

**НЕОГЕНОВЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПЛАТО  
АГУЙТЫН-НУРУ, ХЭВЭН И ТУМУСУН  
ЮГО-ЗАПАДНОГО ФЛАНГА  
БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ**

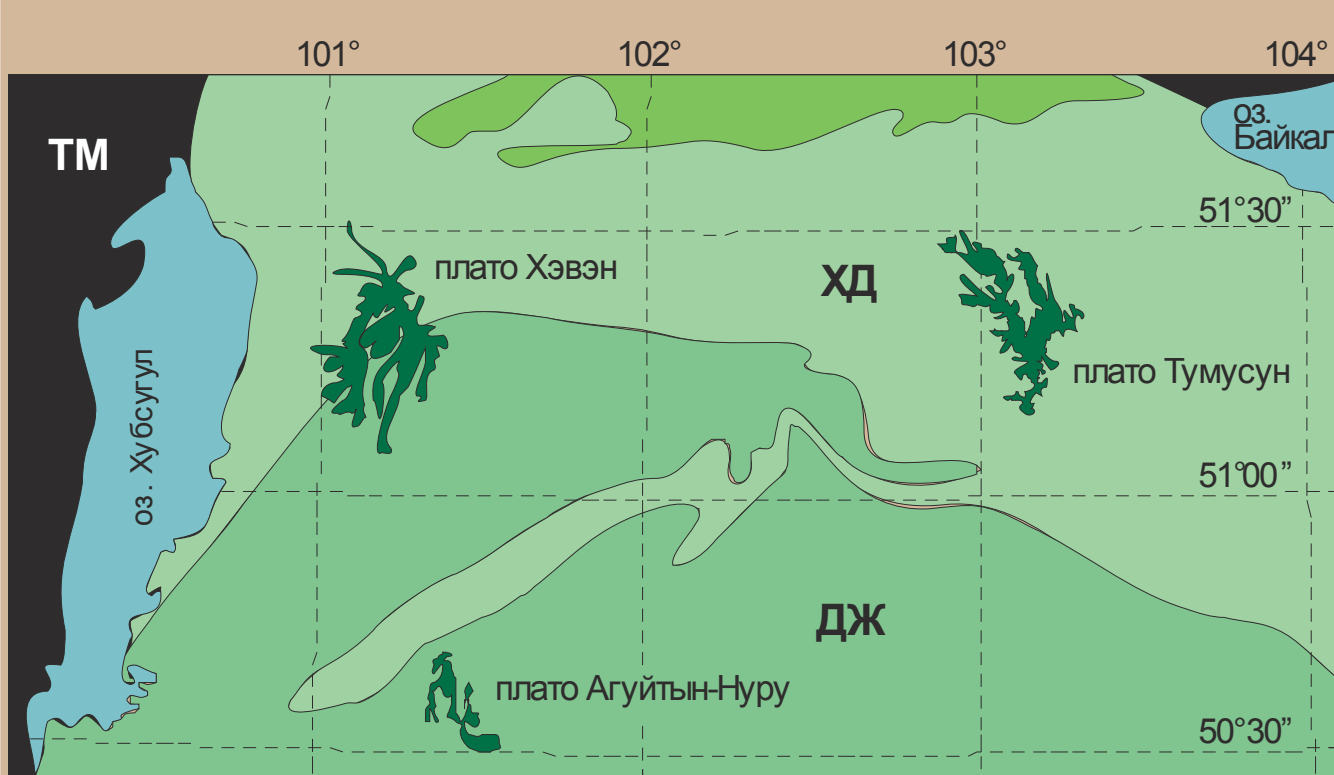
**С.С. Цыпукова\*, А.Б. Перепелов\*, Е.И. Демонтерова\*\***

\* ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

\*\* ФГБУН Институт земной коры СО РАН

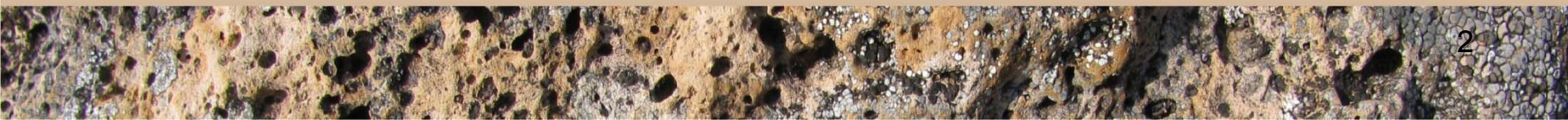
*Исследования выполнены при финансовой поддержке  
гранта РФФИ № 11-05-00425\_а, Интеграционных проектов СО РАН  
№ 11, 87, Проекта Президиума РАН № 4.3.*

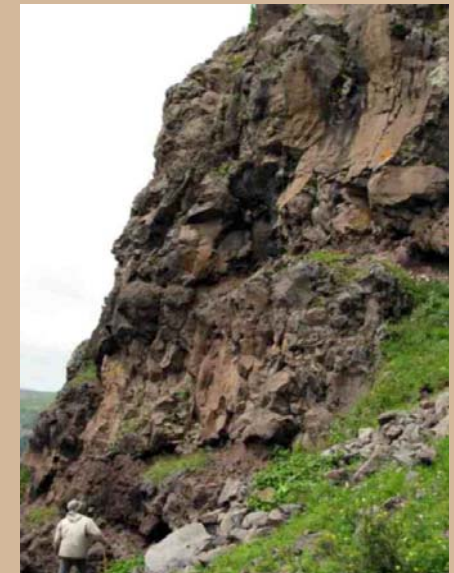
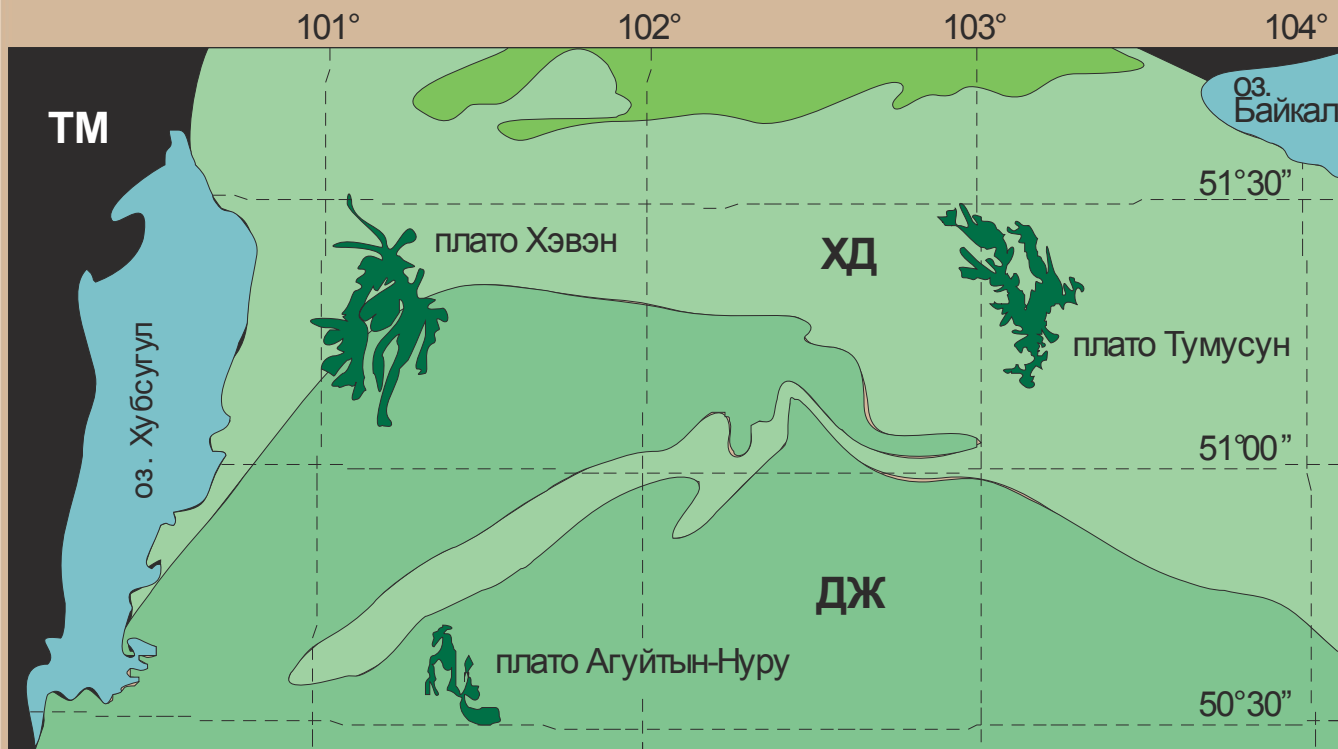




## ***Плато Агуйтын-Нуру***

**Плато Агуйтын-Нуру (1676 м) расположено в междуречье рек Уур-гол и Аригийн-гол к юго-востоку от озера Хубсугул, имеет площадь 12 x 15 км, существенно эродировано и рассечено речными долинами. Лавы плато общей мощностью до 300-350 м представлены щелочными оливиновыми базальтами и гавайитами. Редкие излияния базанитов обнаружены во впадине долины р. Аригийн-гол.**

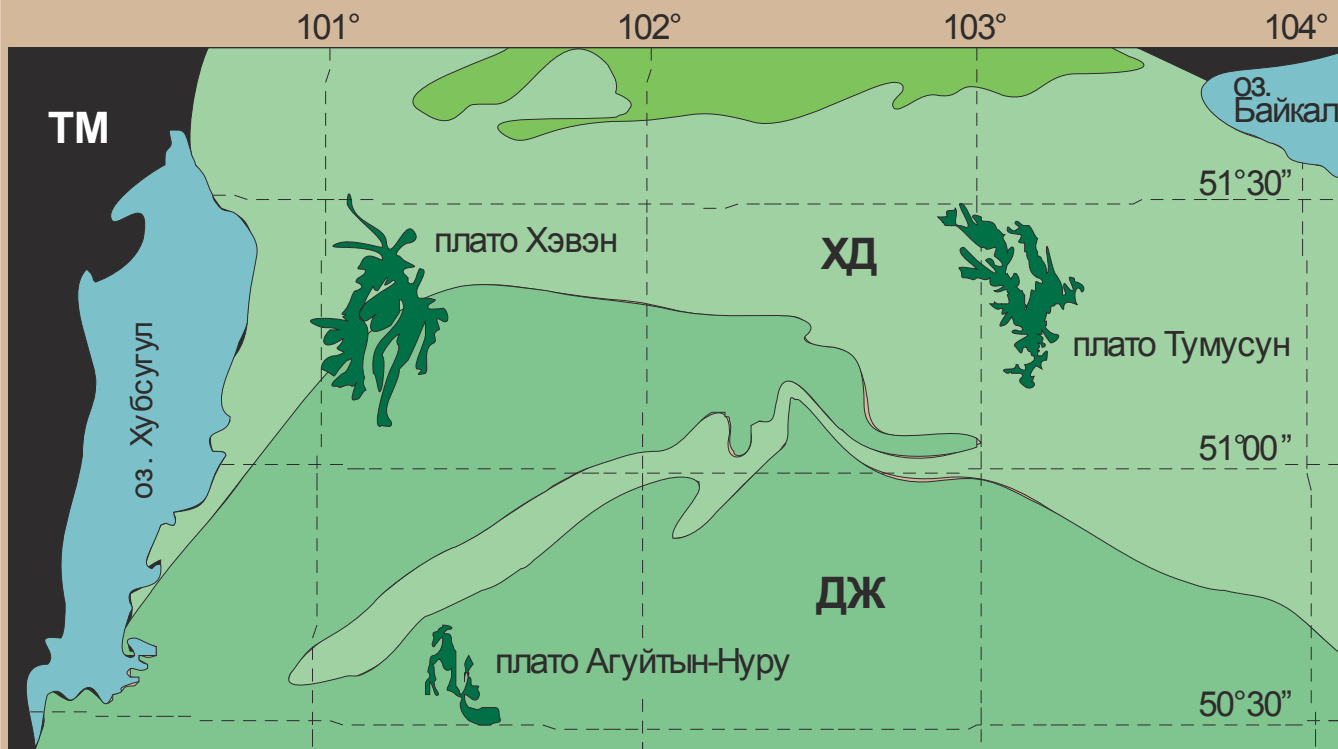




## **Плато Тумусун**

Вулкан Тумусун (2369 м) является одним из крупнейших центров извержения лав в неогеновом ареале базальтоидного вулканизма хребта Хамар-Дабан. Средне-позднемиоценовый возраст вулкана определен К/Аг методом (Киселев, 1979). Породы вулкана представлены щелочными оливиновыми базальтами, гавайитами и реже базанитами.

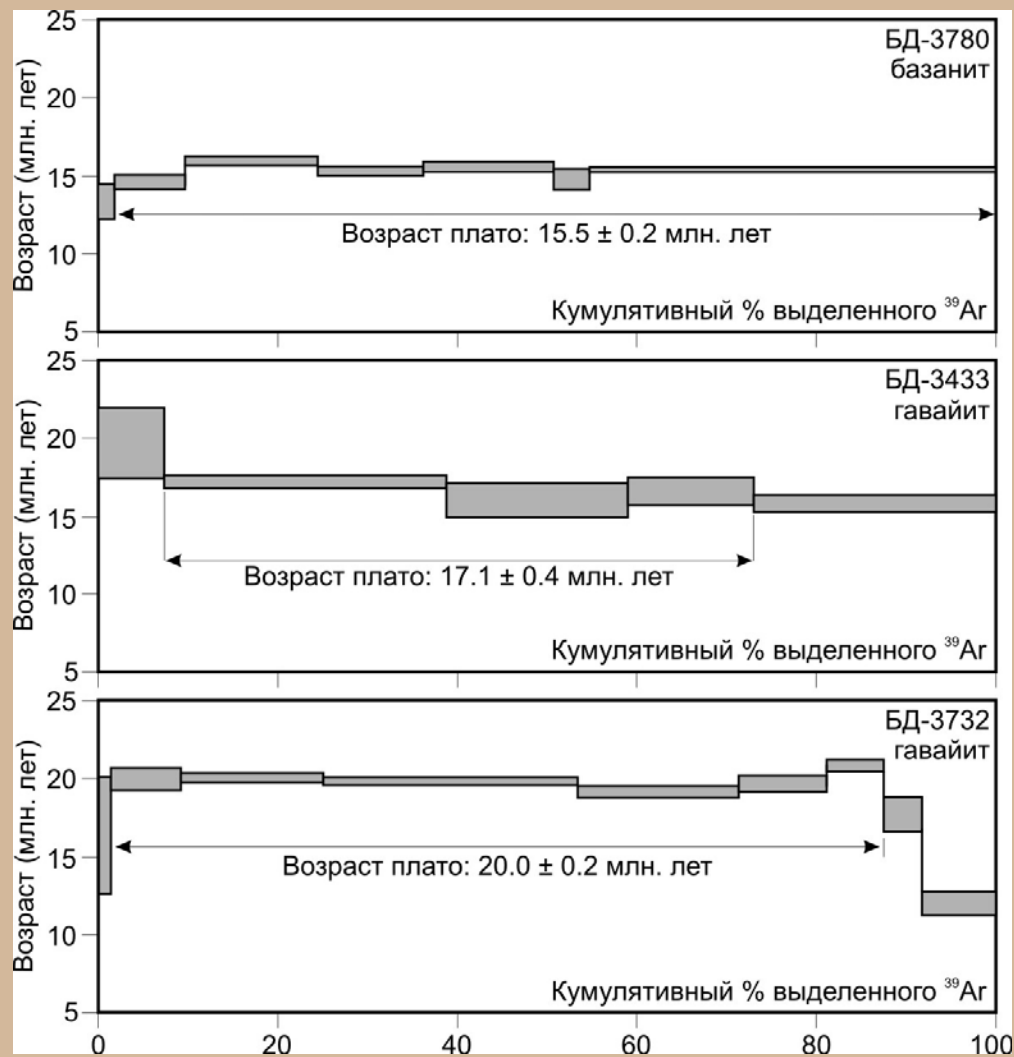




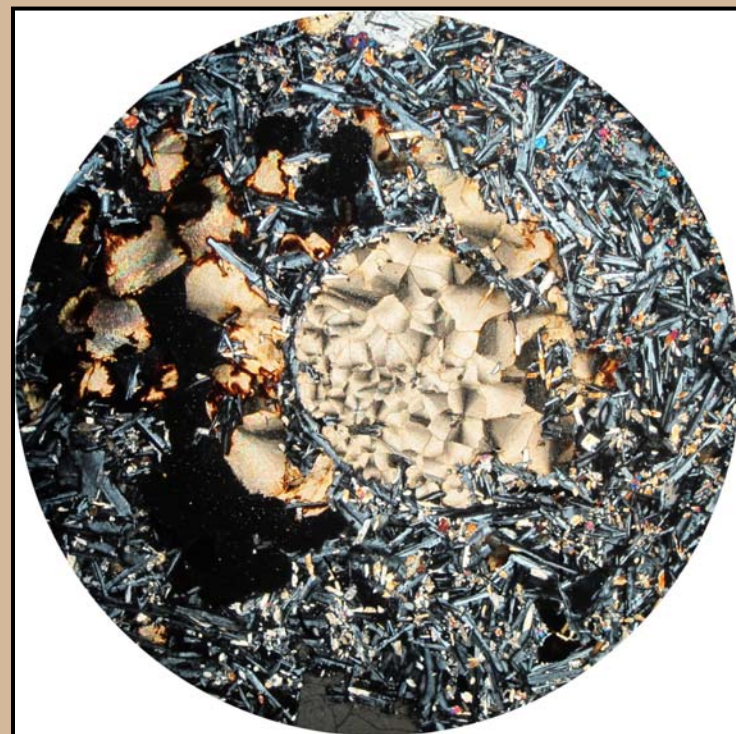
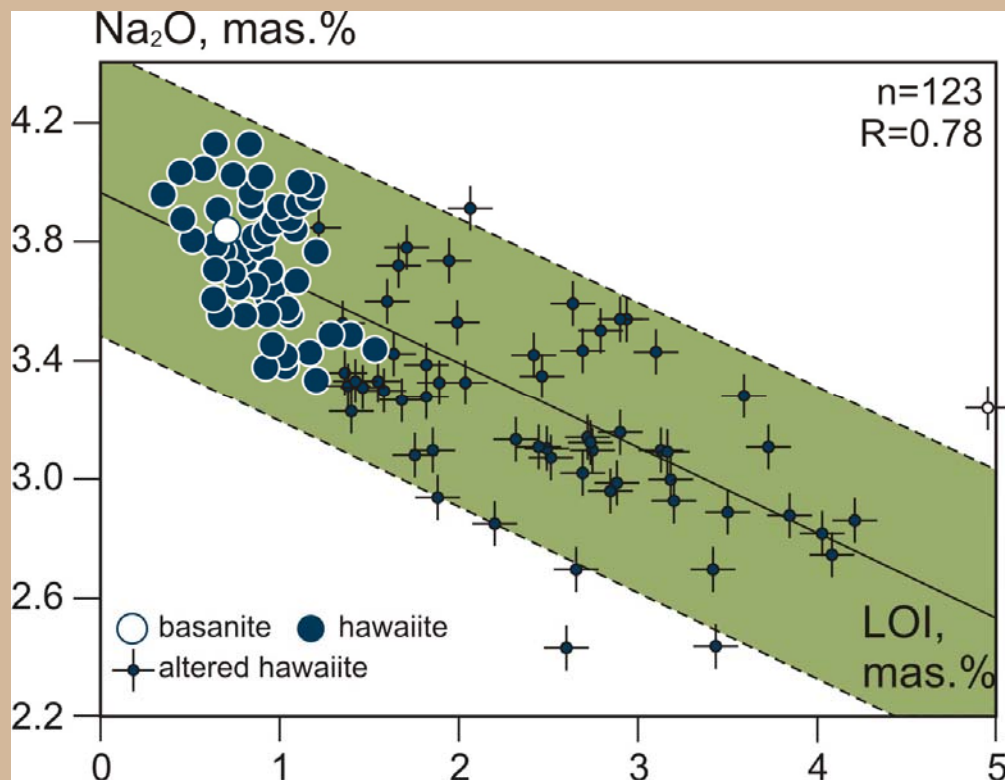
## ***Плато Хэвэн***

Вулканическое плато Хэвэн (2431 м) находится в юго-восточной части Байкальской рифтовой зоны, в области сочленения Хамар-Дабанского и Джидинского террейнов. Плато представляет собой в слабо денудированную вулканогенную толщу общей мощностью до 250 м, в разрезах которой насчитывается суммарно более 30-ти моногенных лавовых покровов. Полученные нами данные показали их ранне-среднемиоценовый возраст в диапазоне 20-15.5 млн. лет. Лавы плато представлены главным образом гавайитами и редко базанитами.



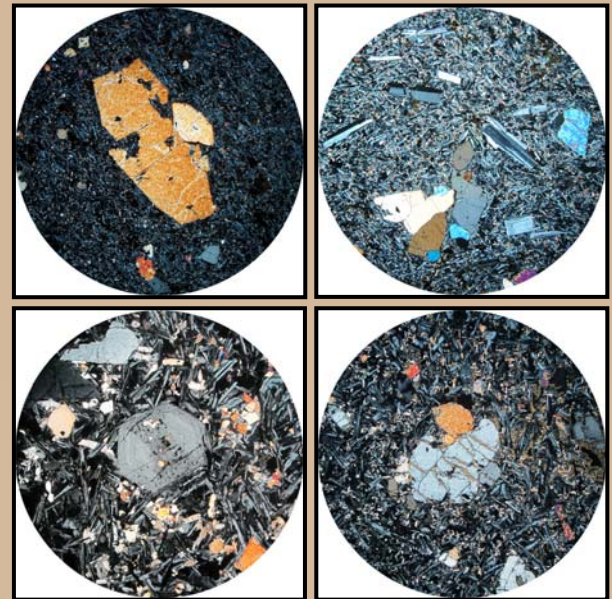
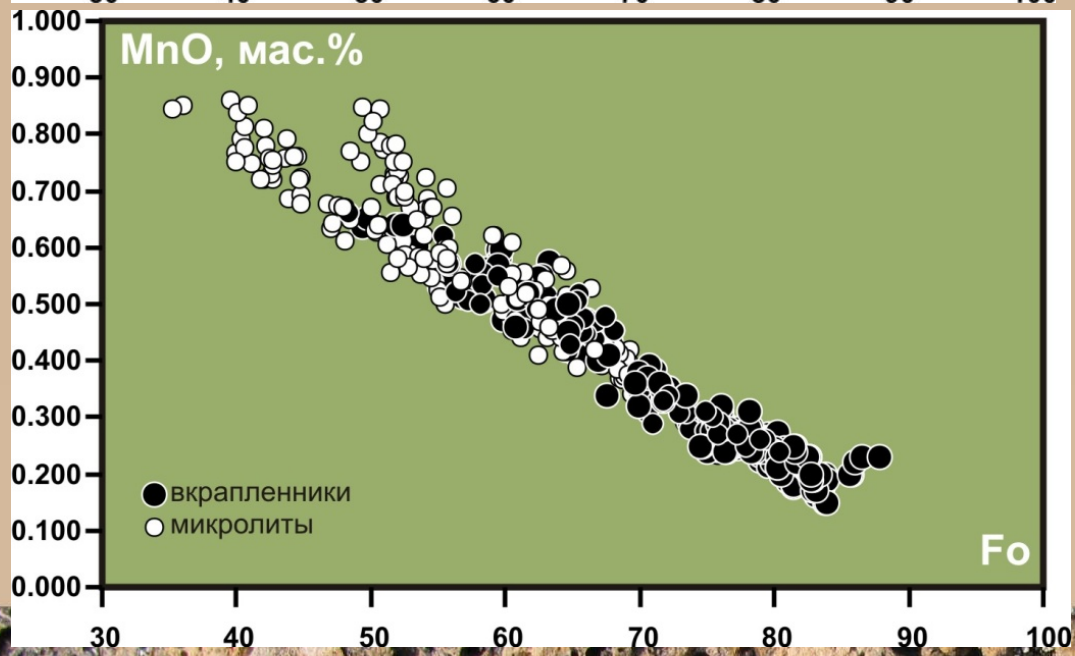
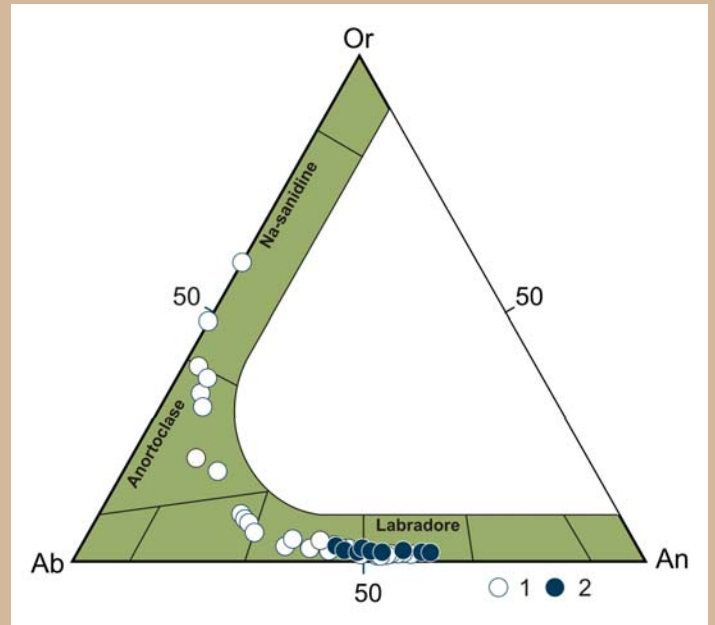
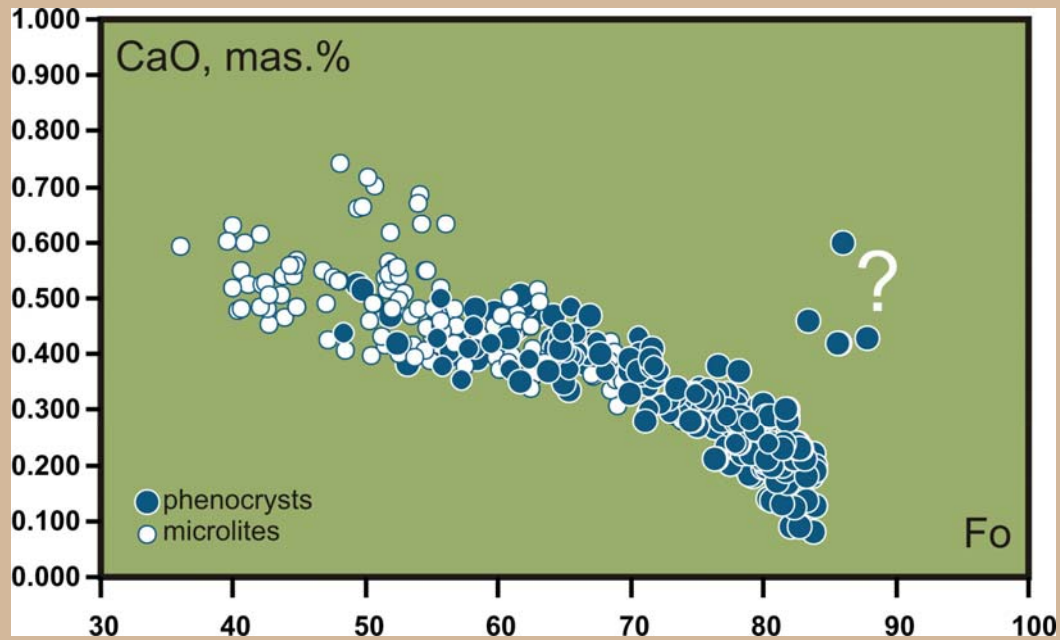


**$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирование лавовых покровов вулканогенной толщи плато Хэвэн показало его ранне-среднемиоценовый возраст: (А.В. Травин, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск).**



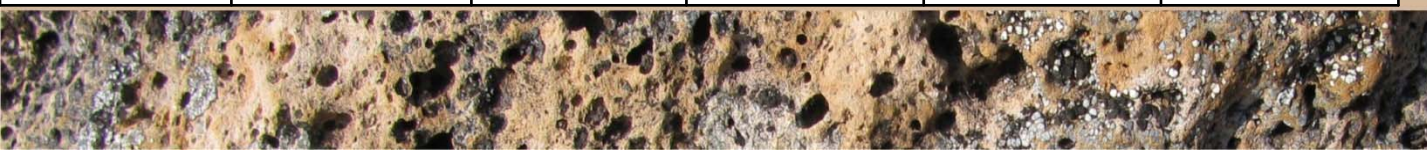
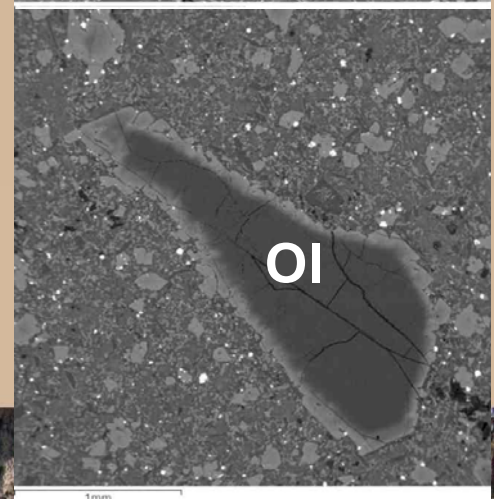
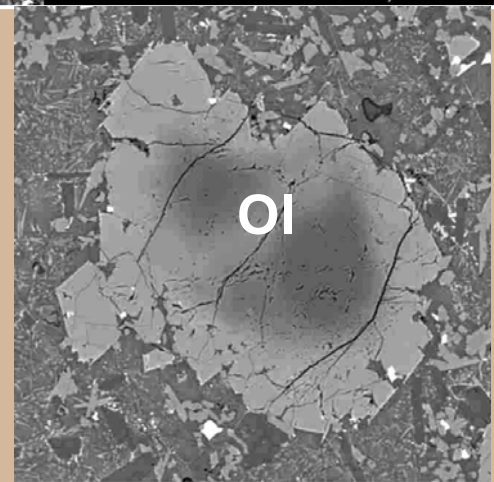
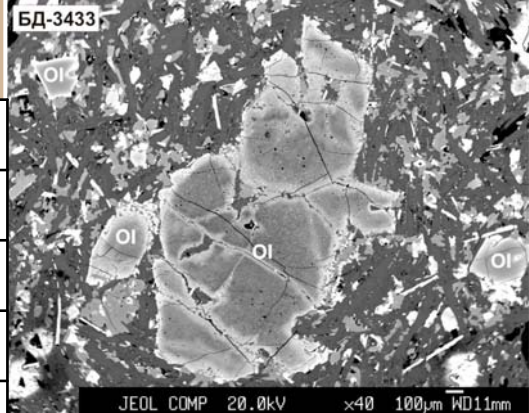
Для всех изученных вулканических объектов также характерно развитие однотипного по химизму вулканизма, представленного лавами гавайитов и реже базанитов. Для более корректного сопоставления составов пород нами исключены из рассмотрения породы, несущие признаки вторичных изменений, установленных по петрографическим наблюдениям. Измененные породы, как видно из рисунка, обладают значительной дисперсией составов и не позволяют установить тонкие геохимические различия между одноименными породами различных вулканических объектов.





# Ксеногенные высоко-магнезиальные оливины

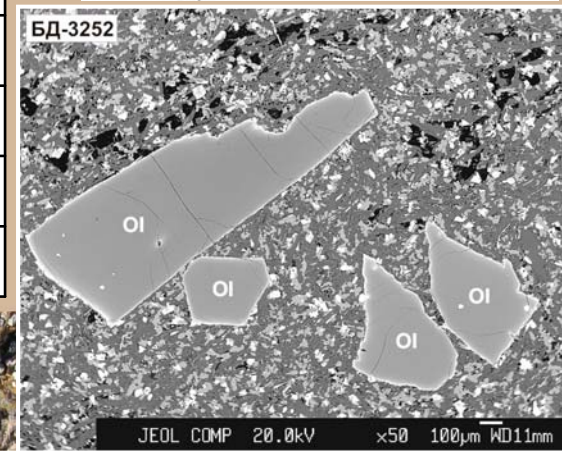
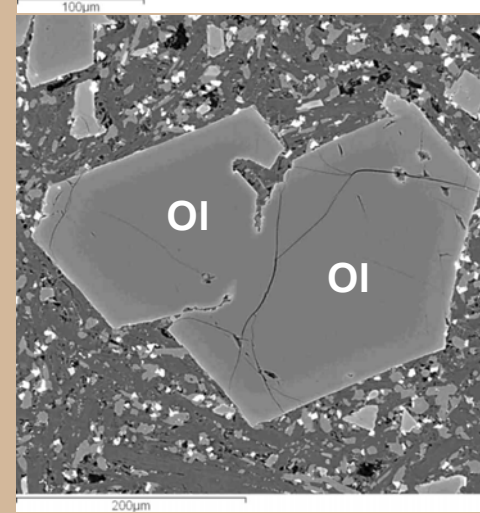
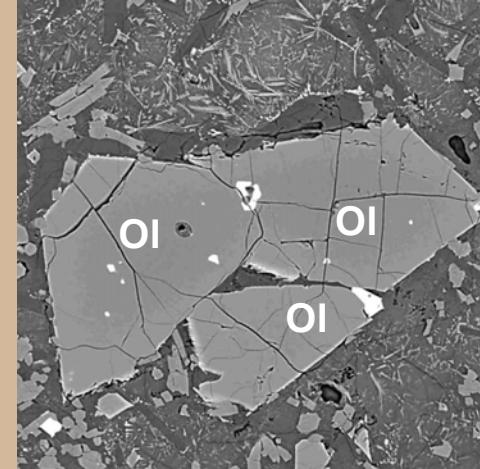
Объект	Хэвэн		Агуйтын-нуру		
	БД-3433	БД-3433	БД-4346	БД-4346	БД-4346
Фаза	Вкр.	Вкр.	Вкр.	Вкр.	Вкр.
SiO <sub>2</sub>	38.99	39.24	40.56	41.14	40.99
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.66	1.82	0.00	0.24	0.00
FeO	10.28	9.84	9.11	10.08	10.47
MnO	0.23	0.23	0.00	0.00	0.00
MgO	46.48	47.07	47.99	49.37	48.22
CaO	0.75	0.43	0.00	0.00	0.00
NiO	0.12	0.14	0.42	0.42	0.56
Сумма	99.51	98.76	98.08	101.25	100.24
Fo	<b>86.52</b>	<b>87.77</b>	<b>90.38</b>	<b>89.52</b>	<b>89.14</b>
Fa	13.23	11.98	9.62	10.48	10.86
Tf	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00





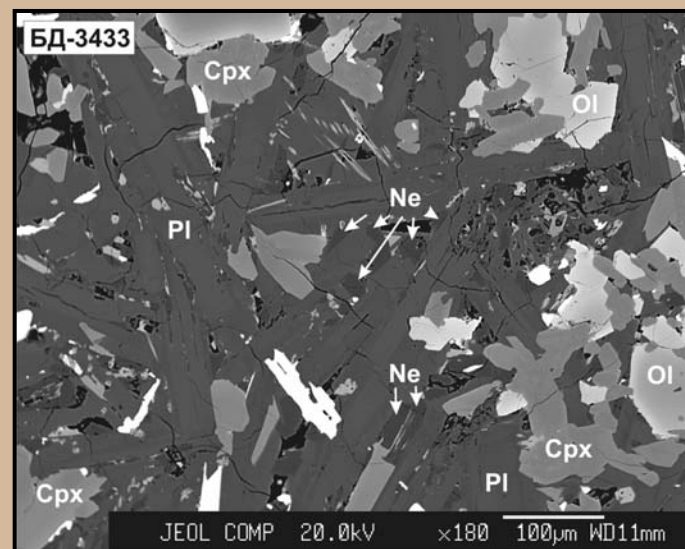
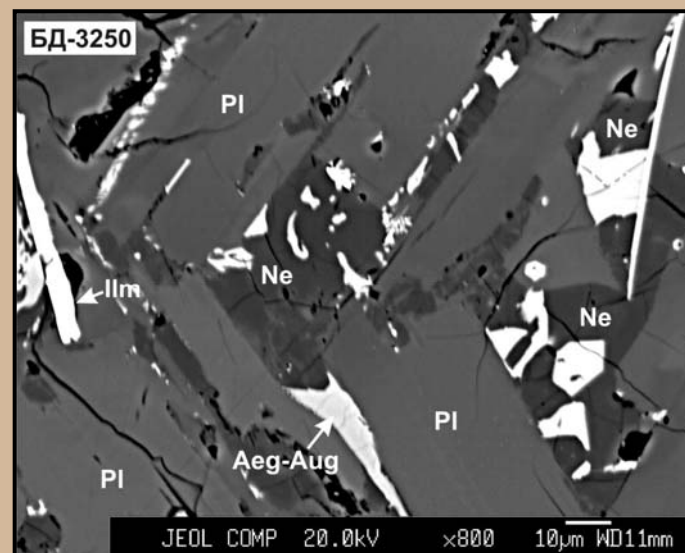
## Представительные составы оливинов

Объект	Агуйтын-нуру		Тумусун		Хэвэн	
	Вкр.	Мкр.	Вкр.	Мкр.	Вкр.	Мкр.
SiO <sub>2</sub>	38.96	33.82	38.10	32.41	39.38	34.03
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.19	0.71	1.15	0.45	0.42
FeO	17.84	46.22	16.45	50.43	14.61	43.80
MnO	0.32	0.84	0.00	1.05	0.15	0.72
MgO	42.12	18.64	42.19	15.06	44.43	20.38
CaO	0.00	0.52	0.00	0.56	0.19	0.56
NiO	0.00	0.00	0.43	0.00	0.19	0.00
Сумма	99.41	100.23	97.88	100.66	99.39	99.91
Fo	<b>80.39</b>	<b>41.29</b>	<b>82.05</b>	<b>34.27</b>	<b>83.93</b>	<b>44.72</b>
Fa	19.26	57.65	17.95	64.37	15.91	54.38
Tf	0.34	1.06	0.00	1.36	0.16	0.90



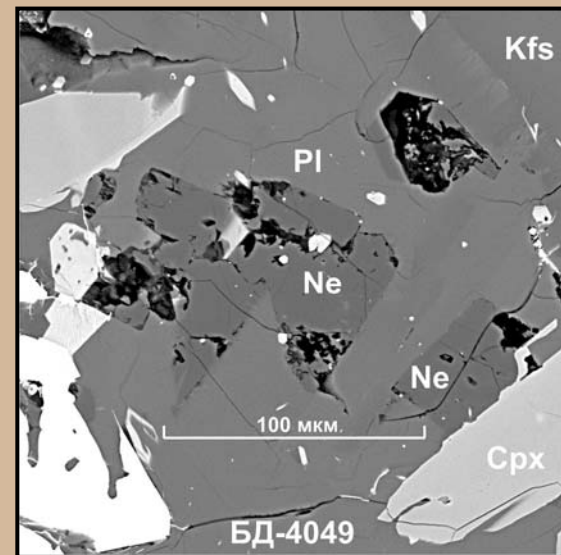
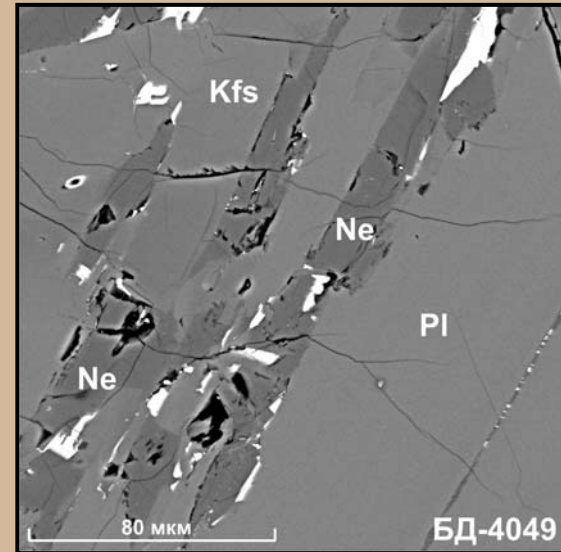
## Представительные составы Ne из базальтов плато Хэвэн (мас.%).

№ обр.	3433	3433	3433
Минерал	Ne	Ne	Ne
SiO <sub>2</sub>	49.28	49.79	49.81
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.13	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.03	28.94	28.53
FeO	0.94	0.70	0.72
MgO	0.12	0.00	0.07
CaO	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	16.21	16.10	15.03
K <sub>2</sub> O	1.89	1.67	1.60
Total	97.47	97.33	95.85
Ne	80.6	80.4	77.9
Ks	6.2	5.5	5.5
Qtz	13.2	14.1	16.6



## Представительные составы Ne из базальтов плато Тумусун (мас.%).

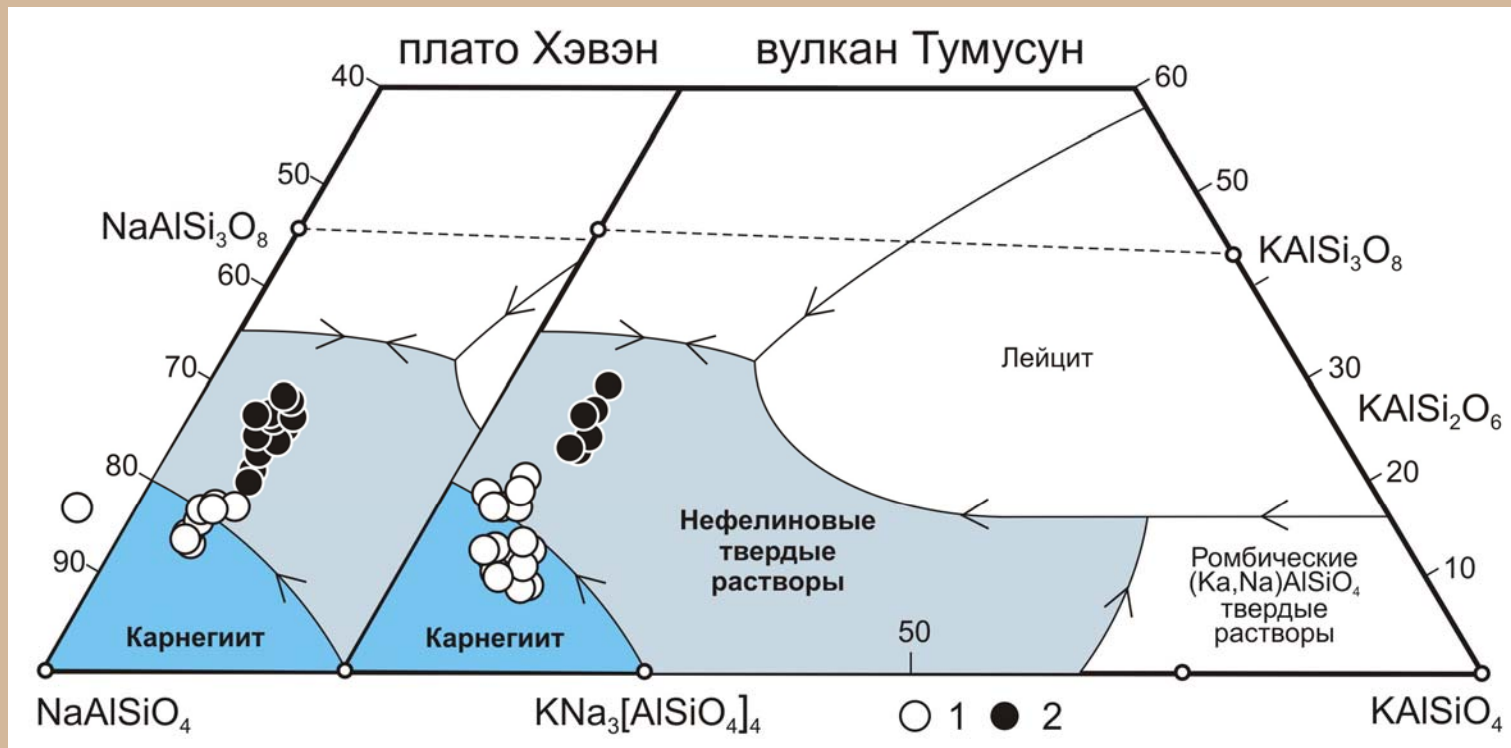
№ обр.	BD-4049	BD-4049	BD-4049
Минерал	Ne	Ne	Ne
SiO <sub>2</sub>	<b>49.38</b>	<b>50.49</b>	<b>50.30</b>
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>30.50</b>	<b>30.14</b>	<b>30.00</b>
FeO	0.62	0.91	0.58
MgO	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	<b>17.21</b>	<b>17.39</b>	<b>16.65</b>
K <sub>2</sub> O	2.87	2.72	2.48
Total	100.58	101.65	100.01
Ne	81.1	81.0	79.9
Ks	8.9	8.3	7.8
Qtz	10.0	10.7	12.3



**Представительные составы Ne из базальтов плато Агуйтын-нуру (мас.%).**

№ обр.	BD-4344	BD-4344	BD-4344
Минерал	Ne	Ne	Ne
SiO <sub>2</sub>	<b>50.57</b>	<b>50.47</b>	<b>51.00</b>
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>28.12</b>	<b>28.95</b>	<b>27.81</b>
FeO	0.59	0.85	0.44
MgO	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.50	0.38
Na <sub>2</sub> O	<b>15.81</b>	<b>16.55</b>	<b>15.21</b>
K <sub>2</sub> O	2.00	2.14	1.95
Total	<b>97.09</b>	<b>99.46</b>	<b>96.79</b>
Ne	<b>78.61</b>	<b>80.87</b>	<b>77.51</b>
Ks	<b>6.54</b>	<b>6.88</b>	<b>6.54</b>
Qtz	<b>14.84</b>	<b>12.25</b>	<b>15.95</b>





**Условные обозначения: 1 – составы нефелинов и 2 – нефелиновых твердых растворов.**

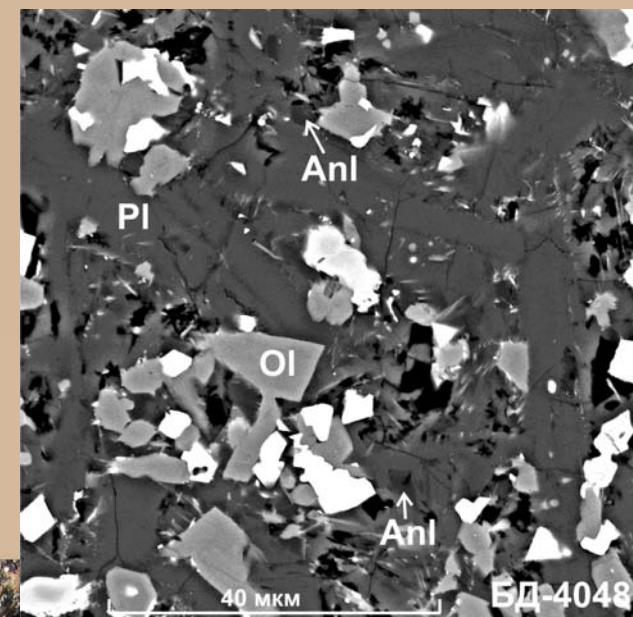
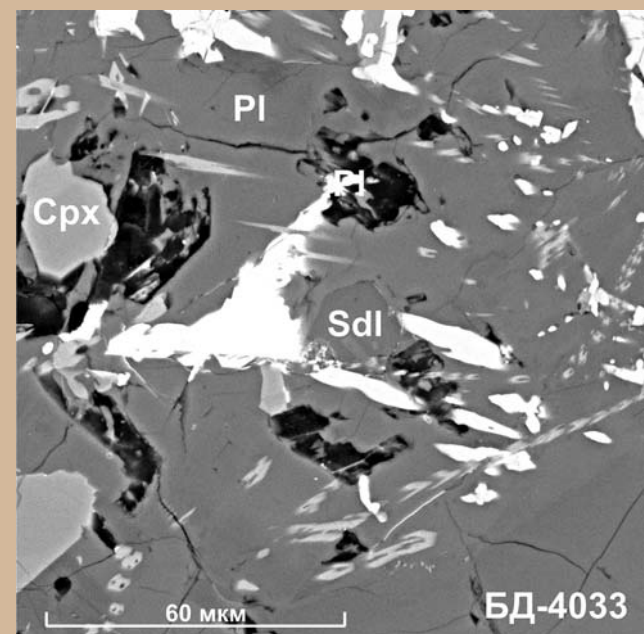
Разрыв тренда между составами нефелиновых твердых растворов и группой составов наиболее приближенных к идеальным составам нефелинов говорит о том, что структурно-упорядоченные нефелины, вероятно, присутствуют в основной массе гавайитов и базанитов БРЗ.

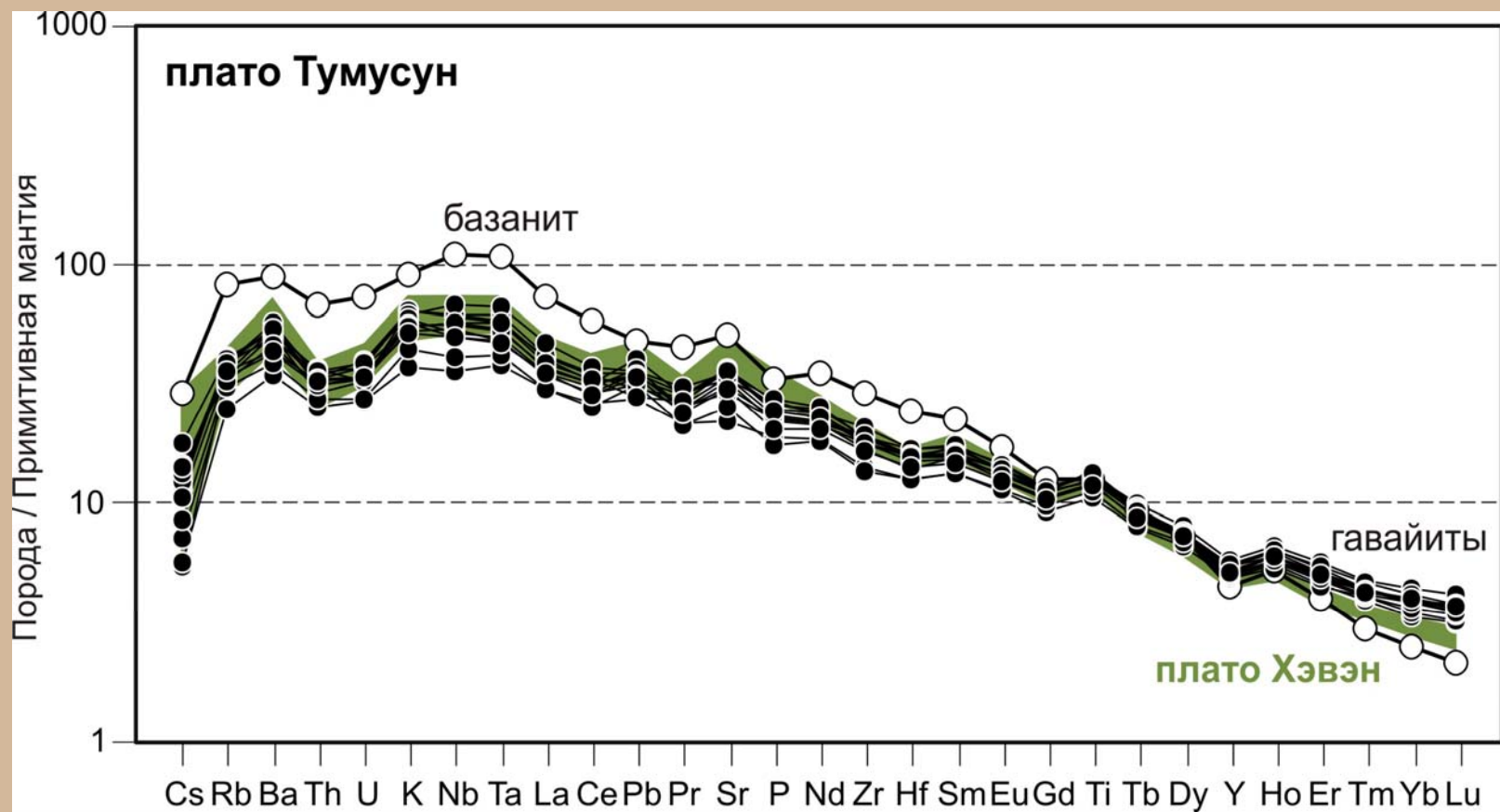


# Представительные составы Sdl и Anl из базальтов вулкана Тумусун (мас.%).

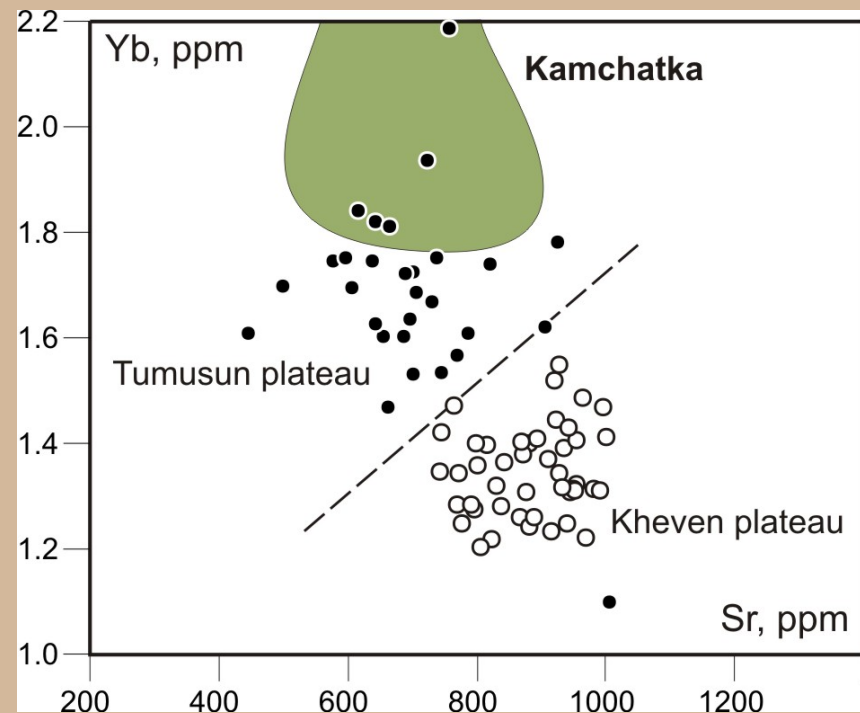
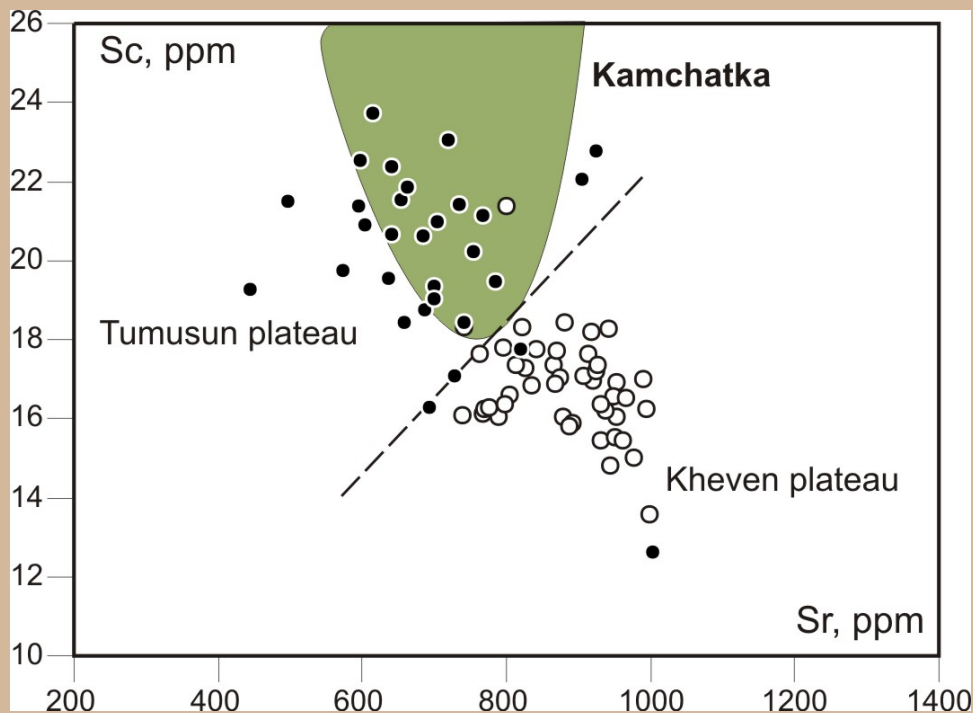
№ обр.	4033		4048
	Sdl		
SiO <sub>2</sub>	39.64	39.54	39.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.48	29.55	26.87
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00
FeO	2.44	2.11	1.56
MnO	0.54	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	23.20	23.95	22.44
K <sub>2</sub> O	0.00	0.27	0.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00
Cl	8.26	8.05	7.65
<b>Total</b>	<b>103.56</b>	<b>103.47</b>	<b>98.11</b>
K	0.000	0.055	0.126
Na	7.158	7.394	7.279
Ca	0.000	0.000	0.000
X <sub>1</sub>	<b>7.158</b>	<b>7.448</b>	<b>7.404</b>
Al	5.529	5.545	5.298
Fe <sup>+2</sup>	0.325	0.281	0.218
Y <sub>1</sub>	<b>5.854</b>	<b>5.826</b>	<b>5.516</b>
Si <sub>6</sub>	6.308	6.296	6.524
O <sub>24</sub>	23.772	23.828	23.831
Cl <sub>2</sub>	2.228	2.172	2.169
<b>ANION</b>	<b>26.000</b>	<b>26.000</b>	<b>26.000</b>

№ обр.	4048			
	Anl			
SiO <sub>2</sub>	55.37	55.20	54.23	53.89
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.89	25.47	25.41	24.39
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.99	1.48	1.03	1.04
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.59	1.62	0.83
Na <sub>2</sub> O	13.18	13.13	12.33	12.20
K <sub>2</sub> O	2.47	2.76	2.65	3.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>97.90</b>	<b>98.63</b>	<b>97.27</b>	<b>96.04</b>
Na	0.892	0.887	0.844	0.849
Ca	0.000	0.022	0.061	0.032
K	0.110	0.123	0.119	0.169
X <sub>1</sub>	<b>1.002</b>	<b>1.032</b>	<b>1.024</b>	<b>1.050</b>
Al	1.065	1.046	1.057	1.032
Fe <sup>+3</sup>	0.026	0.039	0.028	0.028
Y <sub>1</sub>	<b>1.091</b>	<b>1.085</b>	<b>1.085</b>	<b>1.060</b>
Si <sub>2</sub>	1.932	1.923	1.915	1.934
O <sub>24</sub>	6.000	6.000	6.000	6.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ANION</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>



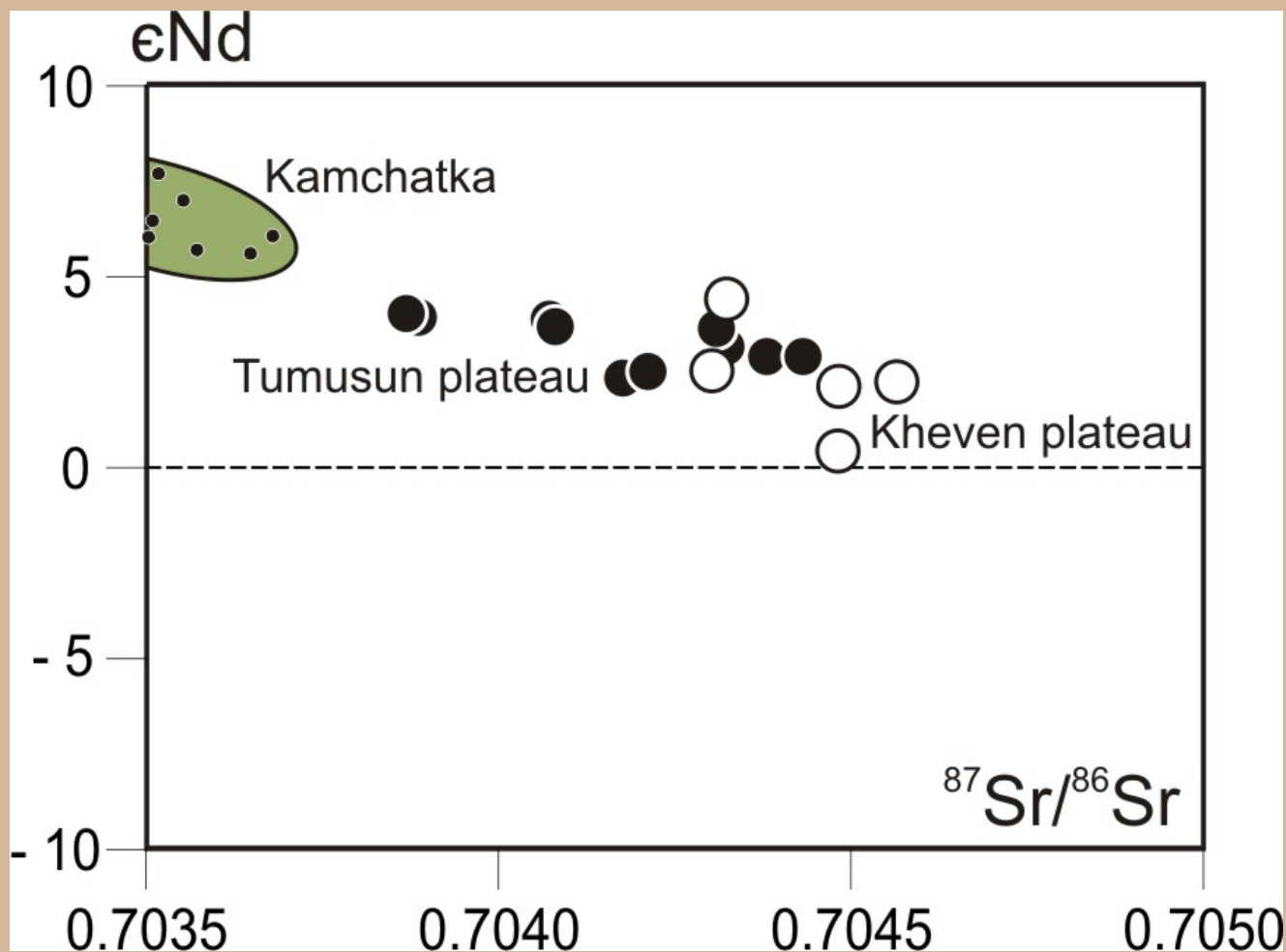


Общий анализ распределения магматофильных элементов для базальтоидов вулканических объектов, расположенных в пределах различных литосферных блоков с одной стороны имеет черты сходства и указывает на их внутриплитный характер, но с другой стороны видны и отчетливые различия. Так базальтоиды плато Хэвэн и Агуйтын-нуру обладают более высокой степенью фракционирования РЗЭ с более низкими концентрациями тяжелых элементов спектра.



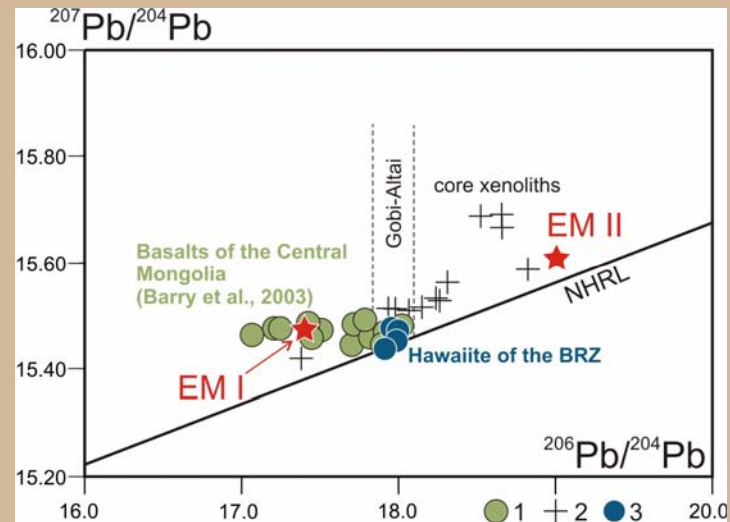
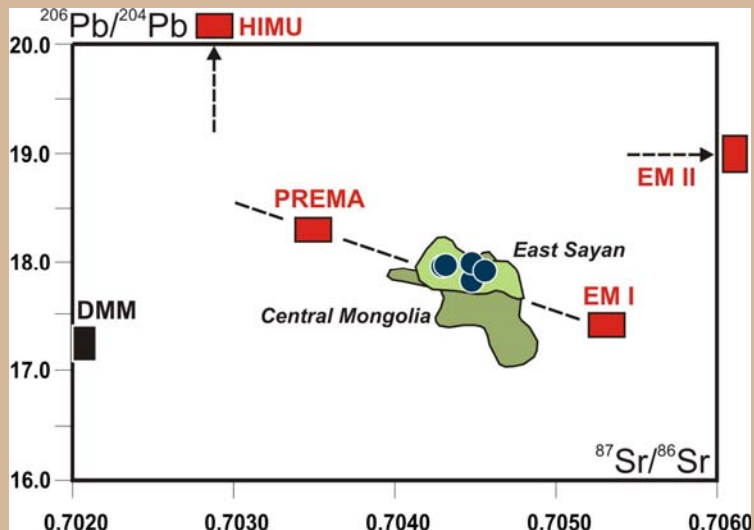
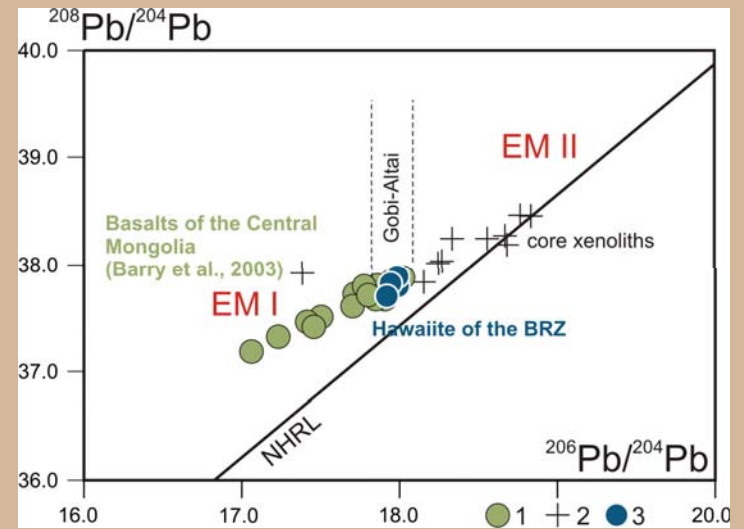
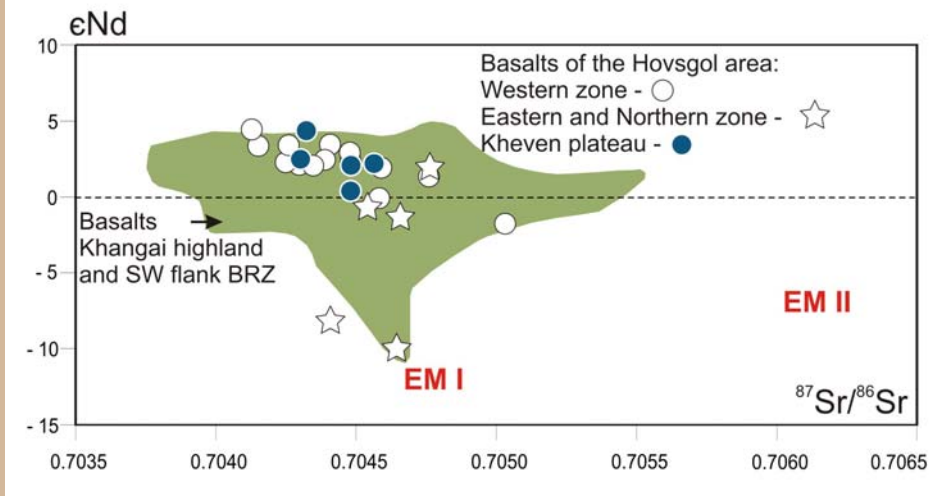
**Базальтоиды плато Хэвэн и Агуйтын-Нуру обладают более высокими содержаниями LREE, Pb, Sr, U и, напротив, относительно пониженными концентрациями HREE, Y и Sc в сравнении с породами плато Тумусун. Для гавайитов плато Тумусун величины индикаторных редкоземельных отношений составляют  $La/Yb=10-22$ ,  $Gd/Yb=3.0-4.3$ ,  $Th/U=3.1-4.7$ ,  $Sr/Y=26-40$ , а для одноименных пород плато Хэвэн и Агуйтын-Нуру -  $La/Yb=15-27$ ,  $Gd/Yb=4.0-5.2$ ,  $Th/U=2.8-3.5$ ,  $Sr/Y=35-49$ . Базаниты исследуемых плато отличаются от гавайитов более высокими концентрациями многих литофильных (Be, Rb, Th, U, LREE) и высокозарядных элементов (Ti, Nb, Ta, Zr, Hf).**





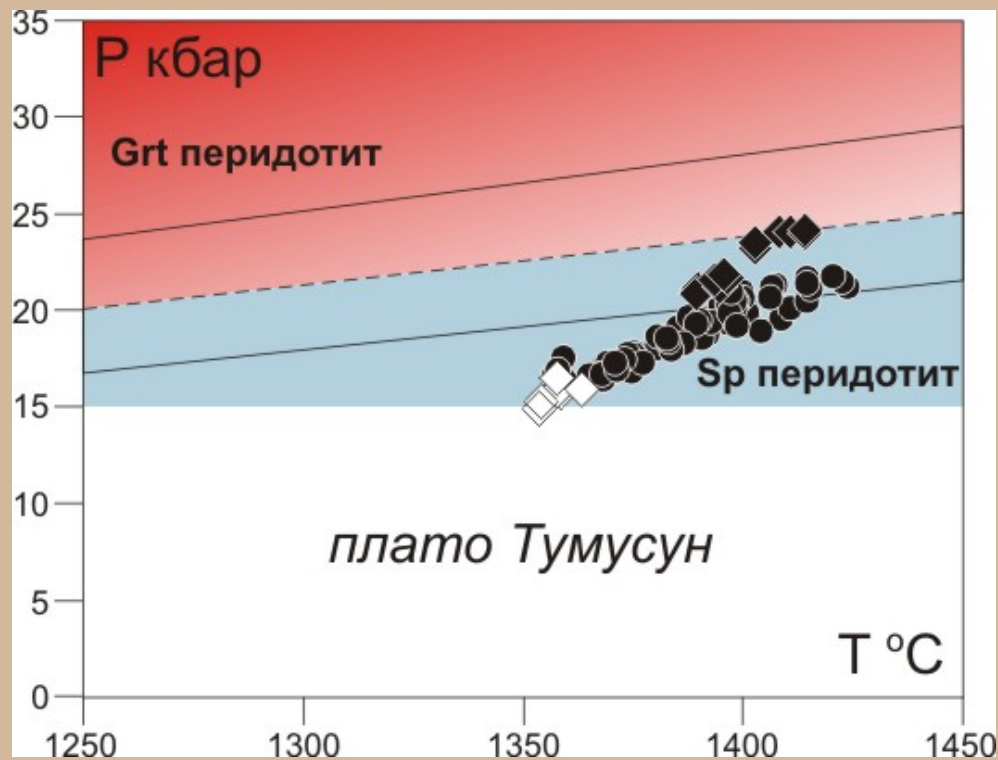
Изотопные характеристики базальтоидов плато Хэвэн  $^{87}Sr/^{86}Sr$  0.704312 - 0.704601,  $^{143}Nd/^{144}Nd$  0.512867 - 0.512651,  $^{206}Pb/^{204}Pb$  17.784 - 17.985,  $^{207}Pb/^{204}Pb$  15.435 - 15.469,  $^{208}Pb/^{204}Pb$  37.607 - 37.867 и плато Тумусун  $^{87}Sr/^{86}Sr$  0.703870 - 0.704433,  $^{143}Nd/^{144}Nd$  0.512846 - 0.512761 указывают на несколько менее радиогенный состав Sr для пород последнего. Это хорошо видно на следующем слайде.





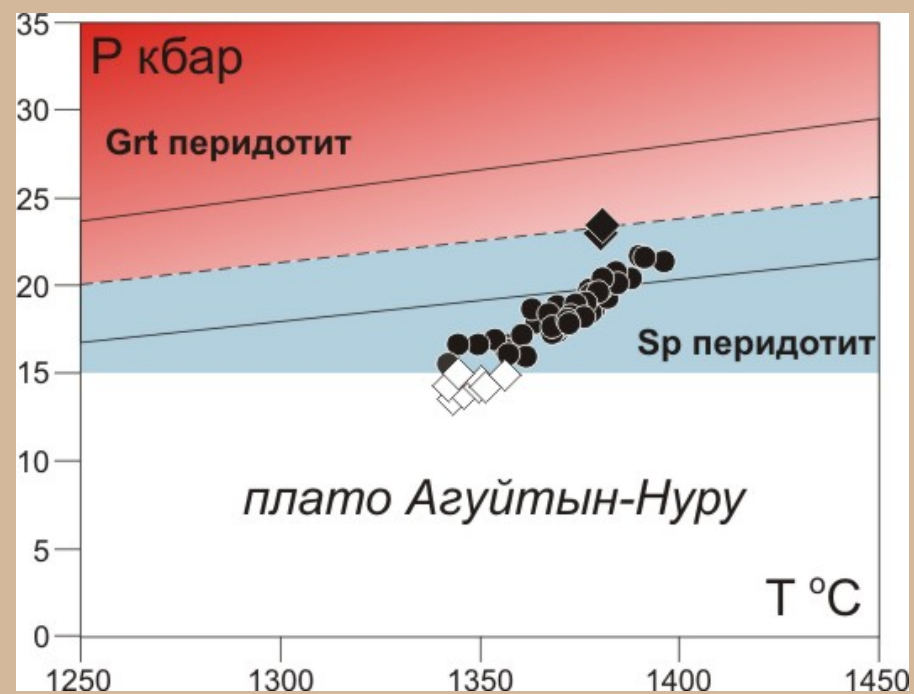
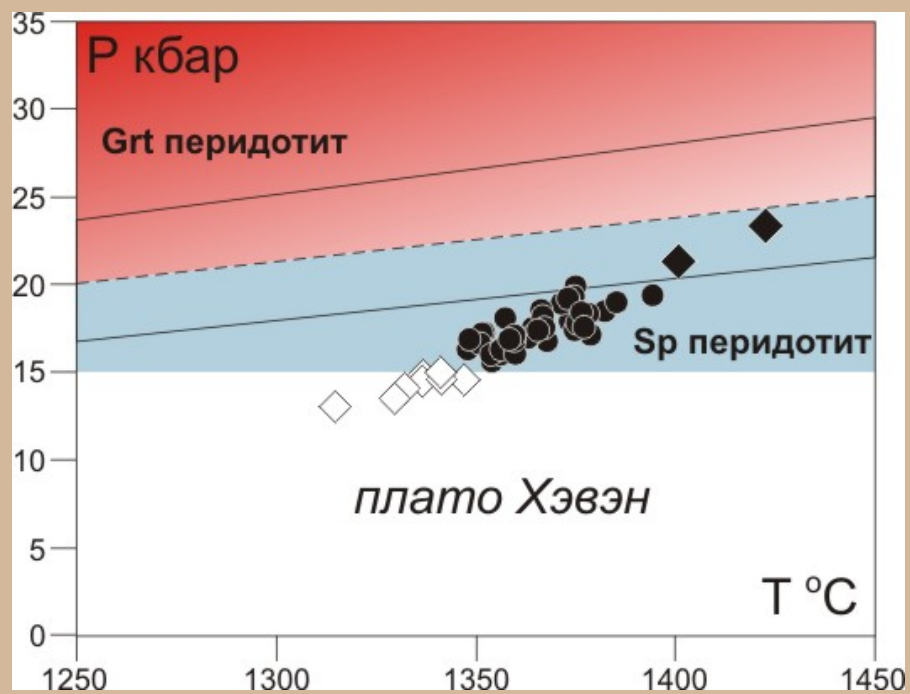
На рисунках представлены изотопные характеристики пород изученных плато. Хорошо видно, что источниками магм были резервуары PREMA (Prevalent Mantle) и EM1. В этом отношении гавайиты плато Хэвэн близки гавайитам других районов Центральной Азии: Центральной Монголии, Восточного Саяна и Гоби-Алтая.

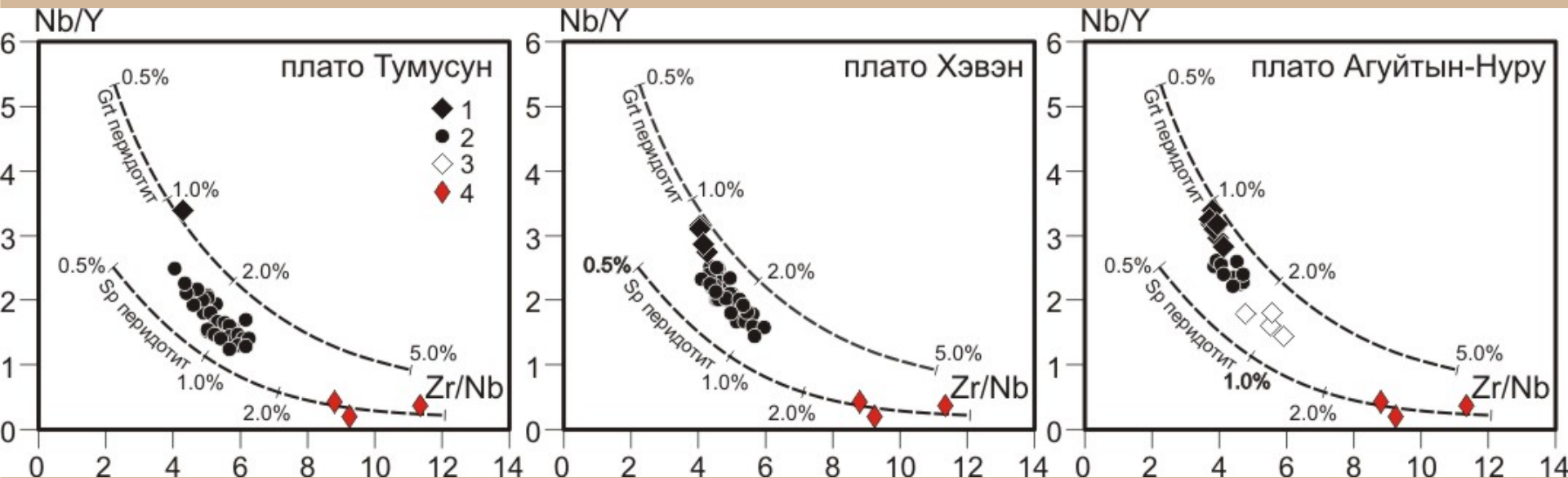




С использованием эмпирических геотермометров и геобарометров и на основе реальных составов пород рассчитаны температуры и давления равновесия ОI-расплав для базанитов, гавайитов и муджиеритов изученных плато. Установлено, что базанитовые магмы плато формировались при более высоких давлениях в сравнении с гавайитовыми расплавами при  $T = 1380-1420$  оС,  $P = 21-24$  кбар. Глубины их формирования близки к границе Grt-Sp фазового перехода в мантии и составляют 65-70 км. **Гавайитовые расплавы формировались в Sp фации глубинности в интервале 45-65 км и в среднем 55 км (142 образца).**







Редкоэлементные построения Nb-Y-Zr по [Harangi, 2001] подтверждают проведенные РТ расчеты и демонстрируют, что точки составов пород изученных вулканических плато лежат между модельными кривыми плавления Grt-содержащего и Sp-содержащего перидотитов. При этом базанитовые магмы могут удовлетворять условиям 1% плавления Grt-содержащего источника.



## Выводы

1. Породы изученных вулканических плато южного фланга БРЗ по составу и минеральным парагенезисам близки друг к другу, но отличаются особенностями распределения редких элементов. Гавайиты плато Тумусун имеют более низкие содержаниями Sr, высокие Sc и более слабое фракционирование РЗЭ, чем гавайиты плато Хэвэн и Агуйтын-нуру.

2. Обнаружение в породах плато Тумусун содалитов и сближение составов пород с гавайитами надсубдукционных обстановок (Камчатка) могут указывать на более метасоматизированный состав магмообразующего субстрата под этим плато.

3. Изотопные характеристики пород изученных плато говорят о происхождении магм при участии источника EM1.

3. Гавайитовые расплавы плато формировались в шпинелевой фации глубинности в интервале 45-65 км и в среднем 55 км. Базанитовые магмы изученных плато формировались при более высоких давлениях в сранении с гавайитовыми расплавами в условиях  $T = 1380-1420$  оС,  $P = 21-24$  кбар. Глубины их формирования близки к границе Grt-Sp фазового перехода в мантии и составляют 65-70 км и объясняются заглублением очагов магмообразования и уменьшением степени плавления мантийного субстрата на стадии завершения вулканической развития.

5. Установленное сходство в образовании магм изученных плато свидетельствует о реализации единого процесса магмообразования при участии астеносферного плюма, различия в составах пород может быть объяснено различиями в составе мантийного субстрата в литосферных блоках.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

