

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛАРИНСКОГО КУПОЛА (АРАМИЛЬСКО-СУХТЕЛИНСКАЯ ЗОНА)

Ларинский купол расположен в пределах Арамилско-Сухтелинской зоны на территории Пластовского листа (N-41-XIII). С запада от Магнитогорской мегазоны ее отделяет Уйско-Новооренбургская зона смятия, а с востока, от Восточно-Уральской мегазоны — Муранкинская.

Начало планомерным геологосъемочным работам в пределах Арамилско-Сухтелинской зоны было положено в 30–50 гг. прошлого столетия Г.А. Мирлиным, Н.Ф. Мамаевым, Н.С. Симбирцевым. Следующий этап в ее изучении приходится на 60–80 гг. и связан с именем В.Ф. Турбанова, который заложил основы стратиграфии и тектоники. Современные представления о геологическом строении территории сложились в результате последних геологосъемочных работ в пределах листов: Миасского — N-41-VII [Петров и др., 2002ф], Пластовского — N-41-XIX [Моисеев и др., 2002ф] и Чесменского — N-41-XII [Тевелев и др., 2000ф]. В ближайшем обрамлении Ларинского купола выделены следующие стратиграфические подразделения: нижнесаитовская (RF_2ns), верхнесаитовская (RF_2vs), шеметовская (O_2sm), булатовская (S_1-D_1bl), кулеувская ($D_{1-2}kv$), аджатаровская (D_2ad), сухтелинская ($D_{2-3}sh$), краснокаменная (D_3kr), биргильдинская (C_1br) толщи (рис. 1).

Основной целью настоящей работы является определение формационной принадлежности и восстановление палеогеографических условий формирования углеродистых отложений. Углеродистые отложения в пределах рассматриваемой территории, согласно последним геологосъемочным работам, выделяются только в пределах саитовской свиты и булатовской толщи (рис. 1).

Саитовская свита (RF_2st)

Породы саитовской свиты слагают крупный блок, вмещающий Первомайский и Ларинский гранитные массивы (так называемый Ларинский купол). Свита названа по д. Саитова (северная часть листа N-41-VII), где она широко представлена, детально изучена. Она имеет двучленное строение.

Нижнесаитовская подсвита (RF_2ns) на 80–90% сложена амфиболитами; амфиболовыми, биотит-амфиболовыми, гранат-амфиболовыми плагиосланцами, содержащими прослой биотитовых и гранат-биотитовых плагиосланцев и кварцитов. Верхнесаитовская подсвита (RF_2vs) представлена

биотитовыми, гранат-биотитовыми, мусковит-биотитовыми, биотит-амфиболитовыми и амфиболовыми плагиосланцами с прослоями графитистых кварцитов, количество которых увеличивается вверх по разрезу. В юго-восточной части Ларинского купола присутствуют прослой мраморов.

В пределах Ларинского купола саитовская свита обнажена слабо, наиболее полный ее разрез вскрыт профилем скважин севернее д. Саитова [Юрецкий и др., 1982ф]:

1. Амфиболовые, биотит-амфиболовые и гранат-биотит-амфиболовые плагиосланцы — 70 м.
2. Биотитовые, гранат-биотитовые плагиосланцы с прослоями кварцитов и амфиболовых плагиосланцев — 110 м.
3. Амфиболовые и гранат-амфиболовые плагиосланцы — 300 м.
4. Пачка переслаивания биотитовых, гранат-биотитовых, биотит-амфиболовых плагиосланцев и графитистых кварцито-сланцев — 175 м.
5. Пачка переслаивания биотитовых, гранат-биотитовых и амфибол-биотитовых плагиосланцев — 160 м.
6. Биотитовые плагиосланцы с прослоями графитистых кварцито-сланцев — 35 м.
7. Биотитовые плагиосланцы — 60 м.
8. Переслаивание биотитовых и амфиболовых плагиосланцев — 55 м.
9. Переслаивание гранат-биотитовых плагиосланцев и графитистых кварцито-сланцев — 35 м.

Общая мощность отложений саитовской свиты около 1000 м, мощность нижнесаитовской подсвиты 480 м, верхнесаитовской 520 м. Граница между ними проводится по смене сплошного разреза амфиболовых сланцев более пестрыми по составу плагиосланцами.

Породы нижнесаитовской и верхнесаитовской подсвит отличаются по степени метаморфизма. Так, в пределах Ларинского купола отложения метаморфизованы в условиях от амфиболитовой фации (нижняя) до высоких ступеней зеленосланцевой (верхняя). Зона измененных пород симметрична относительно Первомайского и Ларинского гранитного массивов и ее ширина составляет около 2 км.

Изучение петрологических и петрохимических характеристик пород саитовской свиты свидетельствует о том, что амфиболовые разности нижнесаитовской подсвиты имеют первичную вулканогенную природу и идентичны базальтам шеметовской толщи (O_2sm) Арамилско-Сухтелинской зоны. На это указывают петрохимические особенности отложе-

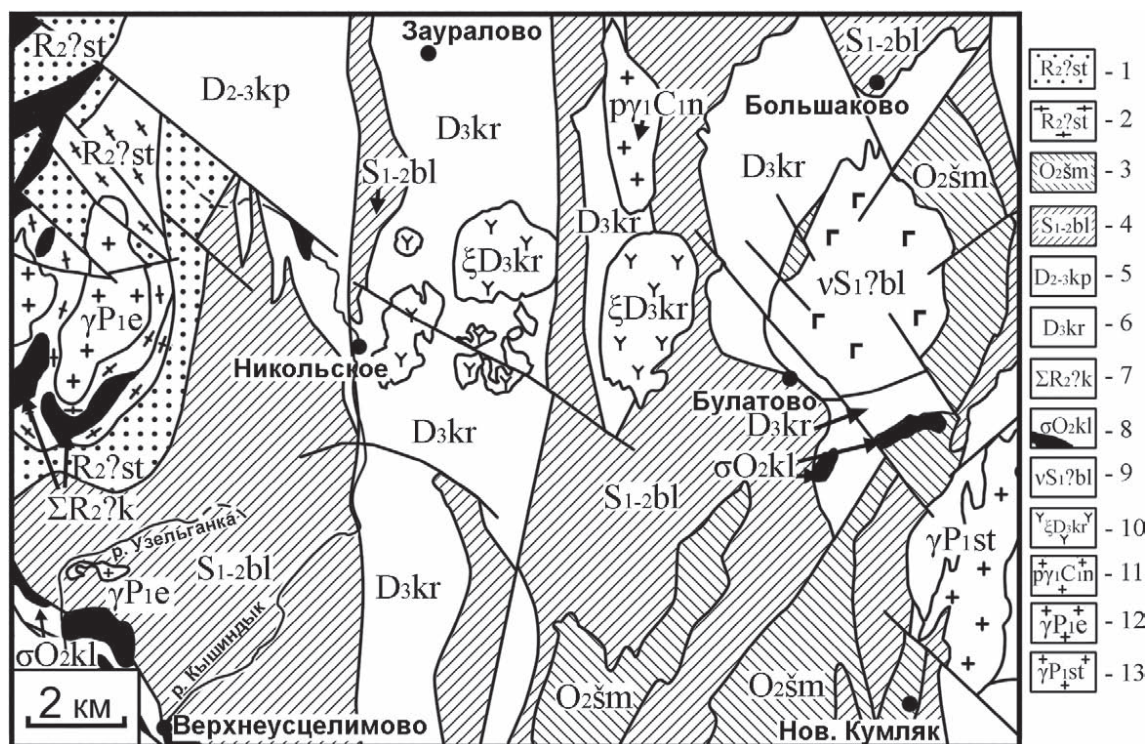


Рис. 1. Схематическая геологическая карта обрамления Ларинского купола, составлена по данным А.В. Моисеева и др. [2002ф]

Условные обозначения: 1, 2 — сайтовская свита (1 — верхняя подсвита, кварциты гранатовые, мусковитовые, графитистые, 2 — нижняя подсвита, гнейсы, биотитовые и амфибол-биотитовые плагиосланцы); 3 — шеметовская толща, афировые и мелкопорфировые базальты; 4 — булатовская толща, углеродистые сланцы и алевролиты; 5 — копаловская толща, кремнистые алевролиты, прослойки яшм и туфы кислого состава; 6 — краснокаменная толща, трахибазальты и их туфы, вулканомиктовые песчаники и алевролиты; 7 — каганский комплекс, тремолитовые и тальк-карбонатные породы; 8 — куликовский комплекс, серпентиниты аподунитовые, апокларбургитовые; 9 — большаковский комплекс, габбро, габбро-диабазы; 10 — краснокаменный комплекс, сиениты, кварцевые монодиориты; 11 — неплюевский комплекс, граниты; 12 — еланчиковский комплекс, граниты мусковитовые с гранатом, гранито-гнейсы; 13 — степнинский комплекс, граниты.

ний, а также сходство типовых разрезов. Удельный вес амфиболитов в разрезе нижнесайтовской подсвиты составляет 80–90%, в шеметовской толще базальты составляют 90–95% от ее объема. Биотитовые и амфибол-биотитовые плагиосланцы сопоставляются с вулканогенно-осадочной булатовской толщей (S_1-D_1bl). Так, амфиболовые плагиосланцы в верхнесайтовской подсвите составляют 28–55%, а графитистые кварцито-сланцы — 3–18%. В булатовской толще Арамильско-Сухтелинской зоны наблюдается пропорциональное соотношение базальтов 11–12% и углеродисто-кремнистых сланцев 30%.

На возраст сайтовской свиты существует несколько точек зрения. Разные исследователи посвоему датировали кварцито-сланцы, однако большинство из них считало их одновозрастными с углеродисто-кремнистыми образованиями Сухтелинской зоны. Имеется лишь одна радиологическая датировка светлых кварцитов в 610 млн лет, полученная U-Pb по циркону [Овчинников и др.,

1969]. Эти кварциты распространены на северном продолжении Сарафановских гор, были отнесены ранее к игишской свите, а в настоящее время к булатовской толще силура. Среднерифейский возраст описываемой свиты принят на основе сходства ее разрезов с отложениями Ильменогорского поднятия.

Булатовская толща (S_1-D_1bl)

Впервые толща углеродисто-кремнистых сланцев выделена Г.А. Мирлиным на площади листа N-41-37-Г. Название свое получила по д. Булатово, где была детально описана и фаунистически охарактеризована [Плюснин и др., 1965].

Картируется она в виде полос субмеридионального простирания, ограниченных разломами, параллельными основным тектоническим нарушениям, или радиальными и дуговыми разломами вблизи палеовулканов. Местами границы подчеркнуты телами серпентинитов. Толща однородна по

составу и сложена так называемыми фтанитами: углеродисто-кремнистыми, углеродисто-глинисто-кремнистыми и кремнистыми сланцами. Более редки филлитовидные углеродисто-глинистые сланцы и кварцито-сланцы. В низах толщи встречаются редкие прослои туфоалевролитов. Черные сланцы булатовской толщи в силу своей хорошей устойчивости к выветриванию слагают положительные формы рельефа — гряды, крупные увалы. Они образуют обширные развалы и высыпки, коренные выходы располагаются, как правило, по вершинам гряд.

В составе сланцев преобладает кварц (90–95%), углеродистое (графитистое) вещество составляет от 1 до 5%, в незначительных количествах присутствуют серицит и биотит. Зерна кварца величиной от 0,001 до 0,08 мм обычно изометричные, с неровными краями. Углеродистое вещество образует равномерную пылевидно-точечную вкрапленность, часто настолько густую, что она делает породу совершенно непрозрачной. Серицит (биотит) либо равномерно распределен по породе, либо локализуется в виде тонких слойков. Чешуйки его своей ориентировкой подчеркивают сланцеватость. Довольно часто в сланцах отмечаются реликты радиолярий, имеющих овальную форму. Они замещены более крупнозернистым по сравнению с основной тканью кварцем. Если сохраняется углеродистое вещество, то своим расположением оно подчеркивает концентрическое строение радиолярий.

В результате перекристаллизации происходит увеличение размера зерен кварца (до 0,01–0,02 мм) и выгорает углеродистое вещество. При этом сланцы освещаются и приобретают пятнистые и полосчатые текстуры.

Углеродисто-кремнистые сланцы обычно содержат вкрапленность пирита, пирротина, магнетита. Акцессорные минералы редки и представлены рутилом, сфеном, апатитом, цирконом, редко турмалином. Для сланцев в районе дд. Н. Кумляк, Половинки, Никольское характерно содержание обломков и линз фосфоритов.

Характерными особенностями всех разрезов являются: 1) наличие в верхних частях разреза шеметовской толщи прослоев углеродисто-кремнистых сланцев, аналогичных отложениям булатовской толщи; 2) постепенное возрастание их мощности вверх по разрезу; 3) отсутствие следов размыва и углового несогласия. Граница между толщами проводится по кровле последнего прослоя вулканогенно-осадочных пород. Верхняя граница булатовской толщи тектоническая.

Мощность булатовской толщи достигает 800–900 м. Возраст толщи определен на основании на-

ходок К.П. Плюсниним и др. [1965] фауны граптолитов у д. Булатова, которые позволяют датировать толщу как поздний лландовери на границе с венлоком. В другом блоке сланцев, к западу от пос. Мирный, найдены конодонты *Ozarkodina* aff. *ziegleri* Wall. и др., характерные для позднего силура, а также граптолиты и конодонты, включенные в комплекс остатков нижнего девона [Пучков, Иванов, 1989]. Таким образом, по имеющимся органическим остаткам возраст булатовской толщи охватывает интервал от раннего силура до раннего девона.

Петрогеохимические особенности углеродистых отложений

Аналитическая база по черным сланцам сайтовской свиты и булатовской толщи состоит из 79 силикатных анализов (выполнены в ИГ УНЦ РАН, аналитик С.А. Ягудина), 33 определений редкоземельных элементов (ГЕОХИ, ЦЛАВ, зав. лаб. Г.М. Колесов) и $C_{орг}$ (газометрический анализ, АСИЦ ВИМС, зав. лаб. С.В. Кордюков), а также в нее включены данные, заимствованные у предшественников (табл. 1–2).

Химический состав отложений кремнисто-углеродистой формации Арамилско-Сухтелинской зоны однообразен: порообразующими являются кремнезем (по 93 анализам от 82 до 98%, среднее 93,5%) и $C_{орг}$, сумма остальных 12 окислов составляет порядка 5–10% (табл. 1).

На источник кремнезема в кремнисто-углеродистых осадках существует несколько точек зрения. Ряд исследователей предполагают, что накопление кремнезема происходило при подводном выщелачивании SiO_2 из лав и пирокластических обломков. Однако же соотношения масс кремнистых и вулканогенных пород в разных геосинклинальных районах либо соизмеримы, либо первых гораздо больше. Следовательно, вулканизм не мог быть главным источником кремнезема [Юдович, Кетрис, 1988]. В 113 шлифах кремнисто-углеродистых отложений булатовской толщи, полученных при детальном картировании Арамилско-Сухтелинской зоны, отмечены многочисленные остатки крупных хорошо сохранившихся радиолярий, которые располагаются среди микрочернистой массы кремнезема и углеродистого вещества, что указывает на невозможность в этой же среде еще и хемогенного осаждения кремнезема.

Для определения формационной принадлежности черносланцевых отложений использовалась диаграмма А–S–С, полученная на основе обобщения большого количества химических анализов пород углеродистых формаций [Горбачев, Созинов, 1985]. Параметры А ($Al_2O_3 - (CaO + K_2O + Na_2O)$)

Таблица 1

Результаты силикатного анализа для углеродсодержащих отложений Арамилско-Сухтелинской зоны

№ п/п	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сумма	Fe/Mn	S	ГМ	АМ
1	Пл-185	87,80	0,24	2,69	0,08	1,21	0,01	0,40	0,86	0,30	1,27	0,14	3,69	98,74	128,7	1483	0,048	0,031
2	Пл-257	92,28	0,15	3,00	0,23	0,70	0,01	0,18	0,29	0,21	0,83	0,27	2,38	100,55		1524	0,044	0,033
3	Пл-2715	87,96	0,19	3,97	0,65	0,43	0,01	1,00	0,84	0,22	1,25	0,03	3,50	100,07		1431	0,060	0,045
4	Пл-5092	94,40	0,06	1,16	0,14	0,36	0,01	0,61	0,42	0,12	0,55	0,05	0,40	98,33	48,8	1569	0,018	0,012
5	Пл-905-1	86,84	0,13	2,48	0,03	0,64	0,01	0,36	2,02	0,05	0,84	0,03	5,82	99,28	66,9	1473	0,038	0,029
6	Пл-905-2	91,62	0,11	2,10	0,26	0,35	0,02	0,64	0,36	0,10	0,05	0,15	4,56	100,35	29,3	1546	0,031	0,023
7	Пл-9057-1	93,70	0,06	1,20	0,50	1,06	0,02	0,50	0,14	0,08	0,35	0,01	2,60	100,24	75,8	1567	0,030	0,013
8	Тв-3/2	95,10	0,06	0,40	1,80			0,60	0,20	0,06	0,08	0,01	1,40	99,71		1576	0,024	0,004
9	Ч6-3	96,00	0,06	0,70	0,30			0,30	0,18	0,06	0,08	0,06	1,48	99,02		1616	0,011	0,007
10	Пл-905-3	94,28	0,07	1,58	0,09	0,53	0,24	0,48	0,29	0,05	0,58		2,30	100,49	2,6	1565	0,024	0,017
11	Пл-907-1	97,32	0,03	0,50	0,09	0,36	0,02	0,12	0,50	0,04	0,14	0,28	0,92	100,32	22,1	1613	0,010	0,005
12	Пл-914-1	92,78	0,12	2,22	0,21	0,35	0,01	0,06	0,07	1,01	0,77	0,02	2,52	100,14	54,1	1556	0,031	0,024
13	Пл-923-1	94,42	0,04	1,12	0,01	0,39	0,01	0,16	0,14	0,16	0,36	0,02	2,64	99,47	40,0	1605	0,017	0,012
14	Пл-923-3	90,92	0,11	2,36	0,16	0,78	0,01	0,21	1,07	0,26	0,70	0,98	2,34	99,90	92,7	1502	0,038	0,026
15	Пл-14/2	90,50	0,17	2,96	0,50	0,20	0,01	1,40	0,28	0,60	1,60	0,15	1,54	99,91	65,2	1459	0,042	0,033
16	2358	91,72	0,12	3,03	0,36	0,35	0,01	0,40	0,42	0,27	0,93	0,20	2,40	100,20	67,6	1503	0,042	0,033
17	2401	93,88	0,14	1,29	0,11	0,28	0,01	0,32	0,21	0,06	1,00	0,01	2,52	99,83	38,0	1572	0,019	0,014
18	2402	96,56	0,05	0,26	0,12	0,50	0,01	0,22	0,35	0,04	0,18	0,03	1,66	99,98	61,0	1612	0,010	0,003
19	2404	94,00	0,14	2,54	0,31	0,64	0,01	0,34	0,21	0,08	0,79	0,03	1,86	100,96	92,2	1532	0,039	0,027
20	2404,1	96,04	0,05	0,84	0,11	0,28	0,01	0,22	0,21	0,04	0,36	0,03	2,04	100,22	38,0	1602	0,013	0,009
21	2405	89,50	0,41	2,29	0,42	0,43	0,01	0,58	0,10	0,09	2,28	0,04	3,68	99,80	81,1	1497	0,040	0,026
22	2405,5	95,54	0,03	0,73	1,10	0,78	0,01	0,08	0,07	0,05	0,25	0,05	1,79	100,48	177,6	1584	0,028	0,008
23	2406	90,36	0,25	3,94	0,60	0,61	0,04	0,60	0,35	0,13	1,79	0,39	1,94	100,99	28,9	1447	0,060	0,044
24	2406,3	91,58	0,21	3,57	0,28	0,36	0,02	0,36	0,48	0,07	1,33	0,16	2,46	100,88	30,7	1487	0,048	0,039
25	2406,5	95,40	0,12	2,52	0,27	0,21	0,01	0,20	0,35	0,03	0,56	0,03	1,14	100,83	45,5	1548	0,033	0,026
26	2408	97,00	0,03	0,30	0,05	0,46	0,01	0,18	1,74	0,05	0,21	0,09	0,92	100,99	50,7	1564	0,009	0,003
27	2409	96,64	0,02	0,30	0,04	0,56	0,03	0,06	0,21	0,07	0,22	0,03	1,86	100,04	19,9	1619	0,010	0,003
28	2411	93,72	0,14	1,74	0,05	0,53	0,01	0,16	0,10	0,11	0,77	0,07	2,46	99,74	57,7	1570	0,026	0,019
29	2412	97,14	0,04	0,78	0,05	0,60	0,03	0,02	0,10	0,10	0,23	0,03	0,60	99,58	21,6	1613	0,015	0,008
30	2413,1	97,32	0,06	1,14	0,22	0,33	0,01	0,02	0,24	0,06	0,37	0,03	0,32	100,10	53,0	1598	0,018	0,012
31	7247,3	90,38	0,23	3,66	0,28	0,36	0,01	0,26	0,43	0,22	1,00	0,31	1,68	98,81	61,4	1488	0,050	0,040

Таблица 1 (продолжение)

№ п/п	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Сумма	Fe/Mn	S	ГМ	АМ
32	7247,8	89,32	0,25	4,66	0,05	0,28	0,02	0,20	0,36	0,45	1,36	0,29	1,62	98,81	16,3	1463	0,059	0,052
33	9464/10	89,71	0,21	4,49	0,08	0,71	0,01	0,63	0,63	0,06	1,00	0,18	1,68	99,39	78,5	1448	0,061	0,050
34	9464/19	92,45	0,10	3,15	0,22	0,92	0,01	0,49	0,50	0,22	0,66	0,06	1,34	100,12	112,2	1500	0,047	0,034
35	Б-62	94,05	0,10	1,27	0,20	1,33	0,07	0,51	0,40	0,22	0,39	0,04	0,86	99,44	21,7	1555	0,031	0,014
36	5	95,28	0,03	0,95	0,25	0,64	0,01	0,20	0,28	0,17	0,30	0,06	1,66	99,83	86,8	1593	0,020	0,010
37	1050	94,62	0,06	0,92	0,69		0,05	0,16	0,29	0,04	0,34		2,72	99,89	12,5	1598	0,018	0,010
38	1974	96,88			0,37	1,11	0,03	0,31	0,28		0,17	0,01	0,62	99,78	48,3	1612	0,015	
39	2036	91,15	0,18	4,11	0,62		0,08	0,20	0,57	0,08	1,00	0,10	2,18	100,27	7,0	1487	0,054	0,045
40	2322	96,20		0,35	0,37	0,97	0,03	0,63	0,50		0,16	0,02	1,18	100,41	43,6	1583	0,018	0,004
41	2642	95,10	0,12	1,09	0,05	0,65	0,03	0,41	0,29	0,06	0,40	0,03	1,58	99,81	23,3	1585	0,020	0,011
42	3114	95,82	0,03	0,60	0,43		0,05	0,19	0,57	0,06	0,24		1,76	99,75	7,8	1604	0,011	0,006
43	6029	94,77	0,04	0,80	0,42		0,10	0,09	0,57	0,06	0,26		2,94	100,05	3,8	1601	0,013	0,008
44	13/1	95,88	0,04	1,00	0,05	0,48	0,01	0,16	0,16	0,11	0,23	0,03	0,96	99,11	52,7	1601	0,016	0,010
45	5497	94,67	0,06	1,32	0,62			0,19	0,29	0,08	0,40	0,02	2,42	100,07		1586	0,021	0,014
46	5667	90,12	0,18	3,58	0,39			0,29	1,14	0,08	1,28	0,29	2,40	99,75		1474	0,046	0,040
47	МС-11	93,15	0,04	0,80	0,60			0,40	0,08	0,03	0,14	0,01	3,74	98,99		1604	0,015	0,009
48	5529-97	86,00	0,23	5,80	2,00	0,50	0,01	1,00	0,85	0,50	1,00	0,49	1,64	100,02	230,8	1344	0,099	0,067
49	МС-5	89,50	0,11	4,09	0,50			2,00	0,50	0,08	0,48	0,01	2,26	99,53		1427	0,053	0,046
50	МС-7	90,00	0,30	1,59	1,00	0,35	0,01	1,60	0,56	0,50	1,00	0,48	2,50	99,89	125,4	1465	0,036	0,018
51	МС-8/1	95,60	0,06	0,88	0,60			0,60	0,08	0,08	0,15	0,01	1,40	99,38		1594	0,016	0,009
52	Н-11	88,00	0,12	3,70	1,40	1,70		0,80	1,70	1,25	0,10	0,74	2,70	100,51		1377	0,079	0,042
53	Н-24	96,23	0,01	0,43	1,00	0,57		0,20	0,57	0,25	0,13	0,13	0,80	99,85		1584	0,021	0,004
54	Н-25	90,00	0,09	3,83	0,80	0,57		0,80	0,57	1,25	0,13	0,22	0,80	99,49		1451	0,059	0,043
55	Н-4	94,16	0,05	1,50	0,50	0,98		0,60	0,98	0,25	0,03	0,18	0,83	99,09		1529	0,032	0,016
56	Н-5	92,00	0,04	3,70	1,20	0,57		0,20	0,01	1,25	0,13	1,02	0,72	100,04		1481	0,060	0,040
57	Н-7	94,00	0,02	1,80	1,00	0,57		0,40	0,01	1,00	0,05	0,27	0,52	99,63		1545	0,036	0,019
58	Н-9	95,80	0,02	1,00	1,00	0,43		0,50	0,43	0,50	0,10	0,22	0,25	99,73		1559	0,026	0,010
59	Ник-1/2	96,10	0,04	0,40	0,60			0,40	0,10	0,02	0,15	0,01	1,28	99,10		1616	0,011	0,004
60	Ник-2/1	96,00	0,02	0,60	0,30			0,40	0,28	0,05	0,15		1,90	99,70		1611	0,010	0,006
61	Ник-3	98,10	0,02	0,15	0,30			0,20	0,10	0,01	0,02		0,10	99,00		1641	0,005	0,002
62	Ник-4/3	95,00	0,08	0,30	0,30			0,60	0,10	0,06	0,14	0,04	2,70	99,28		1615	0,007	0,003
63	Ник-8	95,00	0,06	1,20	0,60			0,10	0,20	0,20	0,14	0,01	1,60	99,12		1600	0,020	0,013

Таблица 1 (окончание)

№ п/п	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ппп	Сумма	Fe/Mn	S	ГМ	АМ
64	5529-21	87,00	0,20	4,14	2,00	0,50	0,01	1,20	0,56	0,45	1,00	0,58	2,24	99,88	230,8	1388	0,079	0,048
65	5529-69	86,00	0,20	5,00	2,00	0,50	0,02	1,20	0,34	0,35	1,08	0,82	2,64	100,15	115,4	1369	0,090	0,058
66	5502	87,60	0,05	3,10	0,50	0,20	0,01	1,50	0,56	0,60	1,40	0,11	3,94	99,57	65,2	1441	0,044	0,035
67	5529-3	87,00	0,17	5,00	1,00	0,30	0,01	0,80	0,62	0,50	1,00	0,73	2,94	100,07	120,4	1403	0,074	0,057
68	НИК-5/1	90,00	0,15	1,48	1,00	0,35	0,01	1,20	0,56	0,60	1,54	0,11	2,60	99,60	125,4	1482	0,033	0,016
69	5527	88,00	0,23	2,80	2,10	1,08	0,02	1,20	0,56	0,54	1,00	0,58	1,86	99,97	149,0	1412	0,071	0,032
70	5528	88,00	0,11	4,14	1,00	0,30	0,02	2,00	0,28	0,30	1,00	0,37	2,42	99,94	60,2	1398	0,063	0,047
71	5515	89,50	0,05	3,59	1,00	0,30	0,01	1,40	0,56	0,40	1,54	0,08	1,28	99,71	120,4	1426	0,055	0,040
72	5517	89,80	0,30	2,48	1,00	0,30	0,01	1,20	0,56	0,50	1,54	0,08	1,48	99,25	120,4	1457	0,045	0,028
73	5518	89,00	0,17	2,80	1,50	0,35	0,01	2,00	0,28	0,60	1,60	0,08	1,30	99,69	170,6	1413	0,054	0,031
74	5519	89,45	0,30	2,48	1,50	0,35	0,02	1,60	0,28	0,60	1,54	0,08	1,20	99,40	85,3	1437	0,052	0,028
75	5520	89,00	0,30	2,10	0,50	0,20	0,01	2,00	0,50	2,70	1,20	0,04	1,56	100,11	65,2	1420	0,035	0,024
76	5525	86,50	0,23	5,60	1,30	0,65	0,11	2,00	0,28	0,40	1,00	0,11	2,14	100,32	16,6	1347	0,090	0,065
77	5524-1	86,00	0,30	2,96	1,00	0,35	0,01	1,60	0,46	2,70	1,00	0,50	2,54	99,42	125,4	1392	0,054	0,034
78	5530-21	88,50	0,30	4,00	1,00	0,20	0,01	0,85	0,28	0,40	1,60	0,33	2,52	99,99	110,4	1438	0,062	0,045
79	5530-255	87,50	0,30	2,96	1,50	0,35	0,01	1,40	0,28	0,45	1,54	0,70	2,60	99,59	170,6	1422	0,058	0,034
80	5530-64	89,00	0,20	2,40	1,30	0,50	0,01	1,50	0,55	0,50	1,54	0,68	1,44	99,62	167,6	1429	0,049	0,027
81	5530-7	87,00	0,20	2,90	3,20	1,25	0,01	1,40	0,85	0,50	1,50	0,45	0,60	99,86	414,5	1360	0,087	0,033
82	5530-95	89,00	0,11	2,40	1,30	0,50	0,01	1,20	0,85	0,50	1,54	0,48	1,88	99,77	167,6	1436	0,048	0,027
83	ЛР-1/4	82,50	0,14	3,23	1,30	0,50	0,11	3,00	2,85	0,80	1,05	2,00	2,50	99,98	15,2	1240	0,063	0,039
84	МС-3/2	91,00	0,13	1,80	0,50	0,20	0,10	2,40	0,28	0,50	0,80	0,18	1,64	99,53	6,5	1461	0,029	0,020
85	МС-4/1	91,00	0,11	1,80	1,00	0,35	0,02	1,60	0,56	0,60	0,90	0,11	1,45	99,50	62,7	1470	0,036	0,020
86	НИК-10/6	94,60	0,06	0,40	0,10			0,60	0,18	0,08	0,15	0,22	2,94	99,33		1611	0,006	0,004
87	НИК-12/1	96,45	0,05	1,20	0,60			0,40	0,20	0,02	0,24		0,20	99,36		1590	0,019	0,012
88	НИК-12/2	97,00	0,05	0,60	0,40			0,40	0,10	0,03	0,07	0,01	0,60	99,26		1617	0,011	0,006
89	НИК-13	97,00	0,10	0,60	0,50			0,40	0,20	0,06	0,10	0,01	0,40	99,37		1609	0,012	0,006
90	НИК-7/4	97,75	0,03	0,30	0,30			0,30	0,20	0,06	0,02		0,20	99,20		1629	0,006	0,003
91	НИК-7/1	91,00	0,23	1,80	0,50	0,20	0,01	1,60	0,56	0,50	1,00	0,17	2,14	99,71	65,2	1481	0,030	0,020
92	НИК-7/2	88,00	0,30	3,60	1,50	0,35	0,04	1,60	0,56	0,30	0,84	0,48	1,88	99,45	42,7	1405	0,065	0,041
93	НИК-9/3	89,00	0,34	3,10	0,50	0,20	0,01	1,60	0,56	0,40	1,20	0,17	2,50	99,58	65,2	1441	0,047	0,035

Примечание: 1–70 — отложения булагатовской толщи (1–46 — Пластовской площади, 47–70 — обрамления Ларинского купола); 71–93 — сайтовская свита. Заимствованные анализы: 33, 34 — В.Н. Юрешкий и др. [1982ф], 35–46 — В.Ф. Турбанов и др., [1969ф, 1975ф, 1988ф].

Таблица 2

Содержания редкоземельных элементов в углеродистых отложениях Арамилско-Сухтелинской зоны

№ п/п	№ обр.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Lu
1	Пл-5092	0,71	1,62	0,22	1,02	0,33	0,030	0,51	0,09	0,60	0,160	0,49	0,081	0,51	0,095
2	Тв-3/2	0,64	1,34	0,17	0,70	0,20	0,011	0,27	0,04	0,25	0,052	0,14	0,022	0,11	0,018
3	Чб-3	4,53	10,80	1,44	7,00	2,17	0,540	3,80	0,63	4,02	0,980	2,92	0,470	2,80	0,520
4	2358	9,69	16,70	1,70	6,00	1,28	0,560	1,80	0,28	1,75	0,410	1,17	0,180	1,02	0,170
5	2401	3,55	6,98	0,74	2,81	0,68	0,190	0,92	0,14	0,87	0,200	0,58	0,090	0,50	0,085
6	2402	6,86	15,00	1,90	8,00	2,37	0,260	2,53	0,32	1,60	0,320	0,72	0,093	0,44	0,060
7	2404,1	4,28	9,50	1,21	5,08	1,41	0,470	1,59	0,22	1,17	0,230	0,59	0,078	0,40	0,058
8	2405	38,80	70,00	7,48	26,90	6,22	0,037	7,20	1,08	5,97	1,260	3,36	0,470	2,45	0,390
9	2406	15,60	27,90	2,91	10,10	2,43	0,110	2,79	0,38	2,05	0,420	1,08	0,150	0,72	0,110
10	2406,5	15,60	27,90	2,91	10,10	2,43	0,110	2,79	0,38	2,05	0,420	1,08	0,150	0,72	0,110
11	2408	6,18	14,80	1,97	8,91	2,72	0,350	2,00	0,23	1,10	0,190	0,40	0,046	0,19	0,025
12	2411	11,10	22,30	2,60	10,80	2,83	0,280	3,90	0,58	3,29	0,700	1,92	0,280	1,53	0,250
13	7247,3	25,40	36,80	3,10	9,00	1,81	0,260	2,02	0,31	1,80	0,400	1,10	0,160	0,88	0,140
14	Мс-11	2,20	5,98	0,95	5,22	1,92	0,048	2,55	0,37	2,13	0,450	1,22	0,180	0,93	0,150
15	Мс-5	4,02	7,90	0,82	3,10	0,74	0,033	1,08	0,18	1,19	0,300	0,90	0,150	0,91	0,170
16	Мс-8/1	3,74	10,40	1,63	8,90	3,18	0,042	3,00	0,37	1,77	0,330	0,72	0,088	0,40	0,052
17	Н-11	3,11	5,72	0,62	2,31	0,57	0,085	0,67	0,11	0,59	0,130	0,34	0,051	0,28	0,045
18	Н-24	9,27	19,10	2,29	9,48	2,55	0,700	2,77	0,37	1,82	0,360	0,85	0,110	0,51	0,073
19	Н-25	11,10	19,00	2,03	7,12	1,71	0,320	2,25	0,35	2,10	0,450	1,30	0,200	1,12	0,180
20	Н-4	5,76	11,70	1,41	5,66	1,51	0,480	1,59	0,22	1,21	0,240	0,63	0,089	0,44	0,066
21	Н-5	13,00	22,80	2,43	8,90	2,17	0,120	2,24	0,30	1,60	0,330	0,79	0,110	0,51	0,075
22	Н-7	5,48	11,40	1,43	5,90	1,59	0,130	1,90	0,28	1,58	0,340	0,88	0,130	0,64	0,100
23	Н-9	9,30	16,90	1,87	6,78	1,63	0,085	1,85	0,27	1,47	0,310	0,78	0,110	0,55	0,086
24	Ник-1/2	2,61	6,40	0,91	4,43	1,39	0,071	1,92	0,29	1,72	0,380	1,07	0,160	0,86	0,140
25	Ник-2/1	2,30	5,35	0,73	3,42	1,04	0,065	1,36	0,21	1,20	0,270	0,72	0,110	0,56	0,091
26	Ник-3	1,19	2,54	0,33	1,51	0,45	0,110	0,62	0,10	0,55	0,130	0,34	0,052	0,28	0,047
27	Ник-4/3	2,36	6,03	0,91	4,73	1,62	0,240	2,20	0,33	1,87	0,420	1,13	0,170	0,91	0,150
28	Ник-8	1,82	3,68	0,46	1,92	0,51	0,072	0,66	0,10	0,59	0,130	0,35	0,054	0,29	0,048
29	Ник-10/6	7,58	14,90	1,60	6,32	1,59	0,300	1,96	0,29	1,70	0,370	1,02	0,150	0,80	0,130
30	Ник-12/1	0,69	1,56	0,22	0,98	0,32	0,065	0,41	0,06	0,36	0,077	0,22	0,031	0,17	0,027
31	Ник-12/2	1,21	2,48	0,37	1,25	0,37	0,029	0,43	0,06	0,35	0,073	0,18	0,027	0,14	0,022
32	Ник-13	0,66	1,61	0,23	1,16	0,40	0,028	0,63	0,11	0,69	0,170	0,50	0,080	0,48	0,087
33	Ник-7/4	3,38	6,98	0,85	3,70	1,06	0,013	1,32	0,19	1,05	0,220	0,57	0,079	0,43	0,064

Примечание: 1–28 — отложения булатовской толщи (1–13 — Пластовской площади, 14–28 — обрамления Ларинского купола); 29–33 — саитовская свита.

и S ($SiO_2 - (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + CaO + MgO)$) выражены в молекулярных количествах, параметр C ($CaO + MgO$) — в массовых долях оксидов. Практически все анализы углеродистых отложений очень компактно попадают в поле кремнисто-углеродистой формации, что говорит о выдержанности их химического состава на всей рассматриваемой территории (рис. 2).

Обратная корреляция между параметрами A и S , а также C и S указывает, во-первых, на биохемогенный и вулканогенный источник кремнезема, но не терригенный его привнос, а во-вторых, на независимые источники кремнезема и карбоната. Ситуация, при которой наблюдается резкий дефицит CaO и избыток SiO_2 , присуща активно прогибающимся дистальным частям бассейнов.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. Известно [Горбачев, Созинов, 1985], что основным индикатором удаленности бассейна седиментации от береговой линии является примесь терригенного материала, величину которой можно получить из анализа диаграммы $A-S-C$. Так, чем левее смещены точки в пределах выделенных полей формаций (в данном случае поля III — кремнисто-углеродистой формации), тем больше терригенного материала в осадках. На рисунке 2 хорошо видно, что большинство точек, принадлежащих углеродистым отложениям, занимают крайнее правое положение, и только несколько анализов углеродисто-глинистых и углеродисто-

серицитовых сланцев расположены в левой и центральной части поля.

Более детальное рассмотрение кремнисто-углеродистых отложений на укрупненной диаграмме $A-S-C$ показало, что черносланцевые отложения сайтовской свиты и булатовской толща обрамления Ларинского купола проявляют сходство и образуют два компактных роя: один соответствует наиболее чистым и «зрелым» породам, другой характеризуется наличием незначительной терригенной примеси (рис. 3). Основная часть углеродистых отложений булатовской толщи Пластовского листа на 90% перекрывается точками аналогичных образований Миасского листа (N-41-VII) (на диаграмму не вынесены).

Соотношение стандартных петрохимических модулей гидролизатного — $GM = (TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$ и алюмокремниевое — $AM = Al_2O_3 / SiO_2$ показывает их отчетливую положительную корреляцию (рис. 4).

Максимальное отклонение от линии тренда наблюдается для части отложений сайтовской свиты и булатовской толщи обрамления Ларинского купола, что говорит об увеличении доли вулканического материала в общем объеме примесей с востока на запад.

Закисный модуль $ZM = FeO / Fe_2O_3$. Отражает окислительные или восстановительные условия в бассейне осадконакопления. Для 90% кремнисто-углеродистых отложений Арамилско-Сухтелинской зоны характерно значение закисного модуля больше 1 (среднее по 86 образцам — 5,8). Это позволяет сделать вывод о дефиците кислорода в придонных водах с резко восстановительной обстановкой [Ефремова, Стафеев, 1985].

Индикатор Fe/Mn . Одним из фациальных индикаторов для осадочных отложений является отношение железа и марганца. Значение этого модуля уменьшается с увеличением глубины и с переходом от шельфовых фаций к пелагическим [Розен и др., 1994]. Большая часть отложений булатовской толщи относится к глубоководным

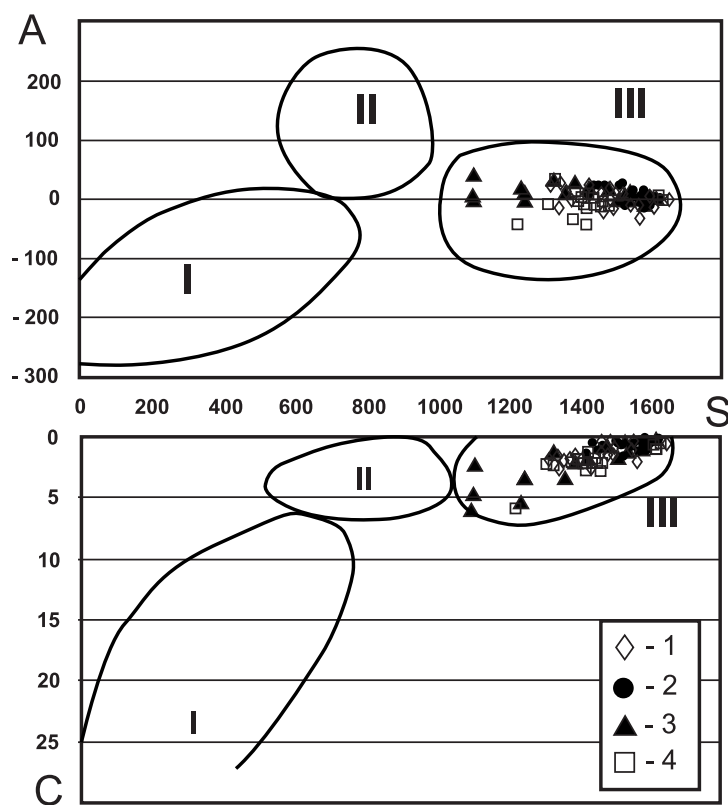


Рис. 2. Типизация углеродистых отложений Арамилско-Сухтелинской зоны с помощью диаграммы О.В. Горбачева, Н.А. Созинова [1985]

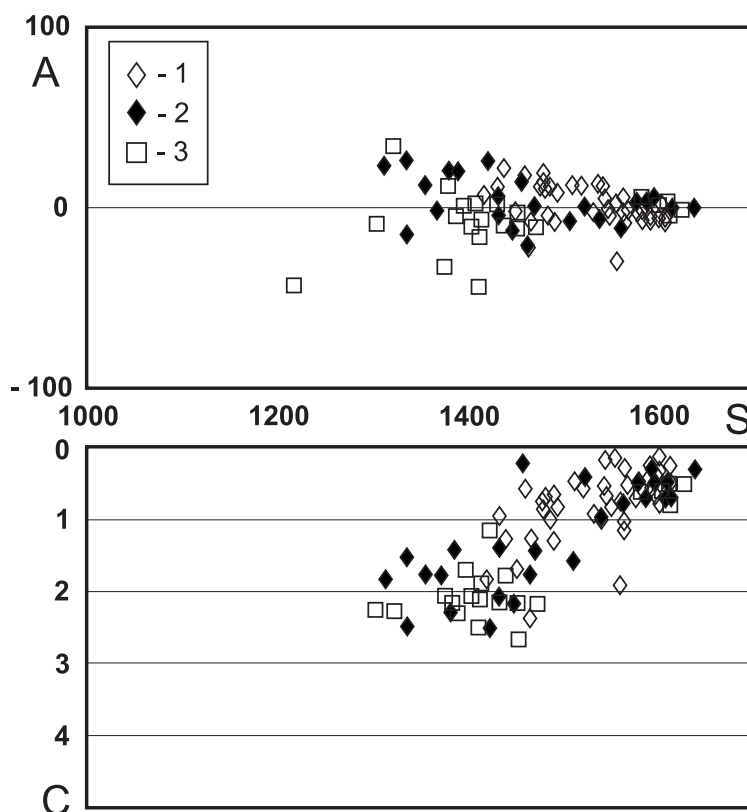
Условные обозначения: 1, 2 — булатовская толща (1 — Пластовская площадь, 2 — Миасская площадь); 3 — сайтовская свита; 4 — игишская свита. Поля формаций: I — карбонатно-углеродистая, II — терригенно-углеродистая, III — кремнисто-углеродистая.

Рис. 3. Типизация кремнисто-углеродистых отложений Ларинского купола с помощью диаграммы О.В. Горбачева, Н.А. Созинова [1985] (фрагмент рис. 2)

Условные обозначения: 1, 2 — отложения булатовской толщи (1 — Пластовской площади, 2 — обрамления Ларинского купола); 3 — сайтовская свита. **Поля формаций:** I — карбонатно-углеродистая, II — терригенно-углеродистая, III — кремнисто-углеродистая.

отложениями или отложениям континентального склона. Западная часть Арамилско-Сухтелинской зоны, включающая породы булатовской толщи обрамления Ларинского купола, и сайтовская свита характеризуются как минимальной глубокководностью, так и минимальными значениями параметра S.

Вынесенные на тройную петрохимическую диаграмму Н.П. Семененко кремнисто-углеродистые сланцы обрамления Ларинского купола образуют любопытную картину (рис. 5): часть отложений булатовской толщи Арамилско-Сухтелинской зоны имеет в своем составе незначительную терригенную примесь, по составу соответствующую ультраосновным породам, а часть — основным базальтам шеметовской толщи, которые имеют



достаточно выдержанный химический состав и образуют на диаграмме компактный рой. Расположение большинства образцов булатовской толщи

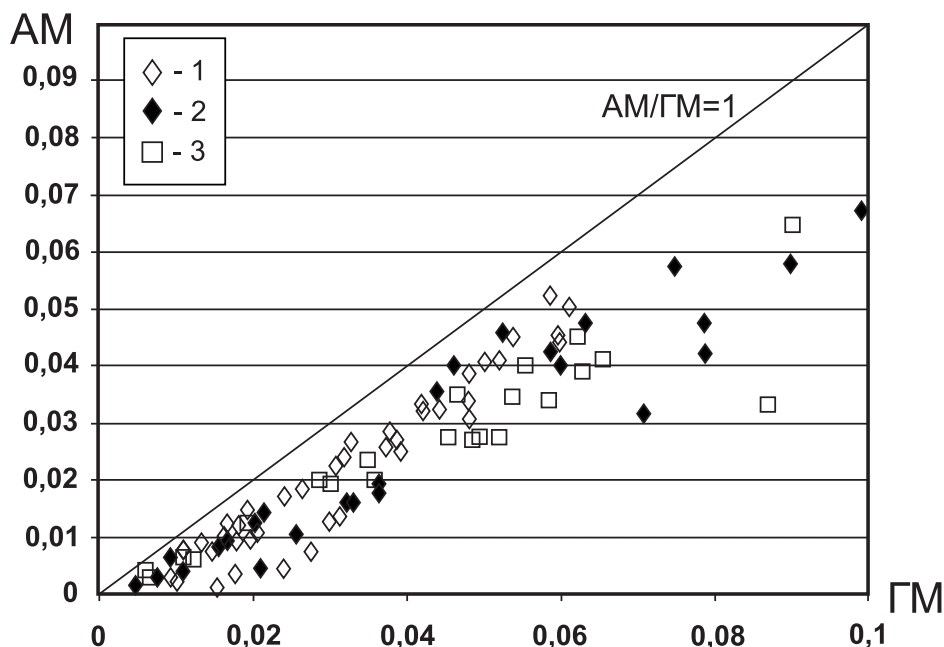


Рис. 4. Диаграмма «соотношение гидролизатного и алюмосилицевого модулей» для кремнисто-углеродистых отложений Пластовской площади

Условные обозначения: 1, 2 — отложения булатовской толщи (1 — Пластовской площади, 2 — обрамления Ларинского купола); 3 — сайтовская свита.

обрамления Ларинского купола и сайтовской свиты совпадает с полем шеметовских базальтов, что говорит об одинаковом соотношении их главных петрогенных окислов.

Подобное распределение анализов на диаграмме, совместно со значениями отношения АМ/ГМ (рис. 4), говорит о возрастании с востока на запад в Арамильско-Сухтелинской зоне количества частиц, образованных в результате вулканической деятельности и/или подводного выщелачивания базальтов шеметовской толщи.

Кларковые содержания **фосфора**, основанные на 15 тыс. анализах, приняты от 0,3 до 0,4% P_2O_5 [Холодов, 1973]. Учитывая это, Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [1994] были предложены следующие градации (P_2O_5 , %): геохимический фон — 0,2–0,5; аномалии — 0,5–0,7; сильные аномалии — 0,7–0,85; рудогенные аномалии — >0,85.

Содержания фосфора для 95% анализов кремнисто-углеродистых отложений булатовской толщи показывают значения ниже фоновых (среднее по 40 анализам — 0,09%). Для черносланцевых отложений обрамления Ларинского купола средние содержания P_2O_5 составляют 0,31%, а отдельные значения достигают резко-аномальных, вплоть до рудогенных (1–2%). Содержания P_2O_5 положительно коррелируются с алюмокремниевым модулем и карбонатностью, что указывает на привнос фосфора в бассейн седиментации совместно с вулканическим

материалом. Причем тренды распределения анализов для разных свит полностью совпадают, что указывает на идентичность соотношения состава привносимого материала, разница лишь в его количестве.

Более детально необходимо остановиться также и на содержании **органического углерода ($C_{орг}$)**. Так как средние значения $C_{орг}$ в современных морских отложениях меньше 1%, то это значение рекомендуется принимать как пограничное между углеродистыми и неуглеродистыми отложениями. Содержания от 1 до 3% считаются слабыми аномалиями, а от 3 до 10% отвечают резко аномальным условиям седиментации. Таким образом, выделяются три группы черных сланцев (%) [Юдович, Кетрис, 1988]: низкоуглеродистые — 1–3; углеродистые — 3–10; высокоуглеродистые — >10.

Результаты анализа показывают, что рассматриваемые кремнисто-углеродистые сланцы относятся преимущественно к низкоуглеродистому и реже к углеродистому типам и укладываются в интервал от 1 до 3% [Сначёв и др., 2012]. Пониженные значения $C_{орг}$ в некоторых образцах, по-видимому, связаны с процессами окисления углерода кислородом воды и взаимодействия с окислами железа при метасоматических изменениях.

В анализах кремнистых сланцев булатовской толщи почти 100% углерода составляет $C_{орг}$, на долю CO_2 приходится ничтожные значения, что в со-

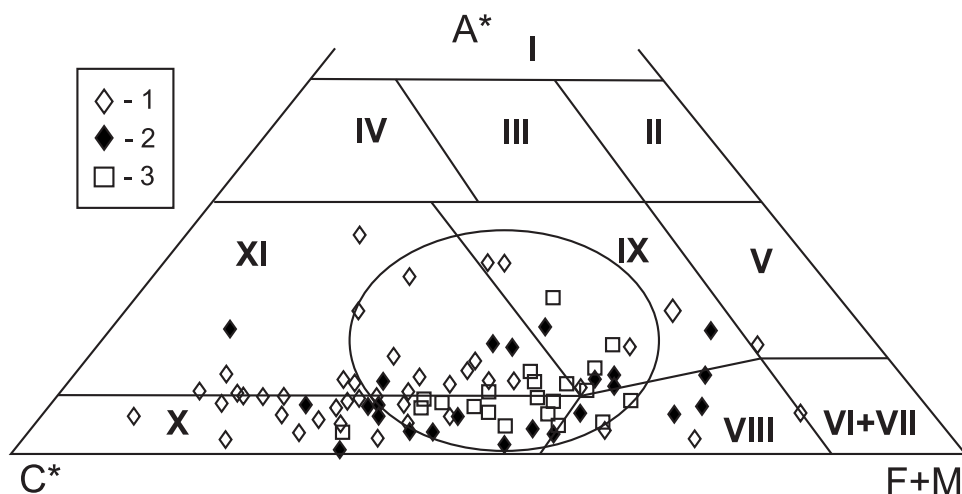


Рис. 5. Разделение кремнисто-углеродистых сланцев на петрохимической диаграмме Н.П. Семененко [Семененко и др., 1956].

Условные обозначения: 1, 2 — отложения булатовской толщи (1 — Пластовской площади, 2 — обрамления Ларинского купола); 3 — сайтовская свита; овал на диаграмме — поле распространения базальтов шеметовской толщи. **Поля:** I — подгруппы собственно алюмосиликатных пород, II — подгруппы железисто-магнезиально-алюмосиликатных пород, III — подгруппы щелочноземельно-алюмосиликатных пород орторяда, IV — подгруппы известково-алюмосиликатных пород, V — группы глиноземисто-магнезиально-железисто-кремнистых пород, VI — группы железисто-кремнистых пород, VII — группы магнезиальных ультраосновных пород орторяда, VIII — группы щелочноземельно-малоглиноземистых ультраосновных пород орторяда, IX — группы щелочноземельно-глиноземистых основных пород орторяда, X — известково-карбонатной подгруппы щелочноземельно-известкового ряда, XI — глиноземисто-известковой подгруппы щелочноземельно-известкового ряда.

вокупности с низкими значениями параметра C (среднее 0,95) (рис. 3) и отсутствием карбонатов в разрезах говорит о специфичности условий осадконакопления. Образование подобных «бескарбонатных» отложений возможно только на глубинах, сопоставимых с океаническими (от 3500 м до 6000 м), где из-за резкого недосыщения морской воды $CaCO_3$ происходит растворение карбонатных раковин организмов, а радиолярии и диатомеи выпадают в осадок [Хворова, 1968; Хворова и др., 1985; Страхов, 1978].

Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ).

Редкоземельные элементы в целом не накапливаются в черных сланцах (табл. 2). Их содержания по отношению к среднему европейскому сланцу в подавляющем большинстве составили меньше единицы.

Использование нормирования к хондриту позволило выявить некоторую закономерность в содержаниях РЗЭ. Для кремнисто-углеродистых сланцев свойственен однотипный характер нормированных кривых — преимущественное накопление легких лантаноидов по отношению к тяжелым и отчетливый европиевый минимум.

Элементы примеси. Отличительной особенностью черносланцевых отложений булатовской толщи является низкое содержание элементов-примесей, и в первую очередь халькофильной (Cu, Zn, Pb, Cd, S). Исключение составляют V, Mo и Ag, которые очень подвижны в морской воде и способны легко образовывать металло-органические соединения с $C_{орг}$, обогащая осадок этими элементами [Юдович, Кетрис, 1994]. Резкоаномальные их содержания связываются, прежде всего, с метасоматическими преобразованиями отложений. Примечательно, что в углеродистых сланцах некоторых разрезов отмечены довольно высокие содержания Ni (до 200 г/т). Обращает на себя внимание их приуроченность к углеродисто-глинистой разновидности пород, что указывает на терригенную природу осадков, а также повышенные содержания в тех же пробах Cr, Co и Fe, позволяющие предположить в качестве источника сноса коры выветривания ультраосновных и основных пород.

Несмотря на в целом низкие содержания в рассматриваемых породах Ba и Sr, наблюдается устойчивое преобладание первого над вторым ($Ba/Sr > 1$), что в комплексе с другими важными показателями, в частности, отношением $CaO/MgO \geq 1$, многочисленными находками радиолярий и отсутствием бентосной фауны, высоким значением закисного модуля ($FeO/Fe_2O_3 = 5-40$), свидетельствует об умеренной солености вод, характерной для глубоководного, открытого морского водоема [Рыкус, Сначёв, 2000].

Выводы

Изучение углеродистых отложений Ларинского купола показало:

1. Кремнисто-углеродистые отложения сайтовской свиты являются аналогами булатовской толщи, на что указывает идентичность геологического строения и химического состава.

2. Черносланцевые отложения булатовской толщи и сайтовской свиты относятся к низкоуглеродистому типу и очень компактно попадают в поля кремнисто-углеродистой формации, что говорит о выдержанности их химического состава на всей рассматриваемой территории.

3. Палеогеографические условия накопления углеродистых отложений в пределах рассматриваемой площади были неоднородными. Наибольшее количество терригенной и вулканогенной примеси отмечается в составе отложений части сайтовской свиты и булатовской толщи обрамления Ларинского купола. Для них же фиксируется минимальная глубоководность, соответствующая окраине шельфа или континентальному склону.

Кремнисто-углеродистые отложения центральной части Пластовской площади образовались в глубоководном бассейне с некомпенсированным осадконакоплением при дефиците кислорода в придонных водах. Основная масса осадка, представленная кремнеземом, отлагалась био-хемогенным путем, что в совокупности с практически полным отсутствием привноса терригенного материала с континента обеспечило исключительную его химическую «чистоту».

4. По соотношению основных петрогенных окислов состав терригенной примеси в углеродистых отложениях в подавляющем большинстве соответствует основным и ультраосновным породам, а также уверенно диагностируются продукты перемыыва нижележащих отложений шеметовской толщи. Судя по значениям петрохимических параметров, привнос терригенного материала происходил с запада на восток.

Литература:

Горбачев О.В., Созинов Н.А. Некоторые петрохимические и геохимические аспекты типизации углеродистых отложений докембрия // Проблемы осадочной геологии докембрия. — М.: Наука, 1985. — Вып. 10. — С. 46–57.

Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород: Справочное пособие. — М.: Недра, 1985. — 512 с.

Евчинников Л.Н., Степанов А.И., Краснобаев А.А., Дунаев В.А. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала: Тр. II Уральского петро-

граф. совещ. – Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1969. – Т. 1. – С. 173–204.

Плюснин К.П., Плюснина А.А., Зенков И.И. Новые данные о граптолитовых сланцах восточного склона Южного Урала // Изв. АН СССР. Сер. Геол. – 1965. – № 11. – С. 121–123.

Пучков В.Н., Иванов К.С. К стратиграфии черносланцевых толщ на востоке Урала // Ежегодник–1988 / ИГГ УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1989. – С. 4–7.

Розен О.М., Журавлев Д.З., Ляпунов С.М. Геохимические исследования осадочных отложений Тимано-Печерской провинции. // Разведка и охрана недр. – 1994. – № 1. – С. 18–21.

Рыкус М.В., Сначёв В.И. Особенности палеозойского углеродистого осадконакопления Сысертско-Ильменогорской зоны Южного Урала // Осадочные бассейны: Закономерности строения и эволюции, минерагения. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – С. 112–114.

Семененко Н.П., Половко Н.И., Жуков Г.В. и др. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР. – Киев: Изд-во АН УССР, 1956. – 536 с.

Сначёв А.В., Сначёв В.И., Рыкус М.В. и др. Геология, петрогеохимия и рудоносность углеродистых отложений Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2012. – 208 с.

Страхов Н.М. Геодинамический механизм распределения $C_{орг}$, SiO_2 и $CaCO_3$ в океаническом осадконакоплении // Литология и полезные ископаемые. – 1978. – № 1. – С. 3–31.

Хворова И.В. Кремненакопление в геосинклинальных областях прошлого // Осадконакопление и полезные ископаемые вулканических областей прошлого. – М.: Наука, 1968. – С. 9–136. – (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 196).

Хворова И.В., Лисицина Н.А., Богданов Ю.А. Осадки рифтовой зоны хр. Рейкьянес (58° с. ш.) // Литология и полезные ископаемые. – 1985. – № 3. – С. 5–16.

Холодов В.Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия. – М.: Наука, 1973. – 275 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия черных сланцев. – Л.: Наука, 1988. – 271 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. – Екатеринбург, 1994. – 304 с.