

УДК 551.465

СОСТАВ ОБЛОМОЧНЫХ МИНЕРАЛОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© 2014 г. Н. В. Козина, А. Н. Новигатский

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: kozina_nina@bk.ru

Поступила в редакцию 18.11.2013 г.

Проведено исследование минерального состава тяжелой и легкой подфракций современных донных осадков Каспийского моря. Концентрация минералов по площади Каспийского моря позволила выделить на его акватории 9 терригенно-минералогических провинций. На основании минерального состава тяжелой подфракции донных осадков установлены основные источники поставки обломочного материала. Распределение терригенных минералов по площади дна в современных донных осадках Каспийского моря зависит от источников обломочного материала, устойчивости и флотационных свойств минералов, морфологии дна и гидродинамических условий.

DOI: 10.7868/S0030157414030058

Изучение минерального состава современных донных осадков является одним из приоритетных направлений в исследовании процессов осадконакопления в морях и океанах и позволяет более детально познать процессы современного осадкообразования. Минералогические исследования, которые характеризуют вещественный состав осадков, дают возможность выяснить особенности распределения минеральных видов по площади бассейна, выделить терригенно-минералогические провинции и установить их связь с основными источниками поступления обломочного материала, а также определить влияние гидродинамического режима в бассейне [34–36]. В данной работе приведен анализ минералов крупноалевритовой подфракции современных донных осадков Каспийского моря с дальнейшим определением питающих провинций и путей переноса осадочного вещества.

Активные исследования осадков и водной толщи Каспийского моря начались в 20-х годах прошлого века. Исследования проводили А.Д. Архангельский, А.Ф. Носов, Н.М. Страхов, М.В. Кленова, С.В. Бруевич, В.П. Батурич и Е.К. Копылова, И.А. Преображенский и С.Г. Саркисян [9, 14, 15, 23, 24, 42, 50, 51]. Наибольший вклад в познание закономерностей осадконакопления Каспийского бассейна внесли В.П. Батурич, С.В. Бруевич и Н.М. Страхов. Так, Н.М. Страхов, опираясь на исследования предшественников, дал анализ осадконакопления в Каспийском море, продвинул геохимические исследования [50, 51]. М.В. Кленовой исследовались дельта реки Волга и Северный Каспий с целью прогноза тех изменений, которые могут про-

изойти в связи с падением уровня моря. В результате этих исследований была предпринята попытка изучения геологического строения и процессов образования осадков и рельефа дельты р. Волга [24]. М.В. Кленова с соавторами охарактеризовали геологическое строение подводного склона Каспийского моря [23]. С.В. Бруевич впервые описал стратификацию вод Каспийского моря, охарактеризовал солевой состав, оценил распределение биогенных компонентов в водной массе, рассчитал влияние речного стока на геохимию водоема, вычислил баланс поступления и расхода различных компонентов [14, 15]. В.П. Батурич впервые рассмотрел Каспийское море как единую область седиментации. Им была описана водосборная площадь Каспия и оценена деятельность впадающих в него рек. Кроме того, В.П. Батурич обосновал новую классификацию современных донных осадков данной акватории [7–9].

В 50-х годах прошлого столетия литологию и геохимию каспийских осадков исследовали Алексина, Арутюнова, Пахомова и Горшкова [1, 2, 5, 6, 11, 19, 43].

В 60–70-х годах прошлого века литолого-геохимические исследования Каспийского моря проводили Лебедев, Маев, Кулакова, Куприн, Багиров, Брусиловский, Гурский, Туровский, Бордовский, Хрусталева [12, 13, 26–28, 49, 52]. Большой вклад в изучение донных осадков Каспийского моря внесли Лебедев, Маев [29, 30, 40]. Отдельного упоминания заслуживает Ю.П. Хрусталева, который очень подробно изучил Северный Каспий и его современное осадконакопление [54–56].

В 90-х годах XX века, опираясь на предшествующие исследования, В.Н. Холодов систематизировал накопленные данные по Каспийскому морю и представил это в виде статей и коллективной монографии [37, 53].

В конце 90-х XX века и начале 2000-х пристальное внимание привлекают работы А.А. Свиточа и Т.А. Яниной, которые особое внимание уделяют палеогеографии, палеореконструкции Каспийского бассейна, колебаниям уровня моря [47, 48, 57].

С 2008 г. появилась возможность комплексного исследования Каспийского моря Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Исследования проводились в рамках Программ Президиума РАН “Система Каспийского моря”, руководитель академик А.П. Лисицын [3, 4, 25, 31–33, 38, 39, 41, 44–46].

Минеральный состав тяжелой подфракции донных осадков Каспийского моря изучался Батуриным [7, 8], Кленовой [23, 24], Алексиной [1, 2], Арутюновой [5, 6] и Хрусталевым [54, 55]. Однако минеральный состав Среднего и Южного Каспия до сих пор недостаточно изучен. Целью данной работы является количественная оценка минералов тяжелой подфракции, определение минеральных ассоциаций поверхностных донных осадков Каспийского моря, питающих провинций и путей переноса вещества в бассейн на основе новых данных.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Каспийское море является крупнейшим внутриконтинентальным озером, которое не имеет связи с океаном, но, тем не менее, обладает особенностями осадконакопления, свойственными морским водоемам [55].

Характерная особенность Каспийского моря – это его питание как за счет гумидных, так и аридных областей. Рельеф областей суши, примыкающих к Каспийскому морю, очень разнообразен [29, 58]. С севера Каспийское море расположено в основном в пределах большой плоской и слабо расчлененной аллювиальной равнины и включает в себя бассейны рек Волги, Урала, Эмбы. Волга – основная питающая артерия Каспийского моря. Западная часть Каспия изрезана реками, дренирующими горную часть Кавказа. Восточная часть – это бессточная область, которая полностью занята пустынями. Аридные области восточного района являются источником большого количества эолового материала (аэрозолей) [53, 55].

С точки зрения геоморфологии, Каспийское море делится на три части. Северный Каспий, средняя глубина которого не превышает 10 м. Для всей северной части Каспийского моря типичен эрозионный рельеф, который постепенно вырав-

нивается осадконакоплением. Средний Каспий, который имеет вид глубоководной впадины. В его средней части расположена Дербентская котловина с максимальной глубиной 770–780 м. Южный Каспий представляет собой впадину (Южную) с максимальной глубиной 1025 м [16, 18, 22].

Замкнутость водоема, поступление большого количества терригенных веществ, изменяющиеся гидрологический и гидрохимический режимы делают Каспий интересным объектом исследований при выяснении закономерностей современного осадконакопления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пробы для изучения минерального состава были получены в ходе экспедиций в 2008, 2010 и 2012 гг. на НИС “Рифт”, а также в 2013 г. на НИС “Никифор Шуреков” (рис. 1, табл. 1). Поверхностные пробы (0–3 см) отбирались с помощью боксорера и мультиторера (Mini Muc K/MT 410 производства “KUM”). На судне делалось литологическое описание осадков и описание слайдов [10].

Всего было проанализировано более 70 проб. Поверхностные донные осадки были разделены до фракции 0.1–0.05 мм, которая является наиболее информативной для исследования минералов тяжелой подфракции. Проба крупноалевритовой размерности (0.1–0.05 мм) разделялась на легкую и тяжелую подфракции при помощи тяжелой жидкости бромформ (плотностью 2.89 г/см³). Минералы тяжелой подфракции закреплялись на стеклянные пластинки с помощью канадского бальзама ($n = 1.55$) и изучались под оптическим микроскопом. В каждой пробе подсчитывалось порядка 400 зерен. Содержание каждого минерала высчитывалось как процент от общего количества зерен минералов, определенных в пробе. По отдельным образцам были сделаны параллельные анализы в иммерсионных жидкостях, чтобы проверить достоверность данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из результатов работы стала карта концентраций выхода тяжелой подфракции (рис. 2). В Северном Каспии концентрация выхода тяжелой подфракции наиболее высокая и составляет более 2%. В глубоководных впадинах Среднего и Южного Каспия выход тяжелой подфракции минимальный – менее 1%. Такое распределение выхода тяжелой подфракции закономерно связано с распределением литологических типов донных осадков. Максимальные концентрации выхода тяжелой фракции присущи пескам, средние кон-

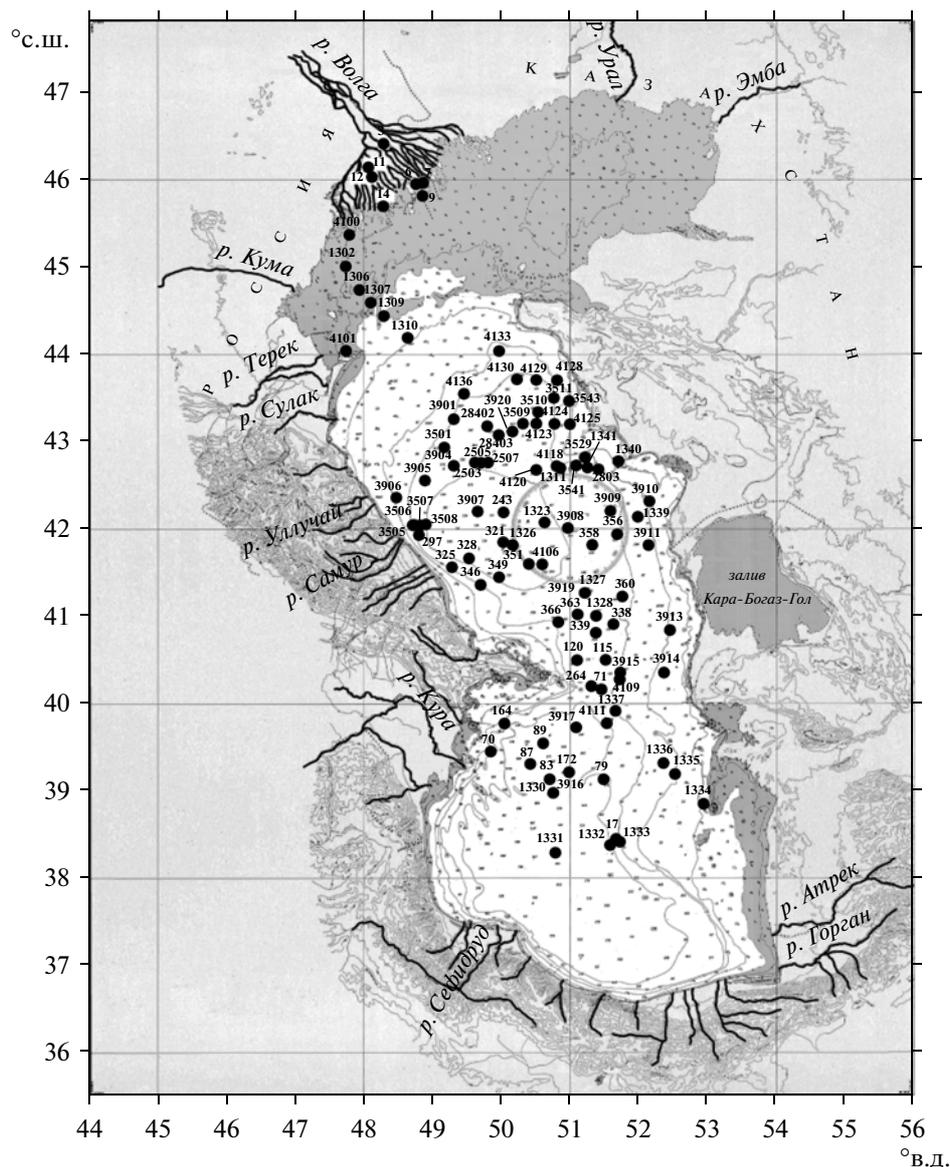


Рис. 1. Карта станций.

центрации — алевритам, а минимальные — пелитовым илам.

Донные отложения Каспийского моря характеризуются полиминеральным составом и являются сложными в литолого-минералогическом отношении образованиями [54]. Алевритовую фракцию современных отложений образуют минеральные компоненты двух групп: терригенные и аутигенные. Терригенные минералы составляют основу алевритовой фракции и представлены более чем 30 компонентами. Среди аутигенных минералов выделены пирит, гипс и карбонат кальция.

Рудные минералы (ильменит, магнетит, гидрокислы железа) — это наиболее распространенные минералы в тяжелой подфракции донных осадков дельты р. Волга и Северного Каспия. В

аллювии р. Волга содержание ильменита более 25% (рис. 3). Ильменит является основной составной частью тяжелой фракции выносов р. Волга. Он обладает высоким удельным весом, поэтому максимальные концентрации можно наблюдать вблизи основных источников терригенного материала, в Северном Каспии. По мере удаления от основных источников его концентрации уменьшаются. В отложениях Дербентской котловины его концентрации составляют 7–10%. Минимальное количество ильменита зафиксировано в Южном Каспии: от 3% на западном шельфе до “единичных значений” в глубоководной впадине Южного Каспия.

Магнетит распространен по всему Каспийскому морю в небольших концентрациях, за исклю-

Таблица 1. Поверхностные пробы донных осадков Каспийского моря (0–3 см), их координаты и глубина

№ пробы	Глубина, м	Координаты		Литологическое описание осадка (0–3 см)	Концентрация минералов	
		северная широта	восточная долгота		тяжелой подфракции, %	легкой подфракции, %
3	4	46°24.81'	48°16.54'	Светло-серый илистый песок с ракушей	4.31	95.69
6	4.5	45°57.02'	48°44.78'	Черный жидкий ил	3.58	96.42
7	6	45°57.82'	48°50.52'	Светло-серый илистый песок	4.65	95.35
9	5.5	45°49.41'	48°50.88'	Темно-серый илистый песок	4.91	95.09
11	7	46°08.97'	48°03.16'	Светло-серый мелкозернистый песок с обломками ракуши	3.98	96.02
12	5	46°02.07'	48°06.09'	Песчаный ил с включениями суглинков	4.07	95.93
14	7	45°41.89'	48°16.21'	Мелкозернистый песок	4.86	95.14
17	274	38°26.83'	51°38.59'	Пелитово-алевритовый ил	0.91	99.09
70	91	39°27.01'	49°49.54'	Алеврито-пелитовый ил	1.32	98.68
71	101	40°09.60'	51°26.08'	Алеврито-пелитовый ил с битой ракушей	1.17	98.83
79	525	39°08.04'	51°28.36'	Тонкий пелитовый ил	0.24	99.76
83	985	39°08.17'	50°40.76'	Тонкий карбонатно-пелитовый ил	0.31	99.69
87	654	39°18.51'	50°23.83'	Тонкий пелитовый ил	0.63	99.37
89	671	39°20.09'	50°22.21'	Тонкий пелитовый ил	0.52	99.48
115	215	39°00.02'	50°00.08'	Алеврито-пелитовый ил	1.31	98.69
120	185	39°00.07'	51°04.8'	Алеврито-пелитовый ил	1.58	98.42
164	103	39°46.07'	50°01.59'	Алеврито-пелитовый ил с битой ракушей	1.38	98.62
172	843	39°12.8'	50°58.01'	Тонкий карбонатно-пелитовый ил	0.17	99.83
243	687	42°18.98'	50°01.431'	Тонкий пелитовый ил	0.22	99.78
264	105	40°21.06'	51°12.51'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.09	98.91
297	194	41°02.92'	48°07.67'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.31	98.69
321	770	41°50.92'	50°01.19'	Тонкий пелитовый ил	0.28	99.72
325	105	41°34.1'	49°16.08'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.03	98.97
328	500	41°41.01'	49°31.09'	Тонкий пелитовый ил	0.61	99.39
338	192	40°00.9'	51°01.4'	Тонкий пелитовый ил	1.24	98.76
339	264	40°01.2'	51°35.5'	Тонкий пелитовый ил	1.06	98.94
346	173	41°22.2'	49°41.09'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.2	98.8
349	650	41°27.14'	49°57.05'	Тонкий пелитовый ил	0.34	99.66
351	785	41°36.13'	50°23.15'	Тонкий пелитовый ил	0.09	99.91
356	250	41°50.3'	51°18.02'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.09	98.91
358	354	41°54.6'	51°39.8'	Тонкий пелитовый ил	0.82	99.18
360	141	41°22.4'	51°07.43'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.39	98.61
363	310	41°02.2'	51°08.8'	Тонкий пелитовый ил	1.15	98.85
366	138	40°03.3'	50°08.14'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.42	98.58
2503	445	42°45.670'	49°36.095'	Тонкий пелитовый ил	0.54	99.46
2505	457	42°45.670'	49°41.529'	Тонкий пелитовый ил	0.46	99.54
2507	462	42°45.670'	49°46.959'	Тонкий пелитовый ил	0.35	99.65
2803	110	42°08.71'	51°39.51'	Пелитовый алеврит с примесью ракуши	1.23	98.77
28402	245	43°18.06'	49°08.01'	Пелитовый ил	0.82	99.18
28403	360	43°07.53'	49°09.46'	Пелитовый ил	0.75	99.25
3501	213	42°55.963'	49°09.484'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.05	98.95
3505	96	42°02.467'	48°41.234'	Ракушняк, целые створки раковин 0.5–1 см		
3506	139	42°03.363'	48°43.403'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.19	98.81
3507	285	42°02.767'	48°48.699'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.08	98.92
3508	410	42°03.041'	48°52.665'	Алеврито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.26	98.74
3509	312	43°12.218'	50°18.116'	Пелитовый ил	0.42	99.58

Таблица 1. Окончание

№ пробы	Глубина, м	Координаты		Литологическое описание осадка (0–3 см)	Концентрация минералов	
		северная широта	восточная долгота		тяжелой подфракции, %	легкой подфракции, %
3510	198	43°20.412'	50°31.240'	Тонкий пелитовый ил	0.51	99.49
3511	103	43°30.029'	50°44.785'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см)		
3529	121	42°49.132'	51°11.555'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см)		
3541	254	42°43.805'	51°04.053'	Пелитово-алевроитовый ил с примесью мелкозернистого песка и битой ракуши	1.52	98.48
3543	58	43°27.470'	50°58.219'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см)		
3901	107	43°15.713'	49°17.792'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см)		
3904	424	42°43.635'	49°17.506'	Тонкий пелитовый ил	0.45	99.55
3905	266	42°33.588'	48°52.351'	Алевроито-пелитовый ил	0.91	99.09
3906	57	42°21.677'	48°27.295'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.5 см		
3907	720	42°12.026'	49°38.556'	Тонкий пелитовый ил	0.14	99.86
3908	450	42°00.619'	50°57.480'	Тонкий пелитовый ил	0.35	99.65
3909	145	42°12.334'	51°34.345'	Алевроито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.12	98.88
3910	41	42°19.132'	52°08.298'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см) с целыми створками раковин (2–4 см)		
3911	67	41°48.992'	52°07.488'	Ракушняк, целые створки раковин 0.5–2 см		
3913	51	40°50.216'	52°25.831'	Ракушняк, целые створки раковин 0.5–2 см		
3914	43	40°21.215'	52°20.557'	Ракушняк битый (0.1–0.5 см) с целыми створками раковин (3–5 см)		
3915	103	40°21.010'	51°42.499'	Алевроито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.41	98.59
3916	1000	38°58.636'	50°44.383'	Тонкий карбонатно-пелитовый ил	0.29	99.71
3917	670	39°43.708'	51°03.915'	Тонкий пелитовый ил	0.61	99.39
3919	420	41°16.126'	51°11.280'	Тонкий пелитовый ил	0.39	99.61
3920	379	43°06.989'	50°08.624'	Тонкий пелитовый ил	0.36	99.64
4106	690	41°32.475'	50°34.665'	Тонкий пелитовый ил	0.08	99.92
4109	100	40°16.463'	51°42.470'	Алевроито-пелитовый ил с примесью битой ракуши	1.26	98.74
4111	452	39°46.529'	51°30.569'	Тонкий пелитовый ил	0.59	99.41
4118	300	42°41.832'	50°50.279'	Пелитовый алевроит с примесью мелкозернистого песка	1.85	98.15
4120	255	42°40.496'	50°29.703'	Пелитовый алевроит с примесью мелкозернистого песка и битой ракуши	1.79	98.21
4123	206	43°12.268'	50°29.816'	Тонкий пелитовый ил	0.39	99.61
4124	100	43°12.268'	50°45.748'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.2 см		
4125	55	43°12.135'	50°58.900'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–3 см		
4128	50	43°42.117'	50°47.380'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–3 см		
4129	150	43°42.460'	50°29.984'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.5 см		
4130	205	43°43.031'	50°12.691'	Тонкий пелитовый ил	0.64	99.36
4133	52	44°02.306'	49°57.261'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–3 см		
4136	104	43°32.930'	49°26.717'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.5 см		
1306	7.5	44°44.290'	47°55.704'	Ракушняк битый с целыми створками раковин 1–3 см		
1310	21	44°11.537'	48°37.593'	Ракушняк битый с целыми створками раковин 3–5 см		
1331	890	38°17.436'	50°45.844'	Тонкий пелитовый ил	0.09	99.91
1332	590	38°22.721'	51°33.551'	Тонкий пелитовый ил	0.27	99.73
1333	104	38°24.964'	51°42.075'	Тонкий пелитовый ил	0.14	99.86
1334	16	38°51.023'	52°55.144'	Ракушняк битый с целыми створками раковин 2–3 см		
1335	50	39°11.528'	52°30.184'	Карбонатные оолитовые пески		
1336	80	39°19.051'	52°20.415'	Тонкий пелитовый ил	1.03	98.97
1339	78	42°08.544'	51°58.191'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.5 см		
1340	36	42°46.252'	51°41.689'	Ракушняк, целые створки раковин 0.1–0.5 см		
1344	103	43°33.028'	49°26.437'	Ракушняк битый с целыми створками раковин 0.1–0.3 см		

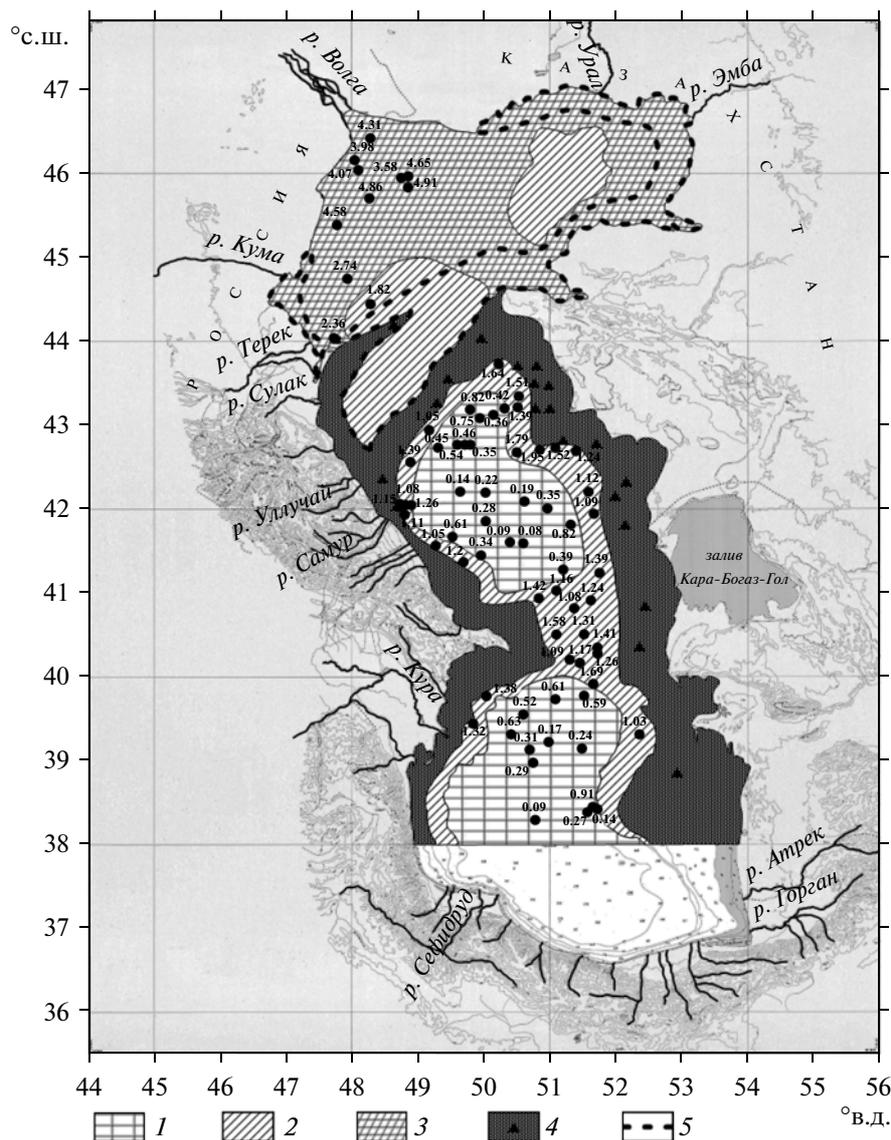


Рис. 2. Картограмма выхода тяжелой фракции.

1 – < 1; 2 – 1–2; 3 – > 2; 4 – область накопления ракушечного материала; 5 – предполагаемый ракушняк.

чением аллювия р. Волга. Повышенное значение магнетита в осадках приурочено к западной части Каспийского моря и достигает 5%. В остальных районах его значение не превышает 3%.

Что касается гидроокислов железа, то максимальные их концентрации наблюдаются в глубоководных впадинах Среднего и Южного Каспия, составляя 13–15%, а в редких случаях достигая 20%. В глубоководных впадинах и на восточном шельфе Каспия гидроокислы железа имеют аутигенное происхождение [54]. На западном побережье гидроокислы железа имеют происхождение как аутигенное, так и терригенное, приносимое реками [29].

Среди группы устойчивых минералов (гранат, циркон, сфен, рутил, турмалин) повсеместно по

площади Каспийского моря распространен гранат: с максимальными концентрациями (13%) в осадках дельты р. Волга и минимальными (<1%) – в Южном Каспии (рис. 4). Схожий характер распространения с гранатом имеет циркон, содержание которого в аллювии р. Волга достигает максимальных значений (9.5%), а в отложениях Южного Каспия циркон либо отсутствует, либо встречается в “единичных значениях” (табл. 2). Сфен и рутил в основном накапливаются в осадках дельты р. Волга, не превышая значений 5%, а также на Апшеронском пороге, в восточной и западной частях Каспия (<3%). В глубоководных котловинах эти минералы почти полностью отсутствуют, иногда встречаются в виде “единичных значений”. Сходный характер распространения имеет

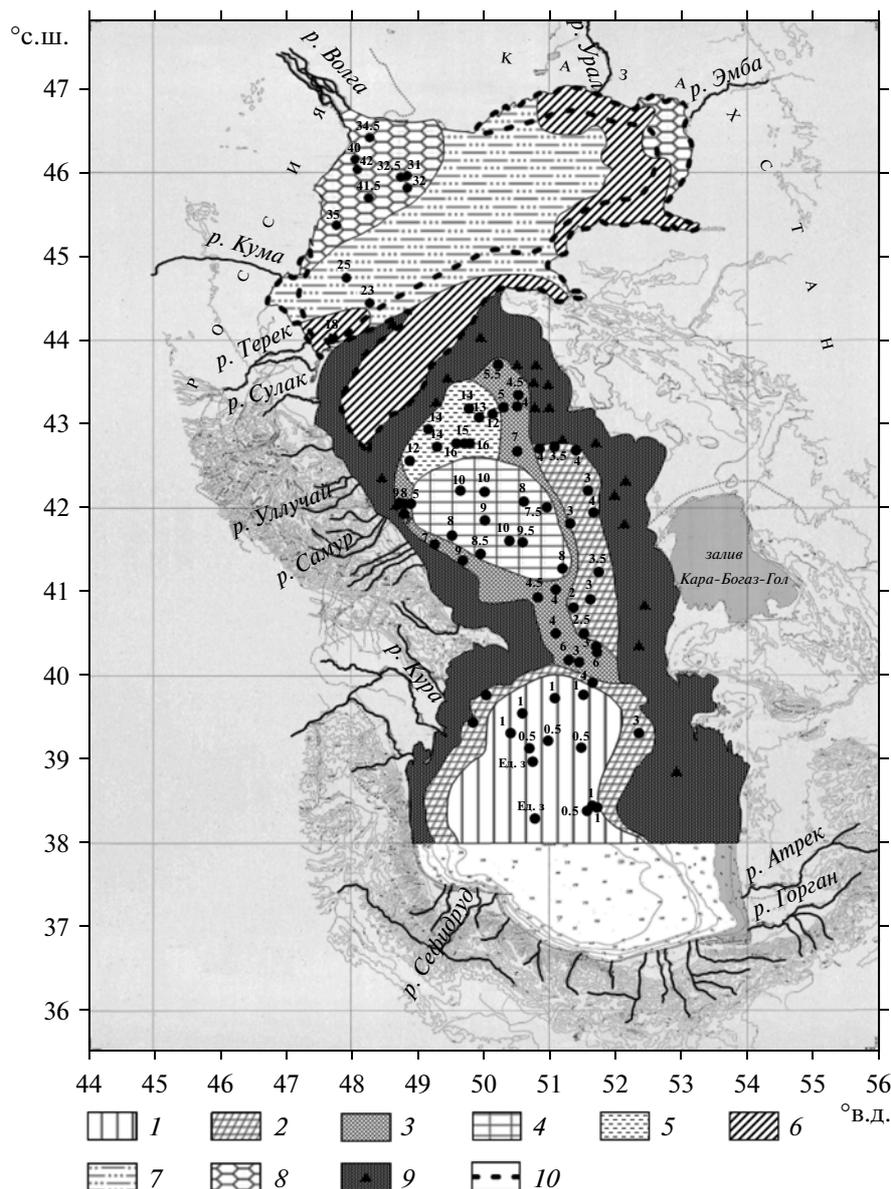


Рис. 3. Картограмма процентного содержания ильменита.

1 – < 1; 2 – 1–4; 3 – 4–7; 4 – 7–10; 5 – 10–15; 6 – 15–20; 7 – 20–25; 8 – > 25; 9 – область накопления ракушечного материала; 10 – предполагаемый ракушняк.

турмалин с максимальными концентрациями в осадках дельты р. Волги (до 8%) и в восточной части Каспийского моря (до 5%), и минимальными концентрациями в отложениях западной части Каспия (<1%).

Минералы группы амфиболов распространены по всей площади Каспийского моря (рис. 5). Представлены они в основном обыкновенной роговой обманкой. Другие амфиболы (глаукофан, актинолит, тремолит и базальтическая роговая обманка) встречаются эпизодически, в качестве “единичных значений”. Лишь в западной части Каспийского моря концентрация базальтической

роговой обманки имеет высокие значения. Зоны с повышенными содержаниями роговой обманки (20–25%) отмечены в осадках на западном шельфе Каспийского моря (рис. 5). Это связано с активным выветриванием Кавказского хребта и выносом минералов горными реками в западную часть моря. Горные реки, дренирующие Кавказ, размывают магматические (зеленокаменные породы и роговообманковые порфириды) и метаморфические породы (сланцы), богатые роговой обманкой [20]. В Северный Каспий роговая обманка попадает с терригенным материалом рек Волги и Урала, а также вследствие размыва бере-

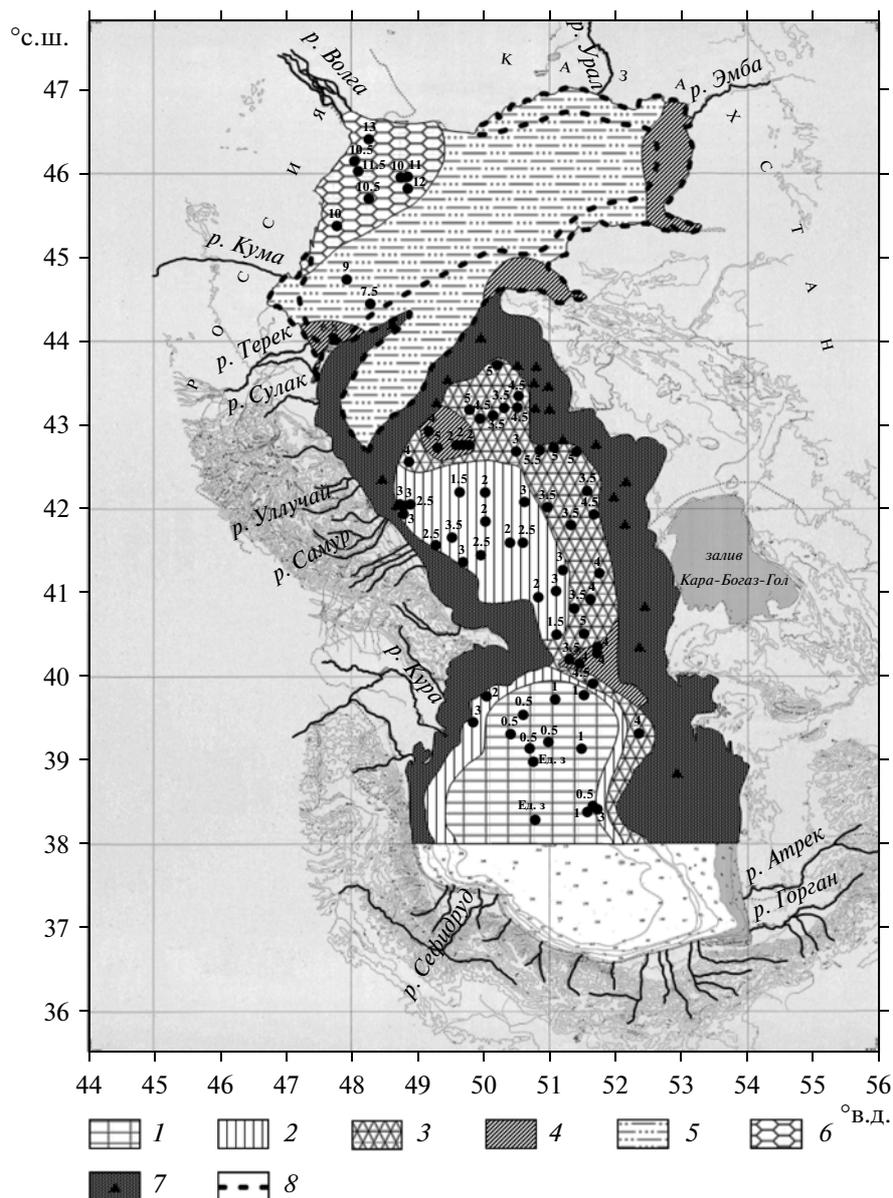


Рис. 4. Картограмма процентного содержания граната.

1 – < 1; 2 – 1–3; 3 – 3–5; 4 – 5–7; 5 – 7–9; 6 – > 9; 7 – область накопления ракушечного материала; 8 – предполагаемый ракушняк.

гов, сложенных породами с повышенным количеством роговой обманки. Призматическая форма минерала способствует его легкой транспортировке в глубоководные части моря (котловины) за счет сильных течений и штормовых волнений в этом районе. Широкое распространение роговой обманки в породах Уральской горной системы, Большого и Малого Кавказа, а также низкая степень гидродинамической устойчивости этой группы минералов способствует повсеместному распространению амфиболов в осадках Каспийского моря и преобладанию их в осадках западного шельфа. На количество роговой обманки в

Южном Каспии большое влияние оказывает размыв продуктов грязевулканических извержений [24]. Кроме этого, источником амфиболов являются выносы р. Куры [7]. Минимальные концентрации роговой обманки зафиксированы в восточной части Каспийского моря.

Минералы группы пироксенов, в основном монаклинные пироксены (авгит, диопсид), реже ромбические пироксены (гиперстен, содержание которого “единичные зерна”), повсеместно распространены в осадках Каспийского моря при содержании от “единичных значений” до 20%. В максимальных количествах пироксены концен-

Таблица 2. Средний состав тяжелой подфракции минералогических ассоциаций поверхностных донных осадков Каспийского моря (примечание: отдельные зерна проверялись на микронзонде)

Минералы	Дельта р. Волга	Дербентская впадина	Запад Среднего Каспия	Восток Среднего Каспия	Запад Южного Каспия	Южная впадина	Апшеронский порог
Ильменит	36	12	6	3.5	2.5	1	5
Магнетит	н.о.	1	5	2.5	6	2	2
Роговая обманка	8	5	22	4	18	11	10
Гранат	10	3	2.5	4.5	2	0.5	5
Циркон	7	1	2	3.5	1.5	0.5	3
Сфен	2.5	ед.з.	1	1.5	ед.з.	ед.з.	1.5
Ставролит	3	0.5	0.5	0.5	ед.з.	н.о.	0.5
Рутил	1.5	0.5	1	2	0.5	н.о.	2
Турмалин	7	2.5	0.5	3.5	2	1	3
Силлиманит	2.5	2.5	0.5	3	1	ед.з.	0.5
Кианит	3.5	6	14	3	16	4	4.5
Апатит	3	2	5	2	6	2.5	2
Эпидот	15	11	6	15	4.5	3	4
Клинопироксен	1	3	13	1	19	11.5	8
Слюда	ед.з.	24	15	34.5	17	28	25
Пирит	н.о.	15	3	9	1.5	25	14
Гидроок. Fe	1	12	3	7	2	10	10
Хромшпинелиды	1.5	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.

Примечание. ед.з – содержание минерала менее 0.5%, н.о. – не определено.

трируются в донных отложениях западной части Каспийского моря. Повышенное содержание пироксенов в современных осадках обусловлено выносами рек Терек, Самура, Сулака, Куры и др. Причем концентрация пироксенов с севера на юг на западном шельфе Среднего и Южного Каспия увеличивается, достигая максимальных значений возле дельты р. Куры (20%). Наибольшее содержание пироксенов в тяжелой фракции характерно для аллювия р. Куры и ее притоков [9]. Минимальные концентрации пироксена (<2%) зафиксированы в осадках дельты р. Волги и восточной части Среднего Каспия.

Минералы группы эпидота широко распространены в современных осадках Каспийского моря (табл. 2). В основном они представлены эпидотом, лишь в редких пробах был обнаружен цоизит. Максимальные концентрации эпидота зафиксированы в аллювии р. Волги (18%). Такое насыщение осадка эпидотом связано с поступлением и сносом его с Русской платформы. Кроме этого, большие концентрации эпидота приурочены к выносу р. Урал (табл. 3). В среднюю часть моря эпидот привносится вместе с основным потоком обломочного материала из Северного Каспия. Значительное количество эпидота содержится в осадках восточного шельфа, куда он поступает при размыве известняков и мергелей береговых об-

рывов восточного побережья, где содержание его в тяжелой фракции этих пород очень велико [2]. В глубоководную Дербентскую впадину эпидот попадает за счет больших выносов его Волгой и Уралом с последующим переносом течениями. Минимальные концентрации эпидота обнаружены в Южном Каспии (2–4%).

Среди **метаморфических минералов** (кианит, ставролит, силлиманит, апатит) по всей площади Каспийского моря распространен кианит и апатит. Для кианита характерно повышенное содержание в осадках западного шельфа (>10%), здесь его максимальные концентрации достигают 17% (в Южном Каспии). Поставка этого минерала осуществляется горными реками, дренирующими горные сооружения Большого и Малого Кавказа. Апатит встречается повсеместно в современных осадках Каспийского моря, не превышая значений 5%. Повышенное содержание апатита в осадках обнаружено в дельте р. Волги и в западной части Каспийского моря. Ставролит и силлиманит имеют пониженные значения в осадках Каспийского моря, обычно не превышающие 4% от всего количества тяжелой фракции. Основным источником этих минералов являются выносы терригенного материала р. Волгой.

Слюда (биотит, мусковит, флогопит) распространена по всей площади Каспийского моря

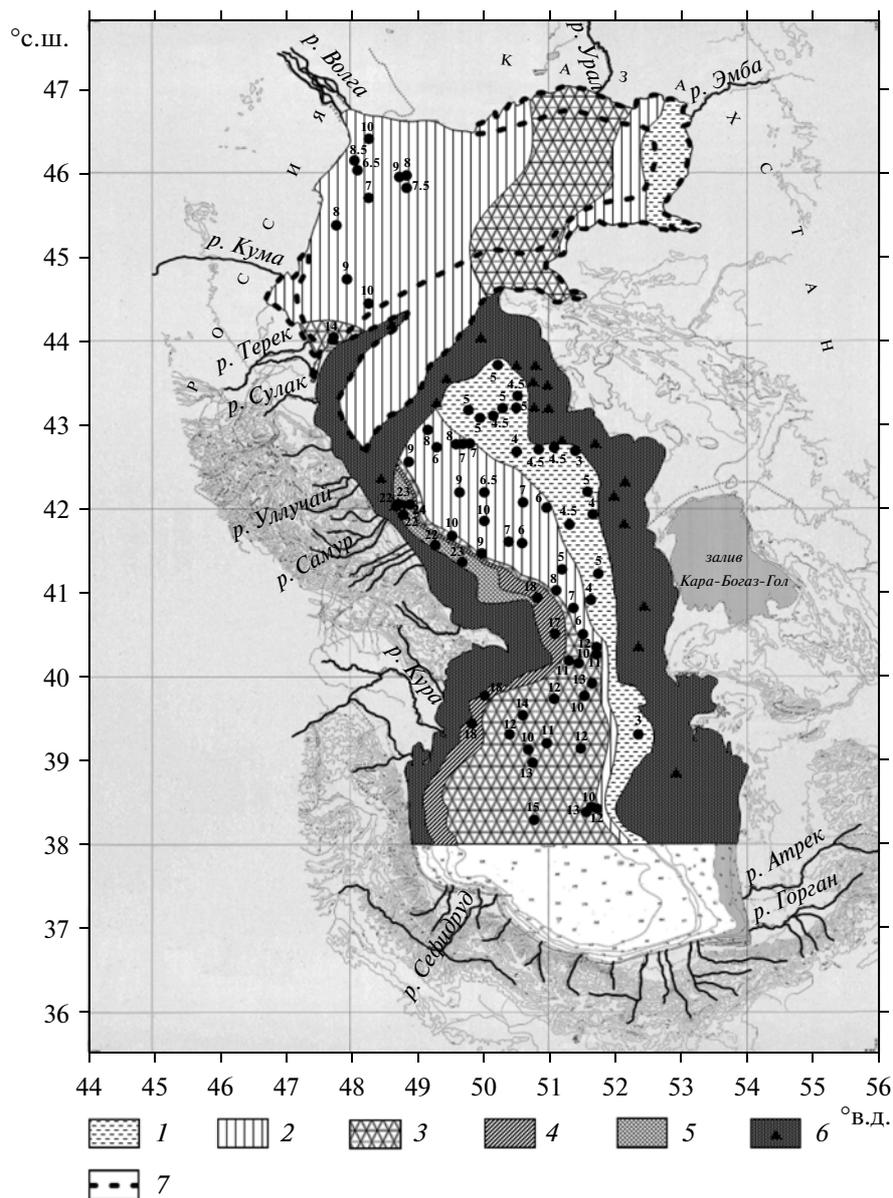


Рис. 5. Картограмма процентного содержания роговой обманки.

1 – < 5; 2 – 5–10; 3 – 10–15; 4 – 15–20; 5 – > 20; 6 – область накопления ракушечного материала; 7 – предполагаемый ракушняк.

(рис. 6). Максимальные ее концентрации в осадках обнаружены в восточной части Каспия, составляя более 30%. В осадках западного шельфа концентрация слюды увеличивается с севера на юг: от 10 до 30%. Слюда является составной частью выносов западного побережья, а также коренных пород восточного побережья (известняков, мергелей и песчаников) [2, 26]. Слюда обладает хорошими флотационными свойствами, за счет своей формы и строения, поэтому большое количество этих минералов обнаружено в глубоководных впадинах Среднего и Южного Каспия. В осадках глубоководных впадин Каспийского

моря концентрация слюды находится в пределах 20–30%.

Одним из существенных компонентов донных осадков Каспийского моря (тяжелой фракции) является **пирит** (аутигенный минерал). Встречается он в виде микроствяжений, агрегатных скоплений, кристаллов фрамбоидальной формы и округлых зерен. Повышенные концентрации пирита приурочены к районам наиболее тонкозернистых осадков, с содержанием пелитовой фракции более 90%, что связано с повышенным содержанием железа в них, а также к районам с сероводородным заражением, где происходит активная дея-

Таблица 3. Состав тяжелой подфракции поверхностных донных осадков рек

Минералы	р. Волга*	р. Урал**	р. Терек**	р. Сулак***	р. Самур****	р. Кура****
Ильменит	>15	>10	>15	ед.з.—5	н.о.	н.о.
Магнетит	>10	н.о.	н.о.	ед.з.—5	ед.з.—10	<5
Роговая обманка	>10	>10	>10	ед.з.—10	>15	10—30
Устойчивые мин-лы	>10	10—20	5—15	>10	ед.з.—15	ед.з.—10
Ставролит	ед.з.—5	ед.з.—1	ед.з.—1	<5	н.о.	н.о.
Силлиманит	ед.з.—5	ед.з.—3	ед.з.—3	н.о.	н.о.	н.о.
Кианит	ед.з.—10	ед.з.—5	ед.з.—1	ед.з.—10	>10	ед.з.—10
Апатит	ед.з.—5	ед.з.—5	ед.з.—5	ед.з.—10	н.о.	ед.з.—5
Эпидот	>15	>20	>15	ед.з.—5	<5	н.о.
Пироксены	ед.з.—1	ед.з.—10	10—20	>10	>10	ед.з.—10
Слюда	ед.з.—1	н.о.	ед.з.—5	>10	>10	10—20
Гидроокислы Fe	ед.з.—5	ед.з.—5	ед.з.—10	н.о.	н.о.	н.о.

Примечание. ед.з. — содержание минерала менее 0.5%, н.о. — не определено.

* Данные авторов.

** Данные Хрусталева [54, 55].

*** Данные Кленовой [23].

**** Данные Батурина [7, 8], в %.

тельность микроорганизмов. Максимальные его концентрации зафиксированы в глубоководных впадинах Среднего (20%) и Южного Каспия (30%) (рис. 7).

Хочется отметить уникальную особенность Каспийского моря. Дно шельфовых областей Каспия покрыто ракушняком. Ракушняк представлен различными по размеру створками раковин без какой-либо примеси песчаного, алевроитового или пелитового материала. Этот пояс окольцовывает Каспийское море со всех сторон. В Южном Каспии этот пояс более узкий и распространен на глубинах от 0 до 50 м, в Среднем Каспии ракушняк залегает на глубинах от 0 до 150 м. Это косвенно указывает на активную вдольбереговую гидродинамику и, как следствие, на невозможность аккумуляции более тонких фракций.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основываясь на наших минералогических исследованиях, а также учитывая результаты предшествующих работ, в акватории Каспийского моря мы выделяем 9 терригенно-минералогических провинций (рис. 8).

1. По данным Хрусталева [55] с нашими дополнениями Северный Каспий (рис. 8) можно отнести к ильменит-эпидот-гранатовой провинции. Основным источником терригенных компонентов в этом районе являются выносы рек Волги и Урала. Для этой провинции характерно повышенное содержание ильменита, циркона, эпидота, роговой обманки и минералов кианит-силлима-

нитовой групп, указывающих на поступление материала с Русской платформы. Для этой провинции характерно преобладание трудно транспортируемых минералов: ильменит, устойчивые минералы, ставролит. Русская платформа оказывает доминирующий вклад в формирование минерального комплекса современных осадков дельты р. Волга, которая поставляет значительное количество терригенного материала в Северный Каспий [2, 55]. Распределение терригенных минералов в современных осадках Северного Каспия зависит от местоположения источников обломочного материала, устойчивости и флотационных свойств минералов, а также от морфологии дна и гидродинамических условий. Несмотря на небольшую площадь и мелководность Северного Каспия, в нем выделяются 6 субпровинций [54, 55]: а) Волжская субпровинция, формирование минерального состава которой происходит за счет выноса терригенного материала р. Волгой. Для этой субпровинции характерно преобладание трудно транспортируемых минералов (устойчивых и рудных минералов); б) Уральская субпровинция, в поступлении обломочного материала которой ведущую роль играет аллювий р. Урал. Среди акцессорных минералов здесь широко развиты циркон, рутил, апатит; в) Бузачинская субпровинция приурочена к юго-восточной части Северного Каспия. Формирование донных отложений происходит за счет интенсивного поступления эоловых наносов. Характерными минералами этой субпровинции являются ставролит, силлиманит, амфиболы, кианит; г) Терекская субпровинция формируется за счет выносов терригенного мате-

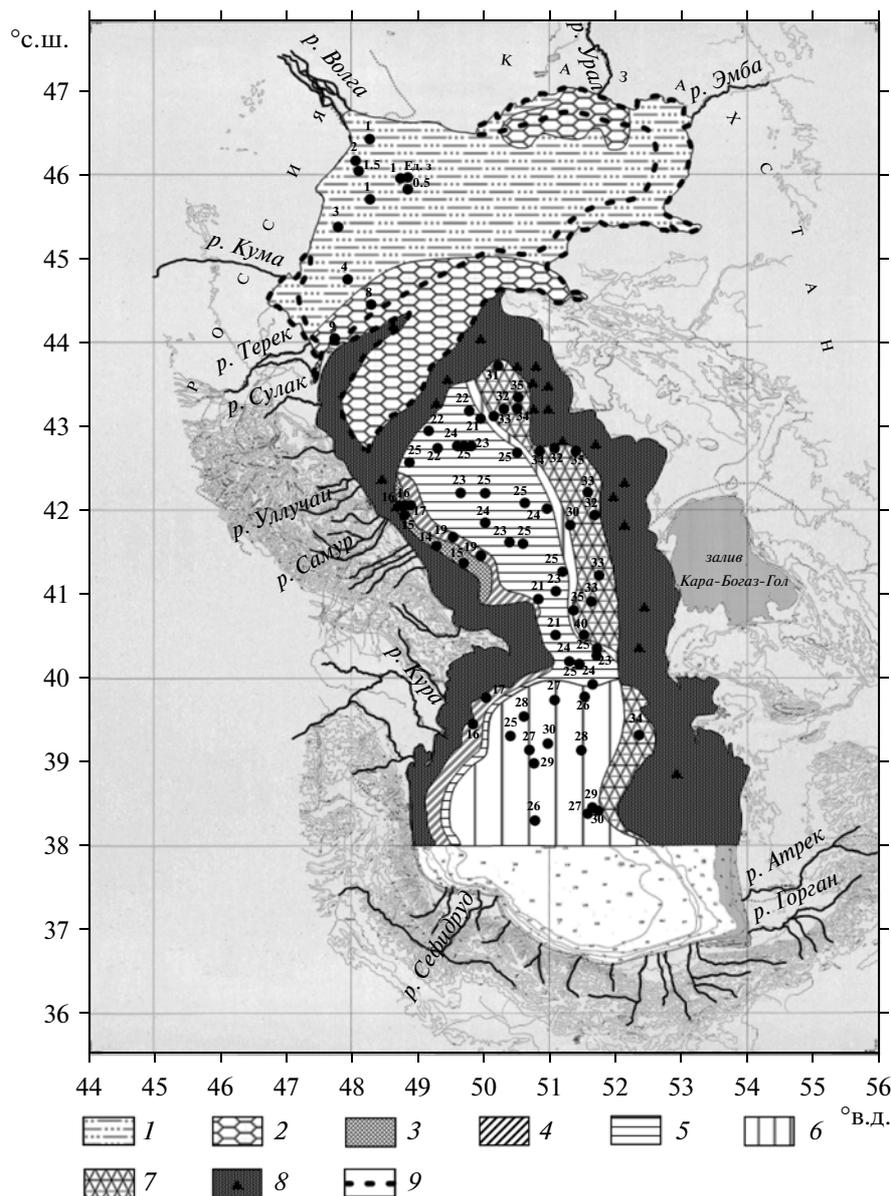


Рис. 6. Картограмма процентного содержания слюды.

1 – < 5; 2 – 5–10; 3 – 10–15; 4 – 15–20; 5 – 20–25; 6 – 25–30; 7 – > 30; 8 – область накопления ракушечного материала; 9 – предполагаемый ракушняк.

риала р. Терек, характерными минералами которой являются пироксены и эпидот; д) Центральная субпровинция охватывает центральную часть Северного Каспия. Формирование осадков происходит под влиянием аллювия р. Волги и размыва пород дна. Повышенное содержание отмечено для эпидота, амфибола, устойчивых и рудных минералов; е) Тюб-Караганская субпровинция приурочена к Мангышлакскому заливу. Осадки формируются за счет поступления эолового материала, а так же за счет размыва пород п-ова Тюб-Караган. В донных осадках отмечается повышен-

ное содержание титанистых минералов, эпидота, роговой обманки, ильменита.

2. Северная зона Среднего Каспия (рис. 8) относится к амфибол–эпидот–гранат–цирконовой провинции. Эта зона характеризуется большим содержанием ряда минералов: ильменит, гранат, циркон, рутил, турмалин, сфен, роговая обманка, пироксены, эпидот, ставролит и кианит. Основным источником терригенных компонентов в этом районе являются выносы р. Волги, которые и создают повышенные содержания минералов в отложениях обозначенной зоны. Повышенное содержание циркона и кианит-силлиманитовой группы ука-

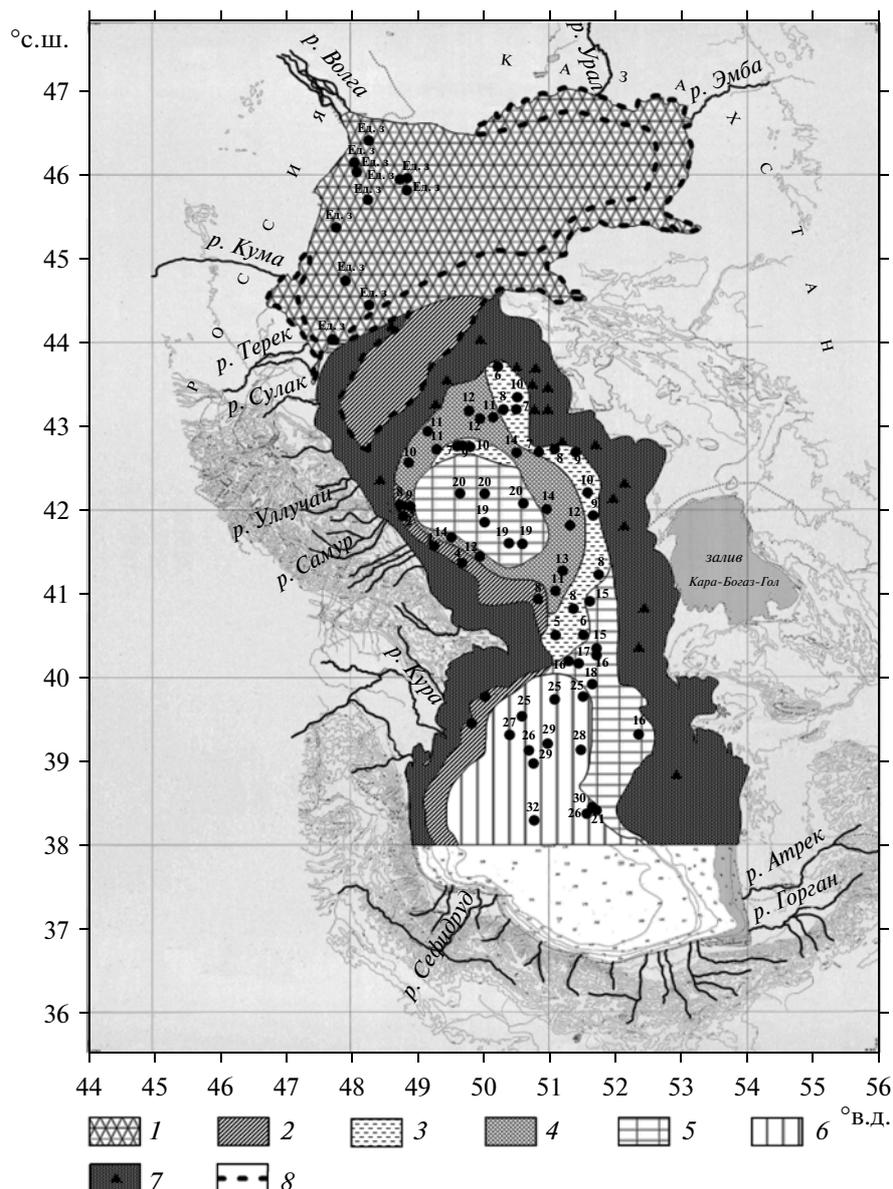


Рис. 7. Картограмма процентного содержания пирита.

1 – единичные значения; 2 – < 5; 3 – 5–10; 4 – 10–15; 5 – 15–20; 6 – > 20; 7 – область накопления ракушечного материала; 8 – предполагаемый ракушняк.

зывает на привнос осадочного материала с Русской платформы [2, 6, 29].

3. Западную зону Среднего Каспия (рис. 8) можно отнести к амфибол–биотит–кианитовой провинции. Для этой зоны характерно наличие роговой обманки, биотита, кианита, пироксенов, представленных авгитом и диопсидом, апатита, рудных минералов (магнетит, ильменит) и незначительного количества устойчивых минералов (гранат, циркон). Концентрация пироксенов постепенно увеличивается с севера на юг. Основным источником терригенных компонентов является

терригенный материал, поступающий с горными реками Кавказа.

4. Восточная зона Среднего Каспия (рис. 8) относится к слюисто–эпидот–гранат–цирконовой провинции. В данной группе слюд отмечены две разновидности – калиево-натриевые слюды (группа мусковита) и магнезиально-железистые слюды (группа биотита). Для минерального комплекса алевритовой фракции современных отложений восточной зоны Среднего Каспия характерно наличие слюды (биотита и мусковита), эпидота, рудных минералов (ильменита, магнетита), устойчивых минералов (граната, циркона, сфена, рутила и

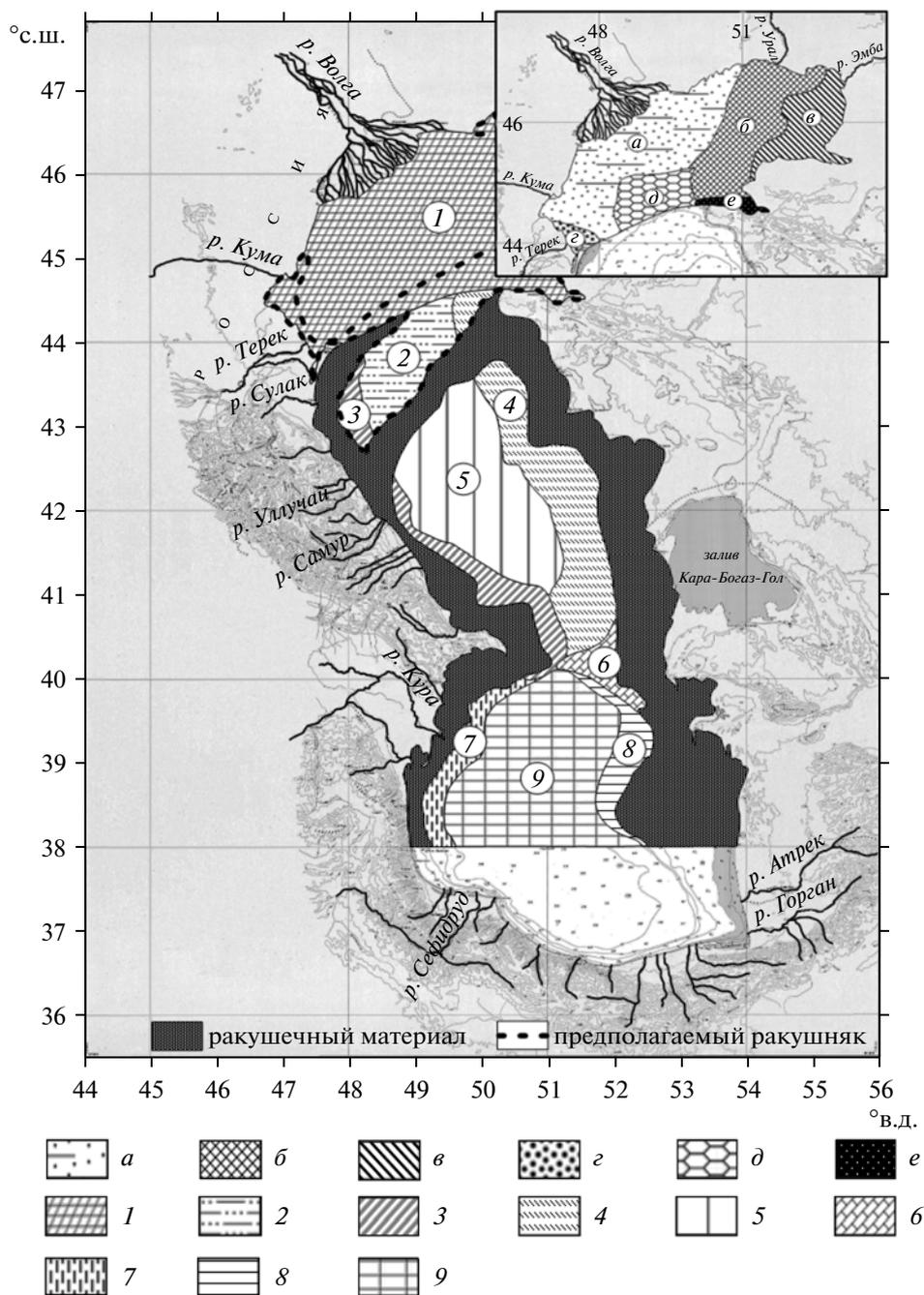


Рис. 8. Минеральные провинции поверхностных донных осадков Каспийского моря и субпровинции Северного Каспия по данным [55].

Провинции: 1 – Северный Каспий (ильменит–эпидот–гранатовая); Средний Каспий: 2 – северная (амфибол–эпидот–гранат–цирконовая); 3 – западная (амфибол–биотит–кианитовая); 4 – восточная (слюдисто–эпидот–гранат–цирконовая); 5 – центральная (слюдисто–эпидот–амфибол–пиритовая); 6 – около Апшеронского порога (слюдисто–пиритовая с большими концентрациями устойчивых и рудных минералов); Южный Каспий: 7 – западная (пироксен–амфибол–кианитовая); 8 – восточная (слюдисто–пиритовая); 9 – центральная (биотит–пирит–амфиболовая);

Субпровинции Северного Каспия: а – Волжская; б – Уральская; в – Бузучинская; г – Терекская; д – Центральная; е – Тюбкараганская.

турмалина), минералов метаморфических пород (кианит, ставролит, силлиманит) и аутигенных минералов (гидроокислов железа и пирита). Если

говорить об основной массе алевритовой фракции, то она сложена карбонатом и слюдой, в меньшей степени кварцем. Зерна кварца мато-

вые, очень хорошо окатаны. Такая хорошая окатанность не встречается больше нигде. Это указывает на долгий и дальний перенос. Минеральное питание этой зоны осуществляется за счет эолового переноса материала из пустынь. В работах Бруевича и Гудкова [15], Алексиной [1] был исследован минеральный состав эоловой пыли. Было установлено присутствие рудных минералов, турмалина, циркона, рутила и эпидота. Кроме этого, еще одним источником поступления терригенного материала является абразия береговых отложений, а также перенос материала из южной части моря течением. Для восточной части характерно аутигенное накопление кальцита в виде обрастания более крупных минеральных зерен.

5. Центральная зона Среднего Каспия (рис. 8) относится к слюдисто–эпидот–амфибол–пиритовой провинции. Она занимает почти всю Дербентскую котловину и подножье прилегающего к ней восточного склона. Минеральный состав современных отложений этой зоны характеризуется большим содержанием биотита, мусковита, роговой обманки, эпидота, ильменита и небольшими концентрациями устойчивых минералов и минералов метаморфических пород. Кроме этого, в данном районе накапливаются аутигенные минералы: пирит и гидроксиды железа. Центральный район, наиболее глубоководный, здесь отлагаются легкие и транспортабельные минералы. Кроме того, на центральную часть Среднего Каспия оказывает влияние мощный речной сток р. Волги, который поставляет в Дербентскую впадину терригенный материал, принесенный с Русской платформы (табл. 2, 3). Большое влияние оказывает эоловый перенос из пустынь, поставляющий значительное количество слюды в глубоководную часть моря. Также отмечается влияние большого количества западных горных рек, которые поставляют магматические и метаморфические минералы (табл. 2, 3). Нельзя не отметить влияние различных биохимических процессов, накопление аутигенных минералов [19].

6. Зона около Апшеронского порога (рис. 8) относится к слюдисто–пиритовой провинции с большими концентрациями устойчивых и рудных минералов. Поскольку Апшеронский порог возвышается (имеет незначительные глубины), то в этой зоне хорошо накапливаются устойчивые минералы. Питание этой провинции происходит за счет абразии дна и береговых отложений, а также большое влияние на эту провинцию оказывает эоловый материал, поступающий из пустынь Казахстана и Туркменистана.

7. Западную зону Южного Каспия (рис. 8) можно отнести к пироксен–амфибол–кианитовой провинции. Западная зона охватывает шельф и склон, прилегающий к западному побережью Южного Каспия. Для нее характерно повышенное со-

держание пироксенов, амфиболов, биотита и кианита. Кроме этого, встречены эпидот, гранат, циркон и рудные минералы. Источниками терригенного материала этой провинции являются выносы рек Куры и Аракса.

8. Восточная зона Южного Каспия (рис. 8) относится к слюдисто–пиритовой провинции. Минеральный состав провинции отличается высокими содержаниями слюды (35%) и пирита (20%). Кроме этих минералов, в восточной части Южного Каспия концентрируются устойчивые минералы, эпидот, роговая обманка, минералы метаморфических пород и авгит. Образование такого минерального комплекса связано с размывом береговых обрывов, а также с эоловой поставкой материала из пустынь.

Кроме того, в восточной части Южного Каспия на глубине 50 м были обнаружены карбонатные оолитовые пески бежево-коричневого цвета. Также было отмечено, что многие минеральные зерна тяжелой фракции полностью обросли карбонатом. Такое аутигенное накопление кальцита в виде обрастания минеральных зерен и их цементации характерно для аридной зоны Каспийского моря (восточной части).

9. Центральная зона Южного Каспия (рис. 8) относится к биотит–пирит–амфиболовой провинции. Она располагается в Южной глубоководной котловине. Эта зона отличается высоким содержанием пирита, гидроксидов железа, биотита, роговой обманки. Роль устойчивых минералов намного снижается. В Южной глубоководной впадине преобладающими минералами являются слюда, пирит, пироксены, амфиболы. В небольшом количестве присутствуют устойчивые и рудные минералы, а также эпидот.

На осадкообразование и поступление терригенного материала в Южную глубоководную котловину оказывает влияние многие факторы, так например, материал поступает с запада с выносами горных рек. Кроме этого, в глубоководной впадине оседают минералы, которые хорошо перемещаются за счет своей формы и строения (слюда, роговая обманка), а также эоловый материал (аэрозоли). Помимо этих факторов большое влияние на формирование минерального комплекса современных осадков в Южной впадине оказывают выбросы грязевых вулканов [17, 21, 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Донные отложения Каспийского моря характеризуются полиминеральным составом, т.к. формирование терригенной составляющей происходит за счет осадочного материала, поступающего с речным стоком, с эоловой взвесью, а также при абразии берегов, дна и размыве грязевых вулканов.

2. На основании полученных результатов были выделены основные терригенно-минералогические провинции.

3. Исходя из гидродинамической устойчивости минералов, выявляется тенденция обогащения прибрежных, мелководных, хорошо отсортированных осадков минералами устойчивой группы, а тонких, глубоководных донных отложений — минералами группы амфиболов и слюды.

4. Обнаружено повсеместное преобладание минералов легкой подфракции в современных донных осадках, которое составляет не менее 97%. Установлена закономерность между литологическими типами донных осадков и выходом тяжелой фракции в них. В песчаных отложениях выход тяжелой фракции составляет 2–3%, в алевритах — 1–2%, в пелитовых илах — менее 1%.

5. Установлены области накопления ракушечного материала, области отсутствия современных донных осадков.

6. Распределение терригенных минералов в современных донных осадках Каспийского моря зависит от источников обломочного материала, степени устойчивости и флотационных свойств минералов, морфологии дна и гидродинамических условий.

Авторы благодарят руководителя проекта “Система Каспийского моря” академика А.П. Лисицына; руководителей рейса А.К. Амбросимова и А.А. Ключиткина; М.Д. Кравчишину за помощь в сборе материала; а также В.В. Гордеева, А.Ю. Леин, И.А. Немировскую, В.Н. Лукашина, В.П. Шевченко, О.М. Дару, Л.Е. Рейхард и Н.В. Политову за ценные советы; экипаж НИС “Рифт” и “Никифор Шуреков” за помощь в отборе проб и А.Н. Рудакову за выполнение анализов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта НШ-2493.2014.5 А.П. Лисицына; РФФИ (проекты № 12-05-31302, № 14-05-00875, № 14-05-00769), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН 23 (10.1. Трансевропейский меридиональный морской эколого-геохимический разрез), Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексина И.А. К характеристике эолового материала восточного побережья Среднего Каспия // Докл. АН СССР. 1959. С. 51–57.
2. Алексина И.А. Осадки и рельеф подводного склона восточного побережья средней части Каспийского моря // Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 122–193.
3. Амбросимов А.К., Лукашин В.Н., Буренков В.И. и др. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 32-м рейсе НИС “Рифт” // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 751–757.
4. Амбросимов А.К., Лукашин В.Н., Либина Н.В. др. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 35-м рейсе НИС “Рифт” // Океанология. 2012. Т. 52. № 1. С. 150–155.
5. Арутюнова Н.М. Вещественный состав донных отложений северной части Каспийского моря // Тр. ГОИН. 1957. Вып. 34. С. 161–188.
6. Арутюнова Н.М. Минеральный состав донных отложений Бакинского архипелага // Современные осадки Каспийского моря. М.: Наука, 1956. С. 175–185.
7. Батурич В.П. К петрографии аллювия рек Союза: Река Кура // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1934. Т. 12. № 3. С. 10–28.
8. Батурич В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 335 с.
9. Батурич В.П., Копылова Е.К. Геологический очерк южной и средней частей Каспийского моря // Современные осадки Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 272–302.
10. Безруков П.Л., Лисицын А.П. Классификация осадков современных морских водоемов // Тр. ИО АН СССР. 1960. Т. 32. С. 120–168.
11. Бетехтин А.Г. Минералогия. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 850 с.
12. Каспийское море. М.: Изд-во МГУ, 1969. 264 с.
13. Бордовский О.К. Органическое вещество морских и океанских осадков в стадии раннего диагенеза. М.: Наука, 1974. 101 с.
14. Бруевич С.В., Виноградова Е.Г. Основные черты осадкообразования на Каспийском море // Докл. АН СССР. 1946. Т. 52. № 9. С. 795–798.
15. Бруевич С.В., Гудков М.П. Атмосферная пыль над Каспийским морем // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1954. № 4. С. 18–29.
16. Геолого-геоморфологические исследования Каспийского моря / Отв. ред. Воропаев Г. В. и др. М.: Наука, 1983. 151 с.
17. Глазовский Н.Ф., Батоян В.В., Брусиловский С.А. Грязевой вулканизм как источник поступления вещества в Каспийское море // Комплексные исследования Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1976. Вып. 5. С. 189–200.
18. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.Н. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра, 2004. 341 с.
19. Горшкова Т.И. Биогеохимия современных осадков морей СССР. М.: ИО АН СССР, 1970. 50 с.
20. Гроссгейм В.А. История терригенных минералов в мезозое и кайнозое Северного Кавказа. Л.: Недра, 1961. 260 с.
21. Дадашев Ф.Г., Мехтиев А.К. Грязевые вулканы Каспийского моря // Изв. АН АзССР. Науки о Земле, геология. 1979. № 5. С. 26–32.

22. Каспийское море: Вопросы геологии и геоморфологии / Отв. ред. Лебедев Л.И., Маев Е.Г. М.: Наука, 1990. 150 с.
23. Кленова М.В., Соловьев В.Ф., Алексина И.А. и др. Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 637 с.
24. Кленова М.В., Ястребова Л.А. Осадки северной части Каспийского моря // Современные осадки Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 242–271 с.
25. Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Политова Н.В. и др. Исследование биогенной и абиогенной частей взвеси дельты реки Волги в период весеннего половодья (май 2008 г.) // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 2. С. 151–164.
26. Кулакова Л.С. О Минеральном составе современных осадков восточного побережья Южного Каспия // Докл. АН СССР. 1959. Т. 124. № 2. С. 406–409.
27. Курин П.Н., Багиров В.И. К познанию условий формирования донных отложений Среднего и Южного Каспия. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 46–58.
28. Курин П.Н., Потапова Л.И., Шатов А.С., Шлыков В.Г. Минеральные и органические новообразования в донных отложениях Каспийского моря // Комплексные исследования Каспийского моря. М.: Наука, 1974. Вып. 4. С. 53–71.
29. Лебедев Л.И., Алексина И.А., Кулакова Л.С. и др. Каспийское море: Геология и нефтегазоносность. М.: Наука, 1987. 296 с.
30. Лебедев Л.И., Едигарян З.П., Кулакова Л.С. и др. Геологическое строение и нефтегазоносность платформенной части Каспия. М.: Наука, 1975. 128 с.
31. Леин А.Ю., Русанов И.И., Кловиткин А.А. и др. Биохимические процессы в водной толще Каспийского моря в ноябре 2008 года // Докл. РАН. 2010. Т. 434. № 6. С. 786–790.
32. Леин А.Ю., Русанов И.И., Кравчишина М.Д. и др. О генезисе органического и карбонатного углерода в осадках Северного и Среднего Каспия (по изотопным данным) // Литология и полезные ископаемые. 2012. № 4. С. 319–332.
33. Лисицын А.П. Аридная седиментация в Мировом океане, рассеянное осадочное вещество в атмосфере // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. С. 1398–1439.
34. Лисицын А.П. Вопросы морского геологического картирования (на примере континентальной окраины Африки) // Доклады ЮНЕСКО по морским наукам. 1986. № 37. С. 49–56.
35. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. Количественное распределение осадочного материала. М.: Наука, 1974. 438 с.
36. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. Литология и геохимия. ИО АН СССР. М.: Наука, 1978. 390 с.
37. Каспийское море: Проблемы седиментогенеза. М.: Наука, 1989. 184 с.
38. Лукашин В.Н., Амбросимов А.К., Либина Н.В. и др. Комплексные исследования в северной части Каспийского моря в 30-м рейсе НИС “Рифт” // Океанология. 2010. Т. 50. № 3. С. 472–476.
39. Лукашин В.Н., Новигатский А.Н. О химическом составе аэрозолей в приземном слое атмосферы Среднего Каспия зимой и осенью 2005 г. // Океанология. 2013. Т. 53. № 6. С. 813–821.
40. Маев Е.Г. Новокаспийские и верхнехвалынские осадки южной части Каспийского моря // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. № 8. С. 36–88.
41. Немировская И.А., Лисицын А.П. Пространственная изменчивость различных соединений в воде, взвеси и осадках Волги // Океанология. 2011. Т. 437. № 6. С. 813–819.
42. Преображенский И.А., Саркисян С.Г. Минералы осадочных пород. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1954. 456 с.
43. Пахомова А.С. Изменение грунтов Северного Каспия // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1956. № 11. С. 61–76.
44. Путанс В.А., Козина Н.В., Ждан М.И. Уточнение путей переноса осадочного вещества в Среднем Каспии по результатам комплексной интерпретации минералогических и сейсмоакустических данных // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол. 2013. Т. 88. Вып. 3. С. 48–53.
45. Свальнов В.Н., Алексеева Т.Н., Газенко О.А. Современные осадки Северного Каспия и дельты реки Волги // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 123–135.
46. Свальнов В.Н., Поляков А.С., Казарина Г.Х., Росляков А.Г. Четвертичные осадки западной части Дербентской котловины (Средний Каспий) // Геология и полез. ископаемые Мирового океана. 2008. № 4. С. 59–75.
47. Свиточ А.А. Колебания уровня Каспийского моря в плейстоцене (классификация и систематическое описание) // Каспийское море. Палеогеография и геоморфология. М.: Наука, 1991. С. 5–100.
48. Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М.: РАСХН, 1997. 267 с.
49. Соловьев В.Ф., Кулакова Л.С., Лебедев Л.И., Маев Е.Г. Основные черты рельефа и геологической структуры дна Среднего и Южного Каспия // Тр. Комплекс. Южной геол. Экспедиции. 1962. Вып. 7. С. 446–498.
50. Страхов Н.М. К теории геохимического процесса в гумидных зонах. М.: Наука, 1968. 245 с.
51. Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.М. и др. Образование осадков в современных водоемах. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 791 с.
52. Туровский Д.С., Хеиров М.Б., Ратеев М.А. Локализация глинистых минералов в верхнем слое донных осадков акватории Каспийского моря // Литология и полезн. ископаемые. 1981. № 1. С. 6–17.
53. Холодов В.Н., Туровский Д.С. К проблеме осадконакопления в Каспийском море. Ст. I, II // Литология и полезн. ископаемые. 1985. № 1. С. 16–36.

54. Хрусталеv Ю.П. Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны. Л.: Наука, 1989. 261 с.
55. Хрусталеv Ю.П. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1978. 208 с.
56. Хрусталеv Ю.П., Ковалеv В.В. Геологическое строение шельфа восточной части Северного Каспия // Проблемы геологии шельфа. М.: Наука, 1975. С. 151–154.
57. Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во МГУ, 2012. 263 с.
58. Leroy S., Marret F., Gibert E. et al. River inflow and salinity changes in the Caspian Sea during the last 5500 years // Quaternary Science Reviews. 2007. V. 26. P. 3359–3383.

Composition of Clastic Minerals of Mat Coat of the Caspian Sea

N. V. Kozina, A. N. Novigatsky

Undertake a study of the mineral composition of the heavy and light subfractions recent sediments of the Caspian Sea. The concentration of minerals in area of the Caspian Sea has allowed to separate in its water area 9 terrigenous-mineralogical provinces. Based on the mineral composition of the heavy subfraction sediments stated the principal source of supply of sediments. Distribution of clastic minerals on the bottom area in recent sediments of the Caspian Sea depends on the sources of clastic material, stability and flotation properties of minerals, morphology of bottom and hydrodynamic conditions.