.: Недра, 1969.— Т. 8, ч. 1: Геологическое описание / Под ред.—576 с.
2. Логвиненко Н. В., Карпова Г. В. Карбонатные конкреции таврической формации Крыма // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва.— 1961.— Вып. 3.— С. 7—13.
3. Логвиненко Н. В., Космачев В. Г. Особенности геохимии диагенеза терригенного флиша // Геохимия осадочных пород и руд.— М.: Наука, 1968.— С. 284—294.
4. Лукашов К. И., Астапова С. Д. Геохимия моренного литогенеза.— Минск: Изд-во АН БССР, 1971.—201 с.
5. Лукашов К. И., Ковалев В. А., Жуховицкая А. Л. и др. Геохимия озерного и болотного литогенеза.— Минск: Изд-во АН БССР, 1971.—192 с.
6. Мурагов М. В. Структурные комплексы и этапы развития геосинклинальных складчатых областей // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1963.— № 6.— С. 3—11.
7. Мурагов М. В., Архипов И. В., Успенская Е. А. Структурная эволюция Горного Крыма в сравнении с Западным Кавказом и восточной частью Балканского хребта // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол.— 1984.— Т. 59, вып. 1.— С. 3—17.