

## Особенности химического состава нижнемеловых отложений северной части Приверхоянского краевого прогиба

Д.А.ВАСИЛЬЕВ, Г.В.ИВЕНСЕН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г.Якутск, проспект Ленина, д.39), В.Б.ЕРШОВА (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, г.Санкт-Петербург, Университетская наб., д.7/9), А.В.ПРОКОПЬЕВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г.Якутск, проспект Ленина, д.39)

Описаны особенности химического состава морских и континентальных нижнемеловых терригенных отложений северной части Приверхоянского прогиба, позволяющие предполагать их вулканогенно-осадочное происхождение.

*Ключевые слова:* Приверхоянский прогиб, псаммиты, алевролиты, петрохимические модули, петрография, литогеохимия.

Васильев Дмитрий Анатольевич, juorankhay@mail.ru  
Ивенсен Галина Владимировна, g.v.ivensen@diamond.ysn.ru  
Ершова Виктория Бэртовна, ershovavictoria@gmail.com  
Прокопьев Андрей Владимирович, prokopiev@diamond.ysn.ru

## Peculiarities of chemical composition of Lower Cretaceous rocks in the northern Priverkhoyansk foreland basin

D.A.VASILIEV, G.V.IVENSEN, V.B.ERSHOVA, A.V.PROKOPIEV

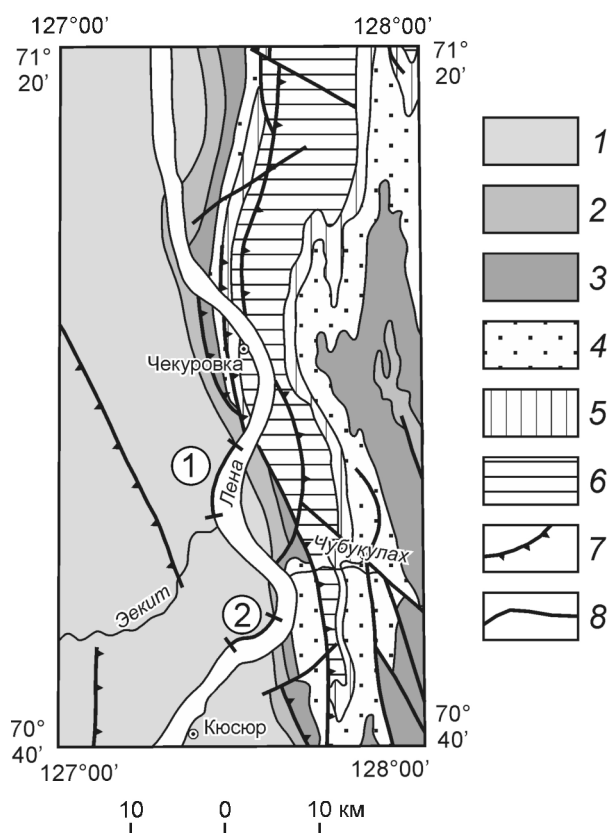
Described are peculiarities of chemical composition of Lower Cretaceous marine and continental terrigenous rocks in the northern Priverkhoyansk foreland basin, which assume their volcanogenic-sedimentary origin.

*Key words:* Priverkhoyansk foreland basin, psammite, siltstone, petrochemical modulus, petrography, lithogeochemistry.

Исследуемый район располагается на левобережье р.Лена в ее нижнем течении, вблизи устья р.Экит между мысами Чекуровский и Чуча (рис. 1). Здесь обнажаются верхнемезозойские отложения северной части Приверхоянского краевого прогиба, примыкающего к фронту Верхоянского складчато-надвигового пояса [4]. Образцы были отобраны из разреза нижнемеловых терригенных пород восточного крыла Огонер-Юряхской синклинали (рис. 2, А и Б). Район исследований является перспективным на обнаружение горючих полезных ископаемых и располагается в пределах Ленского угольного бассейна [6]. Основная задача проведенного исследования — определение литогеохимических особенностей нижнемеловых

**Рис. 1. Схематическая геологическая карта северной части Приверхоянского краевого прогиба и западной части Хараулахского антиклинория:**

отложения: 1 — меловые, 2 — юрские, 3 — триасовые, 4 — пермские, 5 — кембрийские, 6 — рифейские; 7 — надвиги и взбросы; 8 — разломы неизвестной кинематики; исследуемые разрезы: 1 — мыс Чекуровский, 2 — мыс Чуча



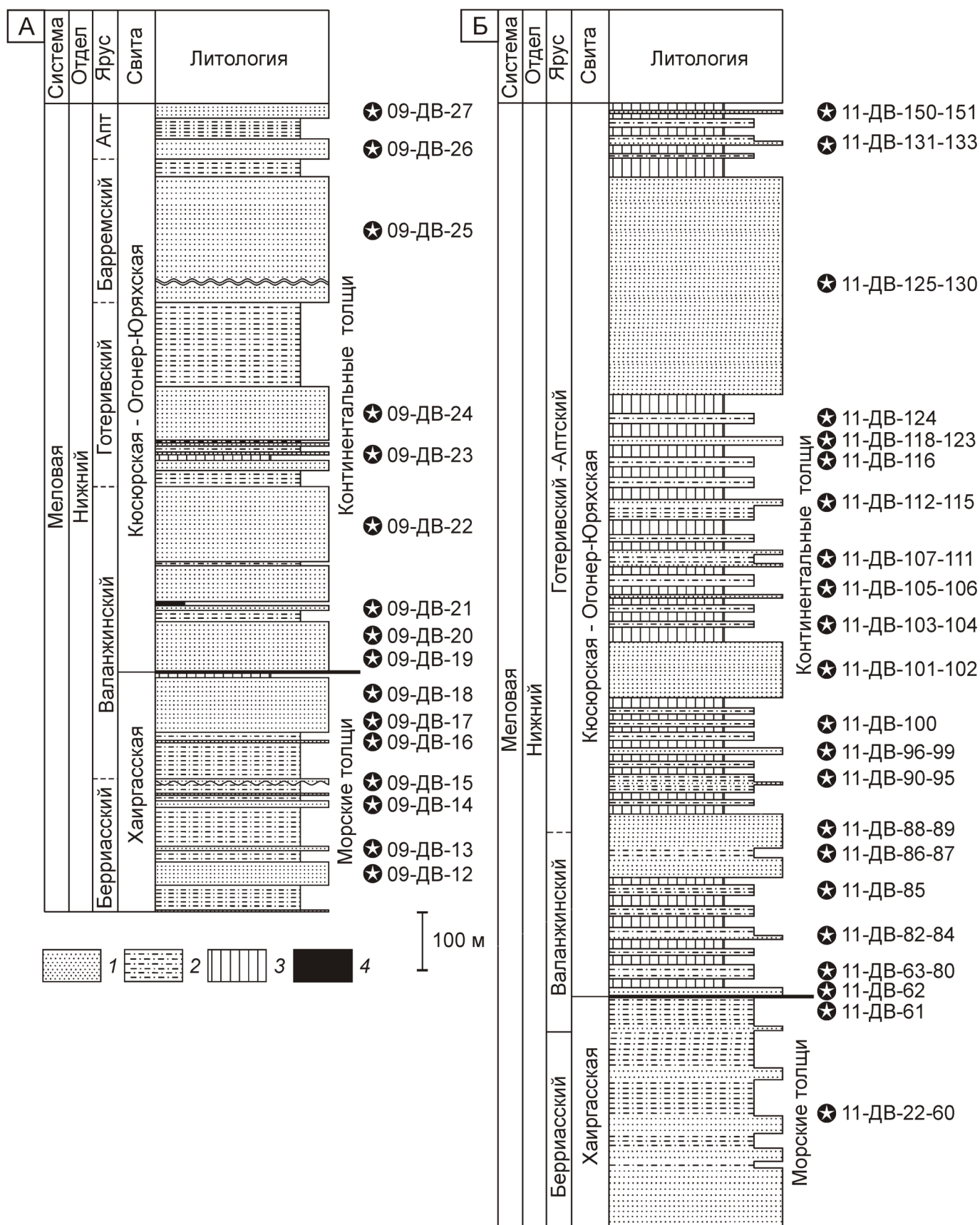


Рис. 2. Стратиграфические колонки нижнемеловых терригенных отложений:

А — мыс Чекуровский, Б — мыс Чуча; отложения: 1 — псаммиты, 2 — алевролиты, 3 — аргиллиты, 4 — угли

терригенных пород этой части прогиба с целью установления их происхождения.

Изученные разрезы сложены морскими и континентальными терригенными отложениями. Морская часть разрезов представлена чередованием псаммитов и алевролитов, тогда как континентальная — чередованием мощных горизонтов псаммитов и пачек переслаивания аргиллитов и алевролитов с подчиненным количеством псаммитов. Для петрохимического изучения были отобраны 80 образцов псаммитов и 41 алевролитов. Результаты химических анализов приведены в таблицах 1 и 2. Были рассчитаны основные петрохимические модули (гидролизатный  $ГМ = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$ , алюмокремниевый  $АМ = Al_2O_3 / SiO_2$ , фемический  $ФМ = (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO) / SiO_2$ , титановый  $ТМ = TiO_2 / Al_2O_3$ , натриевый  $НМ = Na_2O / Al_2O_3$ , калиевый  $КМ = K_2O / Al_2O_3$ , щелочной  $ЩМ = (Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$ , нормированной щелочности  $НКМ = (Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$  и железный  $ЖМ = (Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (Al_2O_3 + TiO_2)$  [7]), и построены модульные диаграммы (рис. 3). На них также нанесены точки средних химических составов песчаника по Ф.Кларку [2] и дацита [5].

Псаммиты исследуемой территории очень однородны по химическому составу (см. табл. 1). Среднее содержание  $SiO_2$  68,34% (при колебаниях от 42,58 до 74,84%), а по значениям  $ГМ < 0,30$  практически все они являются силлитами, что хорошо видно на модульной диаграмме  $ГМ—НКМ$  (см. рис. 3, А). Высокие значения алюмокремниевое петрохимического модуля (среднее 0,21) указывают на свежесть обломочного материала (см. рис. 3, Б, Д, Е). Кларковское значение этого модуля для нормальных песчаников составляет всего 0,06. Содержание титана низкое (среднее значение  $TiO_2$  0,46%), но на модульной диаграмме  $АМ—ТМ$  (см. рис. 3, Д) наблюдается широкий разброс значений  $ТМ$  от 0,003 до 0,060 (среднее 0,032), что свидетельствует о разной степени зрелости обломочного материала. В основном преобладают псаммиты с низкими значениями титанового модуля и только у пяти образцов оно попадает в интервал кларковых значений, характеризующих нормальные осадочные псаммиты 0,051—0,060 (см. рис. 3, Г). Железа также содержится мало (см. рис. 3, В); среднее значение  $ФМ$  0,06. Закисное железо преобладает над окисным, средние значения соответственно равны 2,35 и 0,62%, тогда как для нормальных песчаников характерно преобладание окисного железа. На модульных диаграммах наблюдается прямая корреляция между  $ТМ$  и  $ФМ$  (см. рис. 3, Ж) и  $ЖМ$  (см. рис. 3, Г), что не типично для нормальных осадочных пород. Щелочей содержится много, среднее значение  $Na_2O + K_2O = 6,25\%$ , причем  $Na_2O$  преобладает над  $K_2O$  ( $ЩМ \gg 1$ ), что хорошо видно на модульной диаграмме  $ЩМ—НМ$  (см. рис. 3, З). Среднее значение  $НМ$  0,27, а  $КМ$  0,17. Кларковское содержание щелочей в осадочных песчаниках составляет всего 1,76% при

явном преобладании  $K_2O$  ( $ЩМ$  0,34). Высокие значения  $НКМ$  (среднее 0,44) свидетельствуют о наличии среди обломочной части изученных псаммитов большого количества полевых шпатов, что также указывает на свежесть обломочного материала. На всех модульных диаграммах точки химических составов псаммитов тяготеют к точке среднего химического состава дацитов [5]. Однородный химический состав изученных псаммитов является следствием существования единого источника обломочного материала. Некоторый разброс точек на модульных диаграммах  $ЖМ—ТМ$ ,  $ФМ—ТМ$ ,  $АМ—ТМ$  связан с разной степенью зрелости обломочного материала.

Алевролиты несколько отличаются по своему химическому составу от псаммитов. Они содержат меньше  $SiO_2$  и  $Na_2O$  и больше всех остальных оксидов (см. табл. 2). По значениям  $0,30 < ГМ < 0,50$  они относятся к сиаллитам. Среднее значение  $ТМ$  0,045 гораздо выше, чем в псаммитах, хотя в нормальных осадочных породах значения титанового петрохимического модуля выше в песчаниках, чем в алевролитах и аргиллитах (закономерность Мигдисова) [7]. Так же как и в псаммитах, в алевролитах закисное железо преобладает над окисным. Содержание щелочей высокое ( $Na_2O + K_2O = 6,06\%$ ), и в сумме щелочей незначительно преобладает  $Na_2O$  (среднее значение  $ЩМ$  1,08). Средние значения  $НМ$  0,19, а  $КМ$  0,18. На модульной диаграмме  $АМ—КМ$  (см. рис. 3, Е) положение точек указывает на то, что содержание  $K_2O$  и в псаммитах, и в алевролитах примерно одинаково.

Таким образом, изученные образцы псаммитов и алевролитов обладают рядом особенностей, отличающих их от нормальных осадочных пород: 1) не соблюдается закономерность Мигдисова [7]; 2) исследуемая территория в раннем мелу характеризовалась гумидным климатом и мелководно-прибрежными и континентальными типами осадконакопления, для которых свойственны высокие значения  $ТМ$  [6], что не наблюдается в данных разрезах; 3) однородный химический состав, близкий к химическому составу кислых магматических пород (дацитов); 4) высокое содержание щелочей при преобладании  $Na_2O$ ; 5) низкое содержание  $MgO$  и  $FeO^*$ ; 6) закисное железо преобладает над окисным; 7) положительная корреляция между значениями  $ТМ—ФМ$  и  $ТМ—ЖМ$  и обратная — между значениями  $НКМ—ФМ$ .

Микроскопическое изучение шлифов показало слабую сортировку и окатанность обломочного материала. В шлифах зерна, как правило, от угловатых до средне-окатанных. Содержание обломков пород  $< 10\%$  и полевых шпатов  $> 25\%$ , что позволяет называть их аркозовыми аренидами [3]. Однако по химической классификации [3], основываясь на низких значениях  $SiO_2 / Al_2O_3$ , высоких содержаниях щелочей при преобладании  $Na_2O$  над  $K_2O$ , их можно отнести к полевошпатовым грауваккам. Данное несоответствие также позволяет усомниться в исключительно осадочном

1. Химический состав псаммитов северной части Приверхоянского краевого прогиба, %

Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	П.П.П.	S	F	Сумма
11-ДВ-4	72,08	0,31	14,16	0,00	2,51	0,04	0,47	3,03	3,84	2,00	0,09	0,27	1,38	0,02	0,00	100,20
11-ДВ-5	67,46	0,65	14,57	1,27	2,82	0,03	0,76	3,31	4,02	2,66	0,13	0,00	2,14	0,19	0,00	100,01
11-ДВ-6	70,65	0,25	14,22	0,00	1,51	0,05	0,22	4,00	3,92	2,37	0,17	1,08	1,61	0,05	0,00	100,10
11-ДВ-7	72,00	0,43	14,64	0,14	1,90	0,03	0,88	1,66	3,86	2,45	0,12	0,54	1,24	0,00	0,00	99,89
11-ДВ-22	68,01	0,54	14,99	1,20	2,55	0,04	1,16	2,74	3,77	2,62	0,14	0,54	1,51	0,11	0,00	99,92
11-ДВ-23	68,79	0,54	15,00	0,76	2,55	0,03	0,72	3,43	4,00	2,79	0,19	0,00	1,25	0,27	0,00	100,32
11-ДВ-25	67,12	0,54	14,97	1,30	2,58	0,04	0,96	2,97	4,02	2,88	0,12	0,54	1,49	0,69	0,00	100,22
11-ДВ-26	68,81	0,41	15,35	0,26	2,85	0,03	0,60	3,02	4,08	2,94	0,14	0,00	1,25	0,11	0,00	99,85
11-ДВ-27	64,98	0,44	14,41	0,73	2,43	0,06	1,28	4,79	3,62	2,70	0,16	2,12	2,43	0,16	0,00	100,31
11-ДВ-28	68,31	0,51	15,24	0,12	3,58	0,03	1,13	3,08	3,45	2,69	0,11	0,00	1,87	0,04	0,00	100,16
11-ДВ-30	71,25	0,47	14,59	0,02	2,79	0,03	0,77	2,73	3,49	2,70	0,08	0,00	1,40	0,02	0,00	100,34
11-ДВ-32	67,57	0,50	14,72	0,75	2,99	0,03	1,75	1,78	3,97	2,88	0,19	0,77	1,49	0,02	0,00	99,41
11-ДВ-34	67,97	0,48	14,21	0,98	2,65	0,05	0,93	2,71	4,06	2,55	0,21	1,08	1,74	0,12	0,00	99,74
11-ДВ-38	67,45	0,63	14,17	1,24	3,09	0,03	1,58	1,91	3,69	2,60	0,18	0,00	2,50	0,32	0,00	99,39
11-ДВ-41	66,82	0,54	13,79	1,18	2,85	0,07	1,41	3,11	3,59	2,63	0,22	2,86	0,43	0,03	0,00	99,53
11-ДВ-42	52,07	0,35	12,11	0,68	2,03	0,33	0,90	13,78	3,25	2,45	0,15	9,95	1,32	0,05	0,00	99,42
11-ДВ-45	64,78	0,45	13,46	1,55	2,98	0,09	1,89	4,08	3,37	2,27	0,19	2,11	2,15	0,07	0,00	99,44
11-ДВ-46	67,45	0,41	14,01	1,06	2,07	0,05	1,18	3,20	4,10	2,69	0,17	1,63	1,47	0,07	0,00	99,56
11-ДВ-48	65,54	0,62	15,26	0,73	3,55	0,04	1,91	1,54	4,23	3,12	0,21	0,00	2,65	0,03	0,00	99,43
11-ДВ-50	66,18	0,88	14,84	1,42	3,01	0,04	1,51	2,05	4,06	2,59	0,27	0,54	1,86	0,20	0,00	99,45
11-ДВ-56	65,35	0,67	15,13	0,83	3,86	0,03	1,99	1,88	3,66	2,80	0,20	0,00	2,97	0,05	0,00	99,42
11-ДВ-57	73,03	0,22	13,03	0,35	2,47	0,02	0,85	0,83	4,09	3,02	0,11	0,00	1,48	0,02	0,00	99,52
11-ДВ-59	74,93	0,25	11,23	0,62	2,30	0,04	0,06	2,57	2,42	1,97	0,09	0,00	3,18	0,64	0,00	100,30
11-ДВ-62	72,88	0,20	14,63	0,00	1,15	0,00	0,20	1,54	4,58	3,65	0,10	0,00	1,11	0,05	0,40	100,49
11-ДВ-64	66,52	0,66	14,54	0,06	1,88	0,04	0,84	4,85	4,12	2,03	0,28	0,54	3,77	0,04	0,00	100,17
11-ДВ-65	70,67	0,32	14,91	0,50	2,16	0,03	0,35	3,08	4,17	1,90	0,15	0,00	2,01	0,04	0,00	100,29
11-ДВ-69	66,75	0,63	15,32	1,01	3,35	0,04	1,57	2,34	4,09	2,40	0,17	0,00	2,28	0,09	0,00	100,04
11-ДВ-76	70,48	0,54	14,48	0,44	2,11	0,04	1,08	2,33	4,36	2,57	0,14	0,00	1,56	0,00	0,00	100,13
11-ДВ-82	68,33	0,27	14,52	0,49	1,64	0,06	0,58	4,23	4,36	2,35	0,10	0,81	2,49	0,03	0,00	100,26

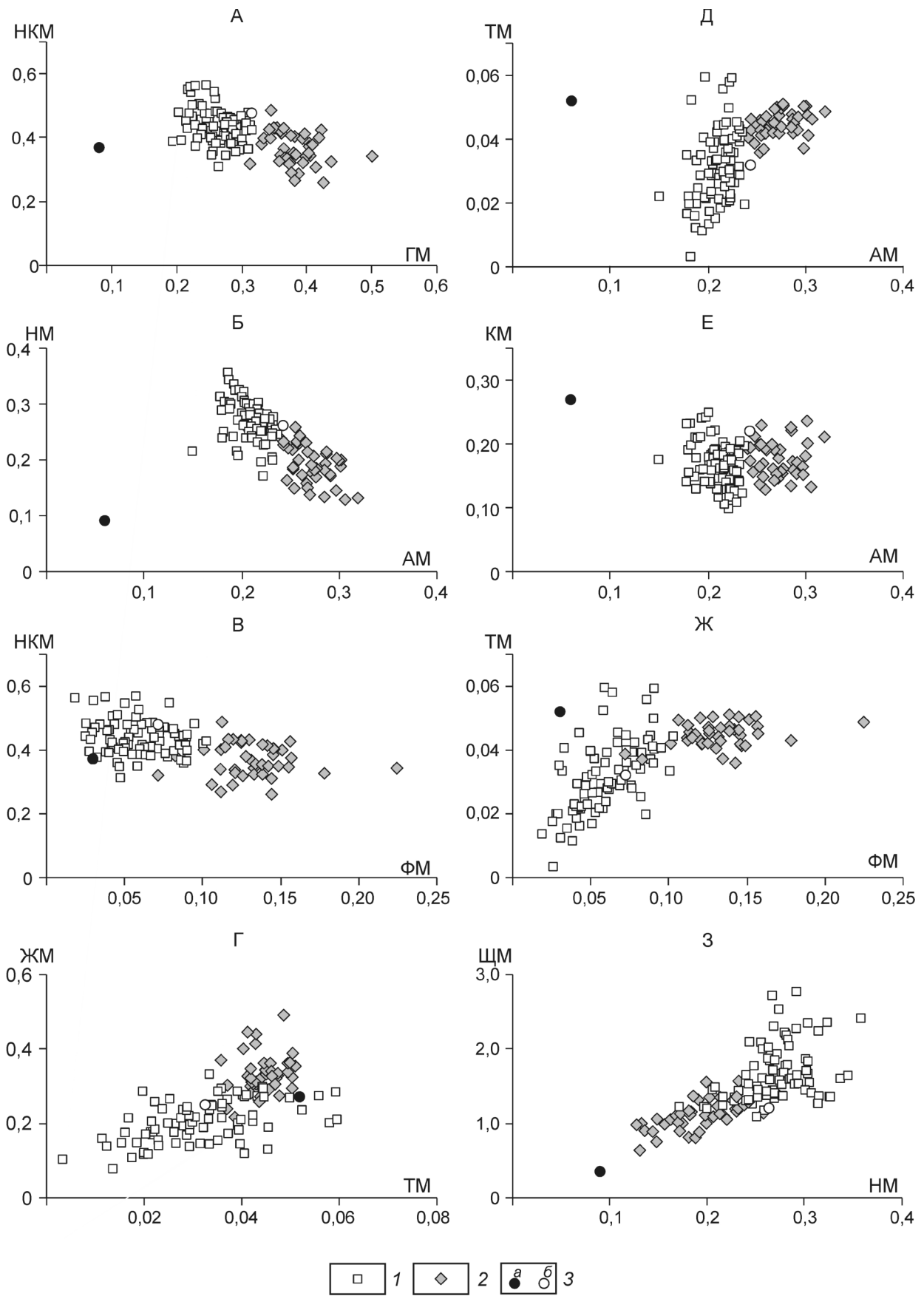
Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	П.П.П.	S	F	Сумма
11-ДВ-83	67,21	0,55	14,82	1,05	2,97	0,04	1,87	2,86	2,91	2,40	0,18	0,00	2,48	0,00	0,00	99,34
11-ДВ-84	70,67	0,33	14,33	0,31	1,71	0,03	0,72	2,91	4,62	1,97	0,13	0,00	2,52	0,01	0,00	100,26
11-ДВ-86	69,35	0,47	14,12	1,09	1,96	0,04	0,59	3,65	3,95	2,24	0,11	0,00	2,72	0,04	0,00	100,33
11-ДВ-88	68,73	0,41	14,85	0,65	2,58	0,04	0,96	2,86	3,80	2,38	0,16	0,54	1,90	0,03	0,00	99,89
11-ДВ-89	67,43	0,81	14,51	1,44	2,71	0,05	1,57	3,20	3,90	2,12	0,25	0,00	2,36	0,00	0,00	100,35
11-ДВ-91	67,25	0,67	15,82	0,18	3,44	0,04	1,58	2,71	4,03	1,94	0,20	0,54	1,48	0,02	0,00	99,90
11-ДВ-92	68,36	0,88	15,17	0,49	2,69	0,05	1,12	3,43	4,06	1,77	0,23	0,54	1,18	0,05	0,00	100,02
11-ДВ-93	74,36	0,28	13,98	0,11	1,61	0,01	0,40	1,62	4,23	1,81	0,10	0,53	0,82	0,03	0,00	99,89
11-ДВ-96	67,22	0,44	14,95	0,30	2,67	0,05	1,22	2,89	3,94	2,15	0,16	0,00	3,55	0,00	0,00	99,54
11-ДВ-97	67,38	0,61	15,16	1,13	3,18	0,05	1,73	2,19	3,45	2,58	0,20	0,00	2,26	0,00	0,00	99,92
11-ДВ-98	69,82	0,60	15,10	0,24	1,99	0,04	1,19	2,63	4,39	1,94	0,13	0,00	1,98	0,00	0,00	100,05
11-ДВ-99	68,84	0,61	14,40	0,87	2,15	0,06	1,53	3,20	4,04	1,86	0,15	0,00	2,38	0,01	0,00	100,10
11-ДВ-101	64,65	0,33	14,38	0,03	2,14	0,11	0,80	5,65	2,46	2,03	0,11	3,82	3,34	0,06	0,00	99,91
11-ДВ-102	69,93	0,34	15,60	0,12	2,55	0,02	1,17	1,46	4,00	2,01	0,12	0,00	2,68	0,03	0,00	100,03
11-ДВ-105	69,55	0,42	15,79	0,49	1,86	0,03	1,15	2,43	4,40	1,99	0,13	0,00	1,70	0,06	0,00	100,00
11-ДВ-107	68,07	0,71	15,61	0,63	2,41	0,05	1,48	2,66	4,26	1,69	0,15	0,00	2,01	0,01	0,00	99,74
11-ДВ-109	69,55	0,31	15,20	0,47	2,14	0,04	1,02	2,37	4,29	2,03	0,11	0,00	2,25	0,00	0,00	99,78
11-ДВ-110	56,08	0,41	12,99	0,11	1,54	0,30	0,69	12,44	2,66	1,85	0,09	8,14	2,61	0,05	0,00	99,96
11-ДВ-111	69,13	0,41	14,59	0,10	2,75	0,05	1,28	2,52	3,49	2,13	0,14	1,09	2,10	0,00	0,00	99,78
11-ДВ-113	68,02	0,62	15,79	0,52	2,73	0,04	1,91	1,80	3,91	2,22	0,21	0,00	1,70	0,00	0,00	99,47
11-ДВ-114	71,09	0,33	15,79	0,02	1,85	0,02	0,83	1,17	4,14	2,06	0,11	0,00	2,15	0,00	0,00	99,56
11-ДВ-115	68,36	0,59	14,79	0,51	2,69	0,03	1,73	1,60	4,11	2,46	0,15	0,00	2,53	0,00	0,00	99,55
11-ДВ-118	71,82	0,23	14,89	0,07	2,14	0,02	0,25	2,00	3,84	3,30	0,08	0,00	1,04	0,46	0,00	100,14
11-ДВ-119	73,14	0,46	13,76	0,12	1,87	0,06	0,25	2,23	4,01	2,45	0,10	0,00	1,30	0,32	0,00	100,07
11-ДВ-120	71,99	0,34	13,64	0,55	2,23	0,02	0,50	2,06	4,09	2,85	0,10	0,00	1,39	0,38	0,00	100,14
11-ДВ-121	61,98	0,53	13,42	0,28	2,07	0,19	0,54	8,59	3,11	2,18	0,14	4,66	1,66	0,41	0,00	99,76
11-ДВ-122	70,69	0,56	14,29	0,58	2,27	0,04	1,36	2,40	3,74	2,01	0,12	0,55	1,26	0,25	0,00	100,12
11-ДВ-123	67,81	0,40	13,61	0,48	1,98	0,09	1,27	3,46	3,86	2,44	0,11	2,17	1,31	0,31	0,00	99,30
11-ДВ-125	74,84	0,27	13,51	0,21	1,38	0,02	0,46	1,45	3,23	2,10	0,07	0,53	1,31	0,06	0,00	99,44

Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	П.П.П.	S	F	Сумма
11-ДВ-127	66,74	0,67	15,50	1,67	2,70	0,05	1,35	2,06	3,09	2,60	0,18	0,54	2,28	0,25	0,00	99,68
11-ДВ-129	68,76	0,38	13,19	0,17	2,07	0,04	0,92	3,40	3,19	2,10	0,19	2,98	1,97	0,19	0,00	99,55
11-ДВ-130	68,77	0,38	14,49	1,12	1,44	0,06	0,52	3,17	3,52	1,69	0,12	2,17	2,28	0,17	0,00	99,90
11-ДВ-133	73,12	0,58	14,28	0,61	1,14	0,02	0,62	1,02	3,08	2,29	0,19	1,07	1,87	0,10	0,00	99,99
11-ДВ-150	71,00	0,68	12,98	0,69	2,49	0,04	0,88	2,17	3,95	2,57	0,19	1,07	1,21	0,25	0,00	100,17
11-ДВ-151	68,17	0,44	14,69	0,78	2,27	0,03	1,09	2,14	4,06	2,98	0,13	1,07	1,39	0,16	0,00	99,40
09-ДВ-12	66,50	0,54	15,05	1,82	2,72	0,04	1,40	2,18	4,24	2,39	0,18	0,54	1,84	0,61	0,00	100,06
09-ДВ-13	70,07	0,41	14,24	0,85	2,55	0,04	1,35	1,78	4,31	2,60	0,15	0,00	1,37	0,00	0,00	99,73
09-ДВ-14	42,58	0,20	10,11	0,22	2,27	0,46	0,67	20,27	2,48	1,99	0,11	15,38	2,76	0,02	0,00	99,52
09-ДВ-15	68,68	0,16	12,86	0,45	1,29	0,06	0,29	4,55	4,42	2,71	0,06	2,74	0,99	0,10	0,00	99,37
09-ДВ-16	72,06	0,16	13,95	0,27	1,96	0,02	0,49	1,42	4,53	3,36	0,07	0,00	0,98	0,19	0,00	99,47
09-ДВ-17	70,24	0,34	14,27	0,58	2,87	0,04	0,69	1,61	4,37	3,13	0,09	0,00	1,08	0,09	0,00	99,42
09-ДВ-18	70,08	0,30	13,88	0,65	2,23	0,03	1,12	1,67	4,52	3,36	0,08	0,00	1,61	0,02	0,00	99,56
09-ДВ-19	64,36	0,04	11,71	0,14	0,98	0,09	0,44	8,64	2,93	2,72	0,01	6,05	1,73	0,03	0,00	99,89
09-ДВ-20	72,94	0,22	13,59	0,66	1,73	0,03	0,69	1,75	4,85	2,02	0,09	0,00	1,19	0,01	0,00	99,78
09-ДВ-21	73,38	0,46	13,08	0,38	1,68	0,03	0,08	2,43	4,10	1,84	0,01	0,54	1,79	0,03	0,00	99,85
09-ДВ-22	67,25	0,41	14,63	1,10	2,44	0,02	1,56	2,61	4,43	2,43	0,15	0,00	2,29	0,02	0,00	99,34
09-ДВ-23	67,38	0,37	14,61	1,41	2,52	0,05	1,54	3,08	4,25	1,54	0,16	0,54	2,02	0,04	0,00	99,52
09-ДВ-24	67,07	0,74	14,84	1,73	2,41	0,05	1,85	3,26	3,95	1,46	0,22	0,00	2,20	0,00	0,00	99,78
09-ДВ-25	70,01	0,82	13,77	0,64	2,30	0,13	1,03	3,00	2,86	1,94	0,08	1,10	2,19	0,00	0,00	99,87
09-ДВ-26	72,32	0,29	13,01	0,43	2,00	0,02	0,72	2,12	3,76	2,48	0,08	0,00	2,18	0,00	0,00	99,42
09-ДВ-27	67,90	0,46	13,07	0,68	3,13	0,06	1,49	2,23	4,39	2,76	0,09	1,65	1,86	0,00	0,00	99,77
Среднее	68,34	0,46	14,29	0,62	2,35	0,06	1,02	3,24	3,86	2,39	0,14	1,07	1,89	0,11	0,01	99,83

## 2. Химический состав алевролитов северной части Приверхоянского краевого прогиба, %

Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	П.П.П.	S	F	Сумма
11-ДВ-24	61,69	0,80	16,83	2,00	3,71	0,06	2,76	2,06	2,94	2,99	0,11	0,54	3,01	0,54	0,00	100,04
11-ДВ-29	61,94	0,72	16,27	1,15	4,29	0,06	2,64	3,03	2,79	3,16	0,16	1,65	2,34	0,11	0,00	100,31
11-ДВ-31	60,19	0,82	16,52	1,96	4,26	0,04	2,85	1,97	3,40	3,16	0,21	0,26	3,70	0,05	0,00	99,39
11-ДВ-33	63,56	0,71	15,77	1,59	4,03	0,03	1,77	1,69	3,46	3,34	0,22	0,00	3,12	0,23	0,00	99,52
11-ДВ-35	62,56	0,61	15,06	1,17	5,06	0,03	1,88	1,78	3,57	2,90	0,20	0,26	3,98	0,42	0,00	99,48
11-ДВ-39	58,56	0,84	17,68	2,02	4,11	0,05	2,98	1,63	3,31	4,18	0,19	0,00	3,93	0,03	0,00	99,51
11-ДВ-40	60,28	0,80	17,24	1,69	4,12	0,04	2,69	1,63	3,30	3,81	0,21	0,00	3,81	0,00	0,00	99,62
11-ДВ-44	61,97	0,72	15,66	1,65	4,23	0,04	2,67	1,75	3,39	3,10	0,21	0,00	4,00	0,04	0,00	99,43
11-ДВ-47	62,42	0,70	16,62	1,35	3,98	0,03	2,43	1,54	3,81	3,32	0,22	0,00	3,06	0,01	0,00	99,49
11-ДВ-49	62,62	0,73	15,98	1,97	2,82	0,05	2,23	2,23	4,11	3,66	0,23	0,00	2,81	0,06	0,00	99,50
11-ДВ-51	58,41	0,73	17,67	2,19	3,76	0,04	2,55	2,09	3,51	3,56	0,25	0,54	3,47	0,63	0,00	99,40
11-ДВ-52	63,87	0,67	15,56	1,43	3,57	0,04	2,12	2,26	3,51	2,70	0,20	0,52	3,01	0,06	0,00	99,52
11-ДВ-53	62,60	0,70	16,28	0,80	4,33	0,04	2,34	1,57	3,93	3,10	0,21	0,00	3,48	0,05	0,00	99,43
11-ДВ-54	60,87	0,73	16,33	1,83	4,27	0,04	2,71	1,60	3,47	3,11	0,19	0,00	4,22	0,11	0,00	99,48
11-ДВ-55	62,09	0,76	16,10	1,52	3,85	0,03	2,37	1,69	3,68	3,11	0,20	0,00	3,96	0,06	0,00	99,42
11-ДВ-58	62,16	0,70	15,14	1,51	3,79	0,06	2,43	2,83	3,50	2,95	0,21	1,54	2,64	0,03	0,00	99,49
11-ДВ-60	54,51	0,85	17,43	2,58	6,29	0,09	3,29	2,57	2,28	3,67	0,21	0,54	5,37	0,10	0,00	99,78
11-ДВ-61	60,86	0,64	15,48	2,21	4,88	0,07	1,89	2,80	2,29	3,08	0,16	0,54	5,12	0,09	0,00	100,11
11-ДВ-63	64,82	0,70	16,67	1,26	3,45	0,15	1,69	2,23	3,82	2,83	0,17	0,00	2,23	0,10	0,00	100,12
11-ДВ-66	62,89	0,60	16,17	0,24	3,71	0,04	1,21	2,63	3,74	2,40	0,15	0,00	6,37	0,12	0,00	100,27
11-ДВ-68	59,95	0,84	16,61	1,95	4,75	0,07	2,55	2,52	3,04	2,67	0,20	0,00	4,96	0,04	0,00	100,15
11-ДВ-71	59,47	0,77	17,09	2,13	3,93	0,06	3,21	2,57	3,64	2,73	0,16	0,00	3,66	0,02	0,00	99,44
11-ДВ-73	60,71	0,73	17,42	2,21	4,00	0,06	2,56	2,46	3,66	3,01	0,12	0,00	3,29	0,06	0,00	100,29
11-ДВ-75	58,26	0,73	16,97	2,23	5,48	0,06	2,60	2,34	2,92	2,61	0,21	0,00	4,85	0,04	0,00	99,30
11-ДВ-79	62,81	0,57	15,90	1,67	4,33	0,06	2,88	2,00	2,89	2,62	0,16	0,00	3,37	0,05	0,00	99,31
11-ДВ-80	61,63	0,77	17,59	1,41	3,26	0,05	2,36	1,89	3,18	3,98	0,15	0,00	3,33	0,02	0,00	99,62
11-ДВ-85	59,45	0,90	17,85	1,94	3,51	0,06	2,10	2,87	3,53	3,22	0,19	0,00	4,24	0,05	0,00	99,91
11-ДВ-87	60,81	0,86	16,82	1,87	4,30	0,07	2,18	2,81	2,82	2,58	0,21	0,00	4,06	0,02	0,00	99,41

Образцы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	П.П.П.	S	F	Сумма
11-ДВ-90	58,36	0,80	17,02	0,65	4,70	0,06	2,35	2,34	2,89	2,90	0,15	0,00	7,12	0,06	0,00	99,40
11-ДВ-94	60,50	0,67	18,02	0,85	4,72	0,06	2,49	2,29	3,64	2,73	0,19	0,00	3,61	0,03	0,00	99,80
11-ДВ-95	62,88	0,76	17,30	0,12	4,71	0,06	2,13	1,69	3,13	2,71	0,14	0,00	4,21	0,06	0,00	99,90
11-ДВ-100	63,03	0,76	16,84	1,04	4,73	0,06	2,11	1,72	2,63	2,71	0,22	0,00	3,79	0,01	0,00	99,65
11-ДВ-103	45,55	0,52	12,40	0,23	3,31	0,32	1,65	16,87	2,36	1,81	0,15	11,71	3,00	0,08	0,00	99,96
11-ДВ-104	59,25	0,81	16,92	1,14	3,55	0,16	1,78	4,41	2,24	2,27	0,19	2,15	4,72	0,05	0,00	99,64
11-ДВ-106	60,06	0,90	17,86	1,19	4,79	0,08	2,62	1,78	2,57	2,94	0,19	0,00	4,76	0,09	0,00	99,83
11-ДВ-108	63,39	0,69	16,42	1,43	4,00	0,06	2,19	2,90	3,26	2,11	0,31	0,00	2,92	0,02	0,00	99,70
11-ДВ-112	57,86	0,82	17,72	1,30	4,65	0,08	2,33	2,72	2,26	2,34	0,35	0,54	6,50	0,03	0,00	99,50
11-ДВ-116	61,38	0,83	16,59	0,68	5,54	0,08	1,05	3,67	2,25	2,53	0,18	1,36	3,29	0,11	0,00	99,54
11-ДВ-124	65,81	0,63	16,25	0,83	2,75	0,05	1,09	2,69	2,63	2,54	0,16	0,83	2,98	0,27	0,00	99,51
11-ДВ-131	61,55	0,67	15,60	3,38	3,25	0,09	1,47	2,17	2,89	2,13	0,18	2,70	3,33	0,07	0,00	99,48
11-ДВ-132	64,06	0,85	17,16	4,33	1,65	0,07	0,75	2,18	2,55	2,44	0,21	0,54	3,07	0,23	0,00	100,09
Среднее	60,87	0,74	16,56	1,58	4,11	0,07	2,24	2,65	3,14	2,92	0,19	0,64	3,87	0,10	0,00	99,68



**Рис. 3. Модульные диаграммы для нижнемеловых терригенных пород северной части Приверхоанского краевого прогиба:**

1 — псаммиты; 2 — алевролиты; 3 — средние (кларковые) значения: а — песчаников (ПКл) [1] и б — дацитов [4]

происхождении материала. Исследуемые образцы микроскопически ничем не отличаются от осадочных пород, но по геохимии они имеют выраженное вулканогенно-осадочное происхождение.

Таким образом, исследуемые породы, несмотря на кажущуюся макро- и микроскопическую схожесть с нормальными осадочными породами, значительно отличаются от них по ряду особенностей химического состава. Все это позволяет ставить под сомнение исключительно осадочное происхождение псаммитов, постулируемое ранее [1]. Для более точного установления их происхождения необходимо проведение более детальных микроскопических наблюдений, а также изучение геохимии редкоземельных элементов исследуемых пород.

*Авторы выражают благодарность руководству ФГУНПП «Аэрогеология» за помощь в проведении экспедиционных исследований.*

*Исследование выполнено по плану НИР ИГАБМ СО РАН и СПбГУ, при частичной поддержке грантов РФФИ (13-05-00700, 12-05-33018, 12-05-98506), Программы ОНЗ-10.2, Партнерского интеграционного проекта СО РАН № 68, проекта CALE и гранта*

*президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2902.2013.5.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биджиев Р.А., Грошин С.И., Горшкова Е.Р., Гогина Н.И. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Нижнеленская. Лист R-52-VII, VIII. Объяснительная записка. —М., 1976.
2. Мейсон Б. Основы геохимии. —М.: Недра, 1971.
3. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. —М.: Мир, 1976.
4. Прокопьев А.В., Парфенов Л.М., Томшин М.Д., Колодезников И.И. Чехол Сибирской платформы и смежных складчато-надвиговых поясов // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). —М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 113—155.
5. Соловьев В.И. Меловой вулканизм Северо-Востока СССР. —Новосибирск: Наука, 1986.
6. Сюндюков Ш.А., Митронов Д.В. Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Якутии: Ленский угольный бассейн // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). —М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 450—455.
7. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. —С-Пб: Наука, 2000.