

El'gygytgyn
Drilling Project



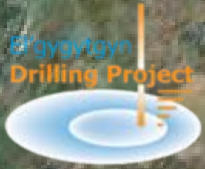
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДКОВ ОЗЕРА ЭЛЬГЫГЫТГЫН (ЧУКОТКА) – ИНДИКАТОРЫ ИСТОЧНИКОВ СНОСА И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ

¹Минюк П.С., ¹Борходоев В.Я., ¹Горячев Н.А., ²Венрих Ф.

¹Северо-Восточный КНИИ ДВО РАН, Магадан

²Институт геологии и минералогии, Кельнский ун-т, Кельн





• Певек



• Билибино

• Марково

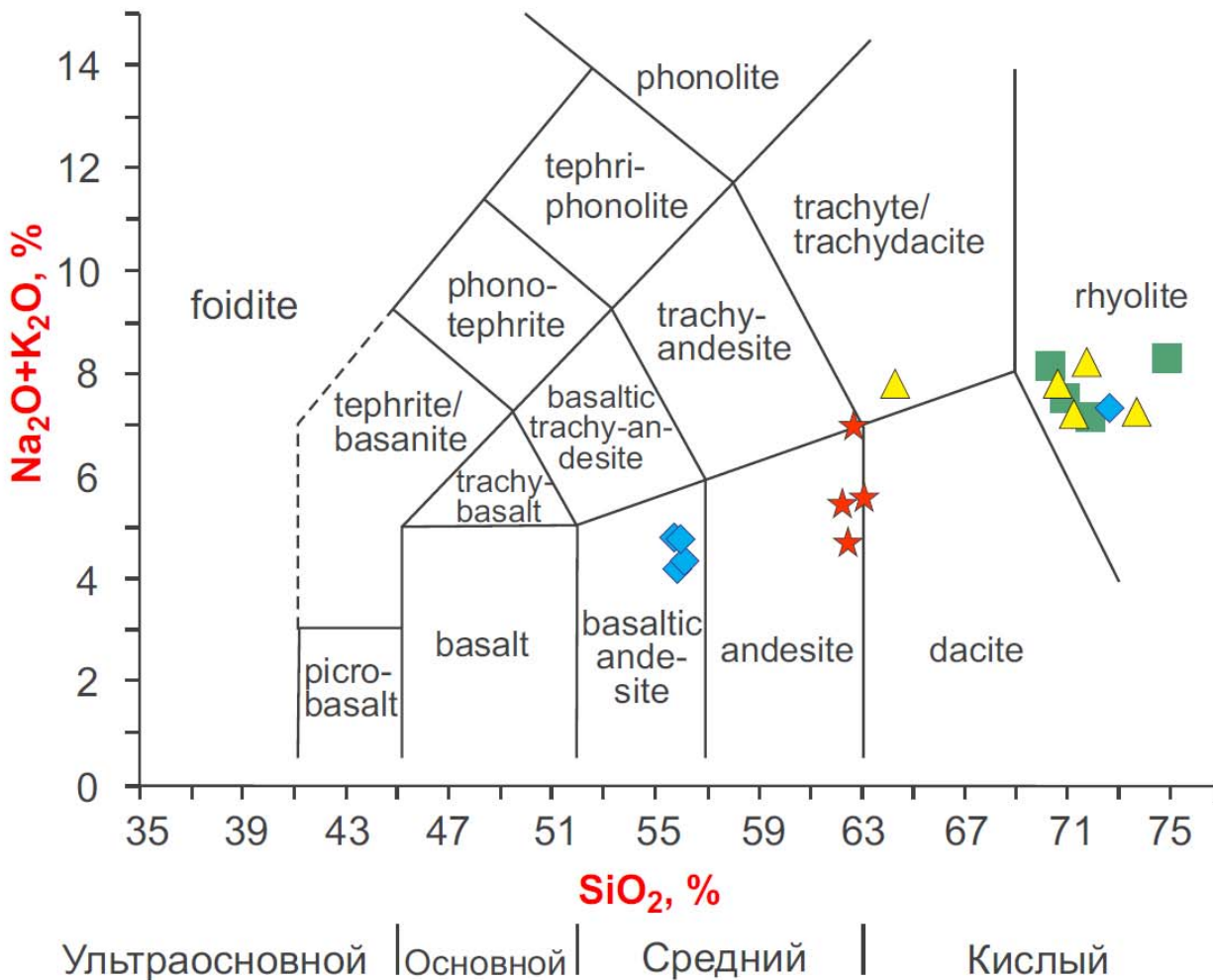
• Анадырь

Схематическая геологическая карта района озера. Меловые породы



Диаграмма (Na₂O+K₂O) – SiO₂ (Le Maitre et al., 2002) для вулканических пород района оз. Эльгыгытгын.

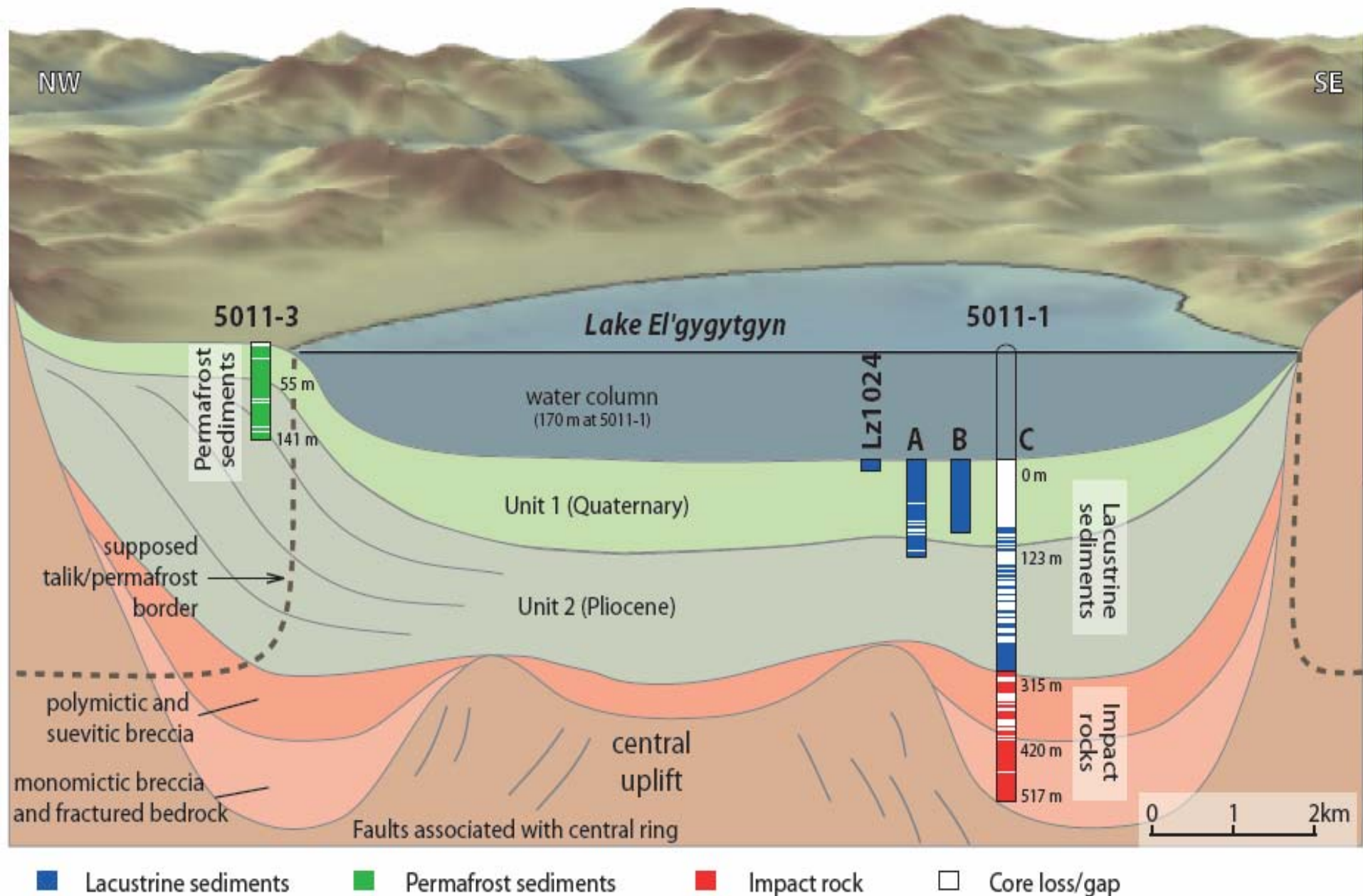
Геохимические данные по (Белый, Белая, 1998)



- Козьвуньская св ◆
- Воронинская св ★
- Пыкарваамская св ■
- Эргываамская св ▲

Доминирующие породы эргываамской и пыкарваамской свит попадают в риолитовую зону. Они главный источник обломочного материала, поступающего в озеро

Глубокие скважины бурения озера. Мощность осадков 315 м



Метод и оборудование

- Сплошной отбор образцов 2 см мощности
- Породообразующие элементы определены методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометрах CPM-25 и S4 Pioneer
- Редкие элементы определены на спектрометрах VRA-30 и S4 Pioneer
 - Для оценки относительного содержания органики использованы потери при прокаливании. Образцы в течение часа прогревались при температурах 550°C и 1000°C

Определены содержания SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Rb, Zr, Sr, Y, Nb, Ba, Ni, Cr

**При интерпретации геохимических кривых,
сопоставлении с изотопными кривыми,
выделении стадий учитывались:**

- Радиоуглеродные и оптиколлюминесцентные даты;
- Магнитохронология (событие Блейк, Брюнес-Матуяма);
 - Палинологические и диатомовые данные;
 - Органическая геохимия, биогенный опал;
 - Литологические признаки;
 - Скорости осадконакопления;
 - Магнитные свойства

Коэффициенты корреляции (с) между главными и редкими элементами осадков оз. Эльгыгытгын

Исследовано 1215 образцов.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Zr	Sr	Ba	Ni	Cr
SiO ₂	1.00															
Al ₂ O ₃	-0.89	1.00														
TiO ₂	-0.74	0.62	1.00													
Fe ₂ O ₃	-0.82	0.49	0.69	1.00												
MnO	-0.26	0.01	0.22	0.51	1.00											
MgO	-0.81	0.77	0.83	0.65	0.08	1.00										
CaO	0.12	-0.04	-0.34	-0.38	-0.29	-0.29	1.00									
Na ₂ O	-0.04	0.02	0.10	-0.17	-0.12	-0.14	0.55	1.00								
K ₂ O	-0.47	0.64	-0.06	0.01	-0.31	0.22	0.49	0.31	1.00							
P ₂ O ₅	-0.21	-0.16	0.03	0.56	0.52	-0.01	-0.25	-0.22	-0.29	1.00						
Rb	-0.66	0.82	0.19	0.22	-0.19	0.47	0.18	0.02	0.89	-0.22	1.00					
Zr	-0.63	0.55	0.82	0.48	0.13	0.55	0.01	0.53	0.22	-0.09	0.25	1.00				
Sr	0.19	-0.07	-0.38	-0.49	-0.34	-0.42	0.83	0.71	0.56	-0.31	0.23	0.08	1.00			
Ba	-0.47	0.55	0.13	0.07	-0.20	0.21	0.56	0.49	0.86	-0.22	0.69	0.38	.62	1.00		
Ni	-0.12	0.07	0.21	0.14	0.09	0.12	-0.02	0.06	-0.04	0.01	-0.04	0.22	0.05	0.01	1.00	
Cr	-0.38	0.25	0.60	0.47	0.21	0.50	-0.32	-0.09	-0.20	0.12	-0.04	0.42	0.41	-0.11	0.78	1.00

Выделяется несколько групп элементов с высокими коэффициентами корреляции

SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃ - MgO

TiO₂ - Zr

Rb - K₂O - Al₂O₃

CaO-Sr

Ba-K₂O

Cr-Ni

Используемые индексы и отношения

Chemical index of alteration

$$\text{CIA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

Plagioclase Index of Alteration

$$\text{PIA} = [(\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

Chemical index of weathering

$$\text{CIW} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})] \times 100$$

Chemical Proxy of Alteration

$$\text{CPA} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}) \times 100$$

Index B

$$(\text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$$

Silica-Titania Index

$$\text{STI} = [(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2) / ((\text{SiO}_2/\text{TiO}_2) + (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) + (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2))] \times 100$$

Гидролизный модуль

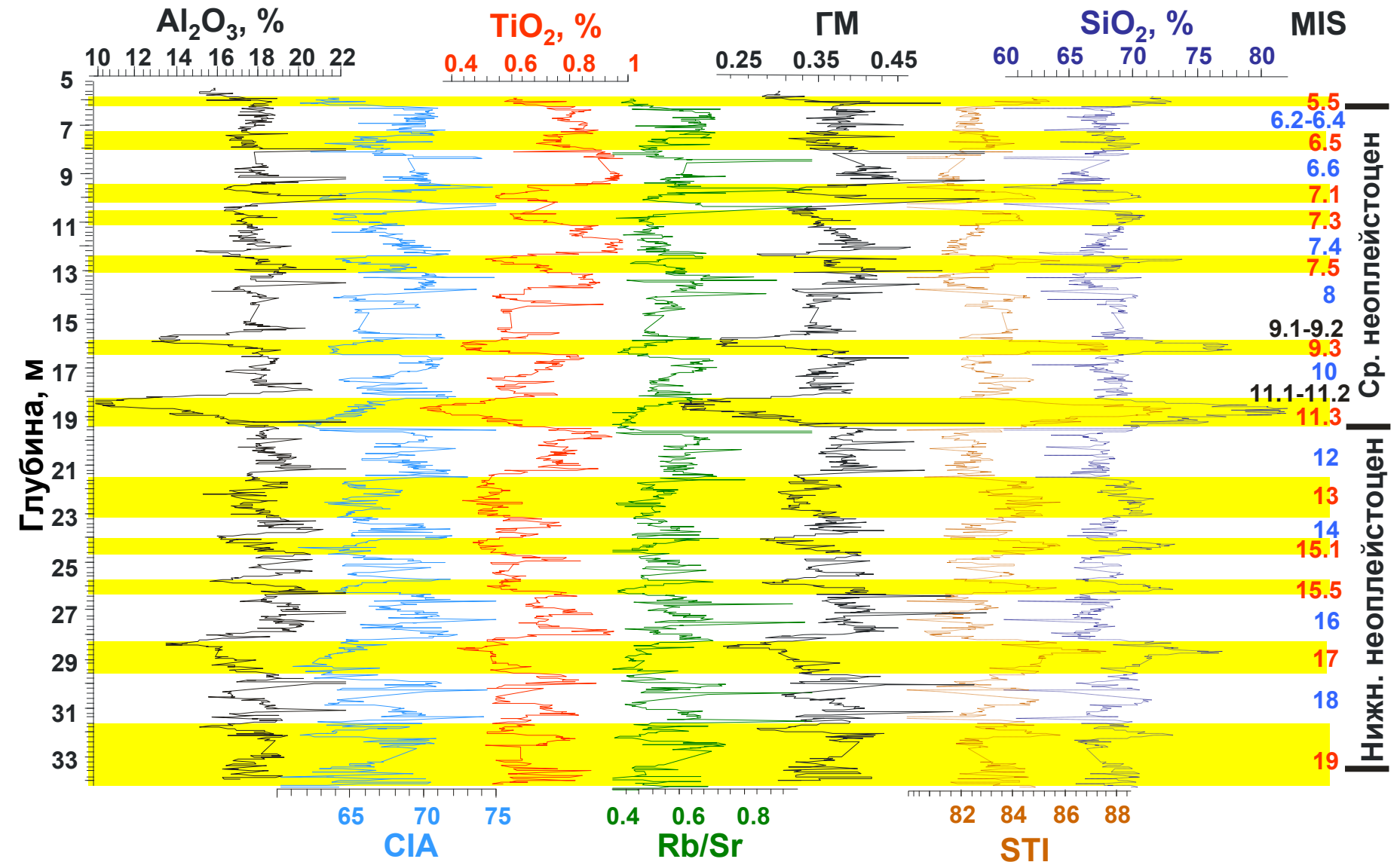
$$\text{ГМ} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}) / \text{SiO}_2$$

Отношения Rb/Sr, Ba/Sr, SiO₂/Al₂O₃, Потеря при прокаливании (LOI),
Магнитная восприимчивость, намагниченность

Распределение отдельных элементов и индексов по разрезу

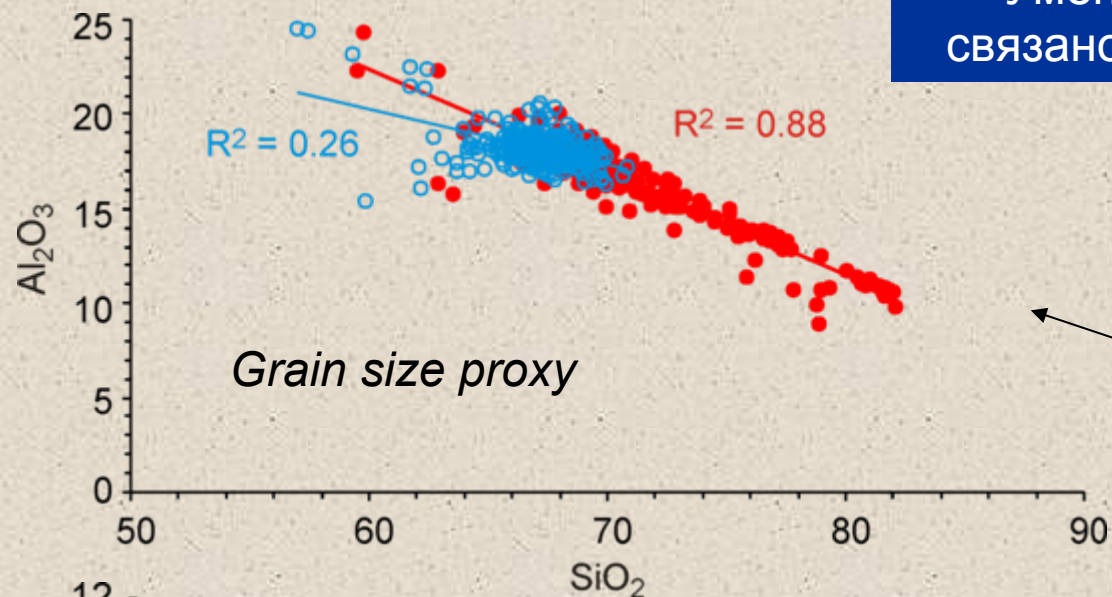
Желтые полосы – осадки теплых стадий, нумерация стадий (MIS) по Bassinot et al., 1994

Теплые стадии: \gg SiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O , Sr .
 Холодные стадии: \gg Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Ni , Cr , индексов изменения

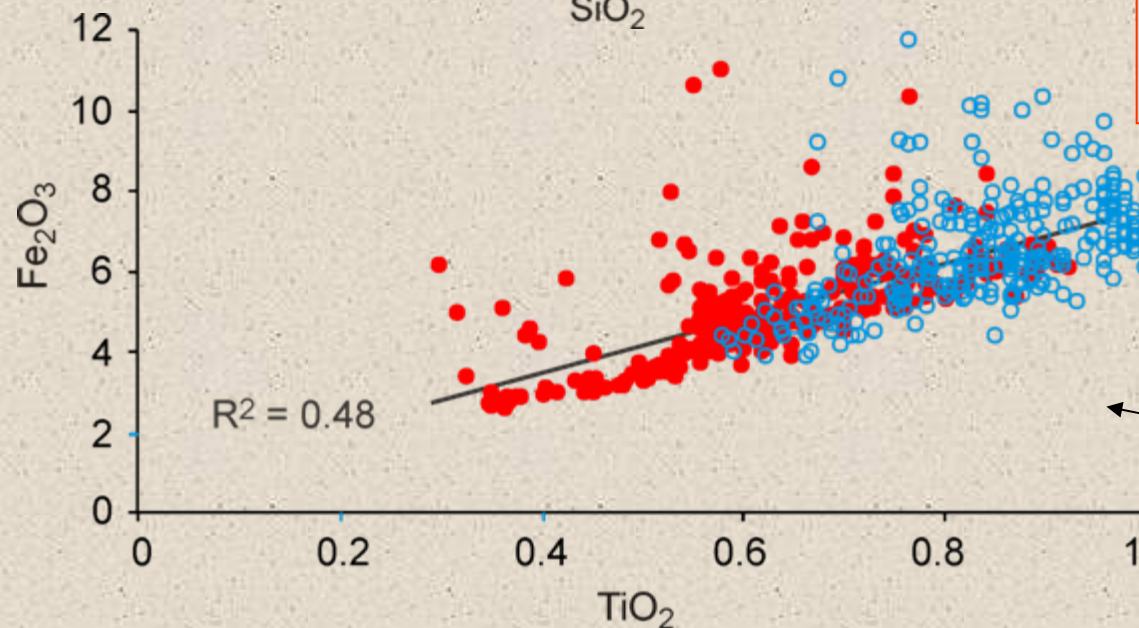


Al_2O_3 - SiO_2 и Fe_2O_3 - TiO_2 диаграммы для осадков Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии

Уменьшение отношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ связано с уменьшением размера зерен

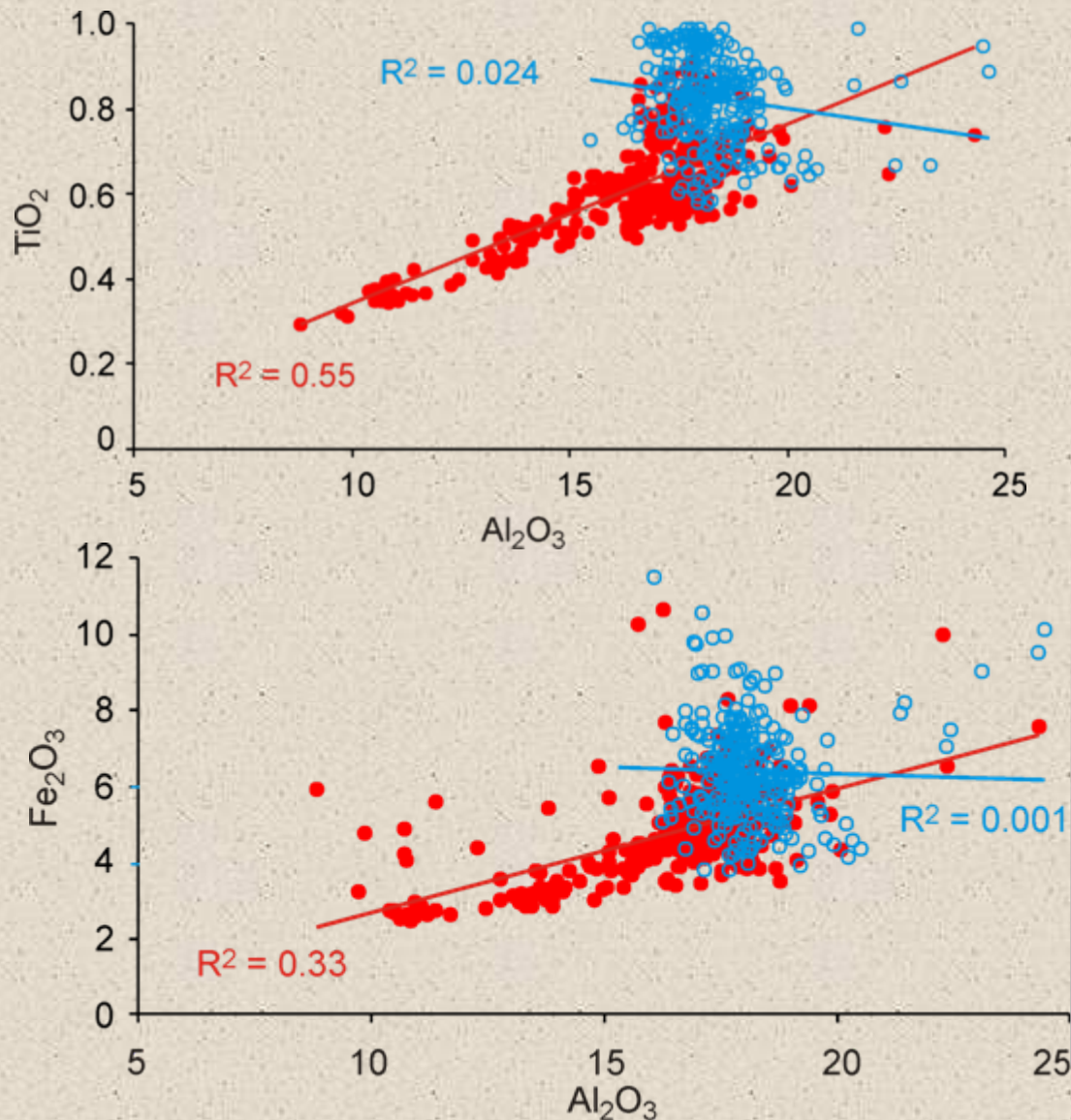


- Постоянное отношение для осадков теплых стадий
- Разброс отношения для осадков холодных стадий
- Потеря Al_2O_3 для осадков холодных стадий
- Осадки холодных стадий более измененные
- Уменьшение размерности осадков холодных стадий



Положительная корреляция между Fe_2O_3 и TiO_2

TiO₂ и Fe₂O₃ - Al₂O₃ диаграммы для осадков. Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии



Ti/Al отношение постоянно в современных профилях выветривания. При сильном выветривании Ti/Al отношение увеличивается из-за потери Al-содержащих фаз

• Большой разброс для осадков **ХОЛОДНЫХ** стадий



• Потеря Al₂O₃

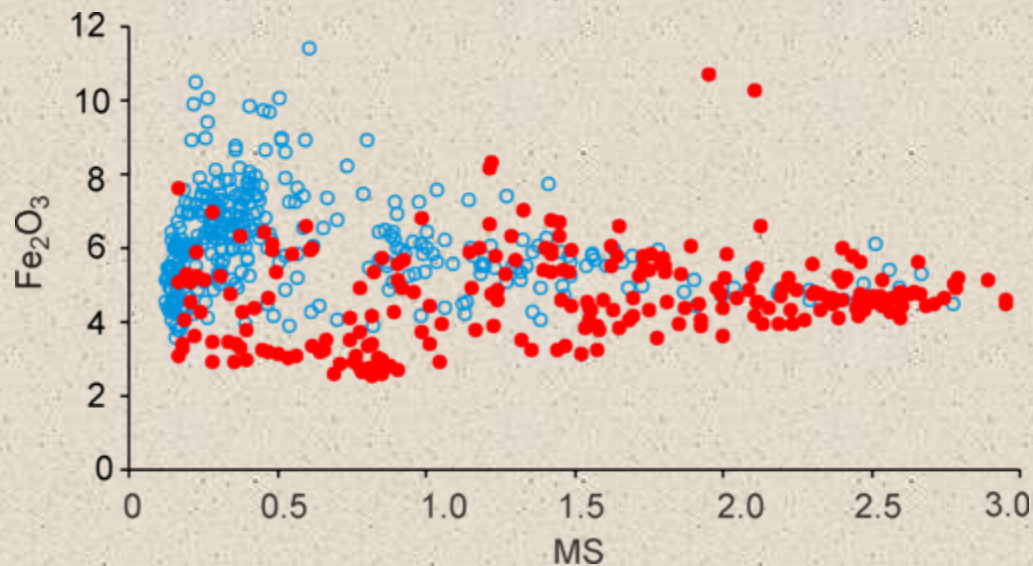
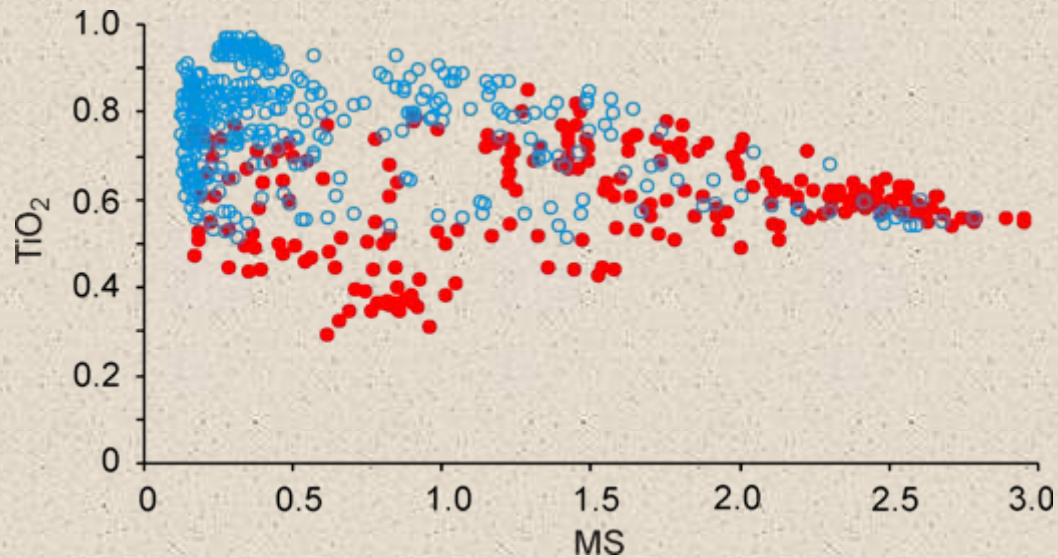


• Более измененные осадки или

Другие источники сноса для осадков **ХОЛОДНЫХ** стадий

Диаграммы TiO_2 и Fe_2O_3 – Магнитная восприимчивость

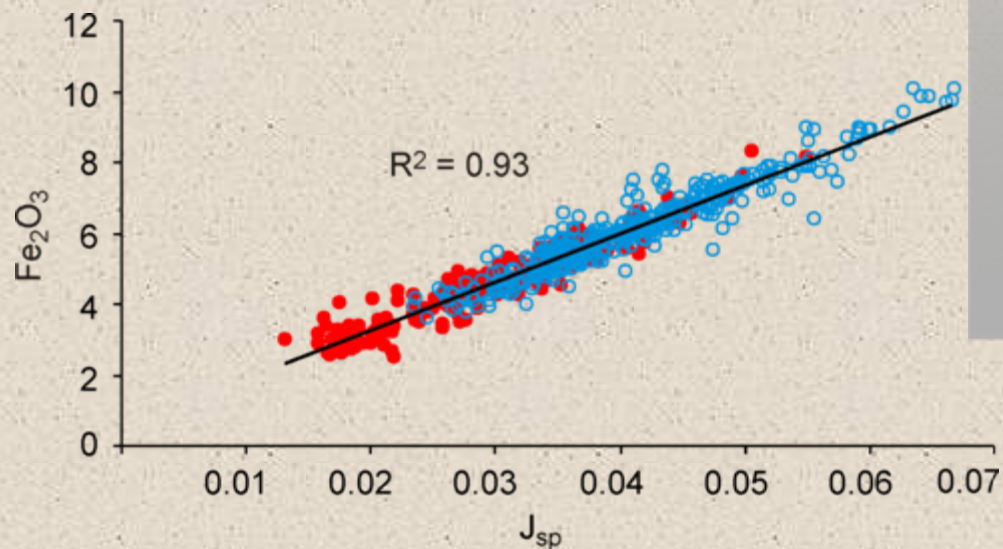
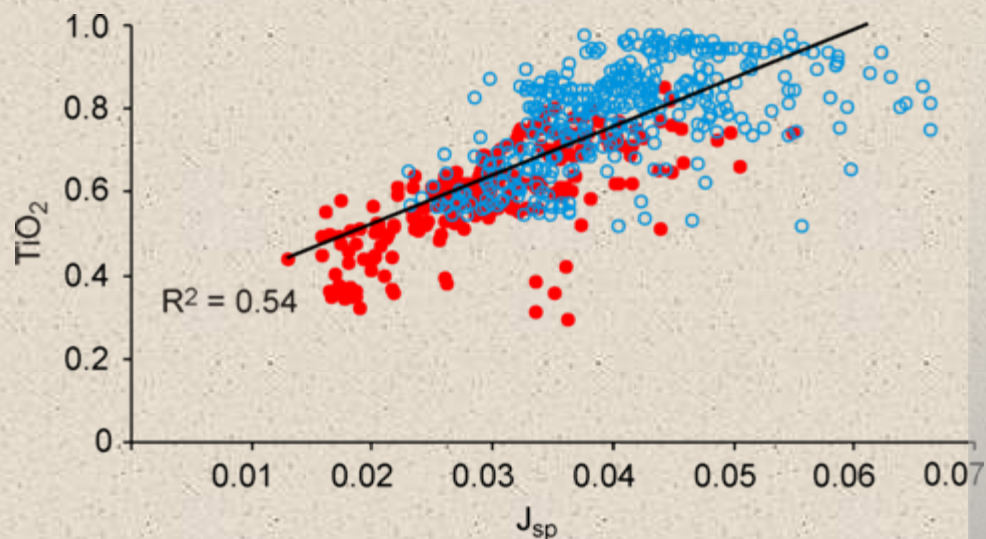
Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии



Разброс данных
показывает, что общее
 Fe_2O_3 и TiO_2 не связаны
с магнитной
восприимчивостью

Диаграммы TiO_2 и Fe_2O_3 – Парамагнитная компонента J_s

Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии



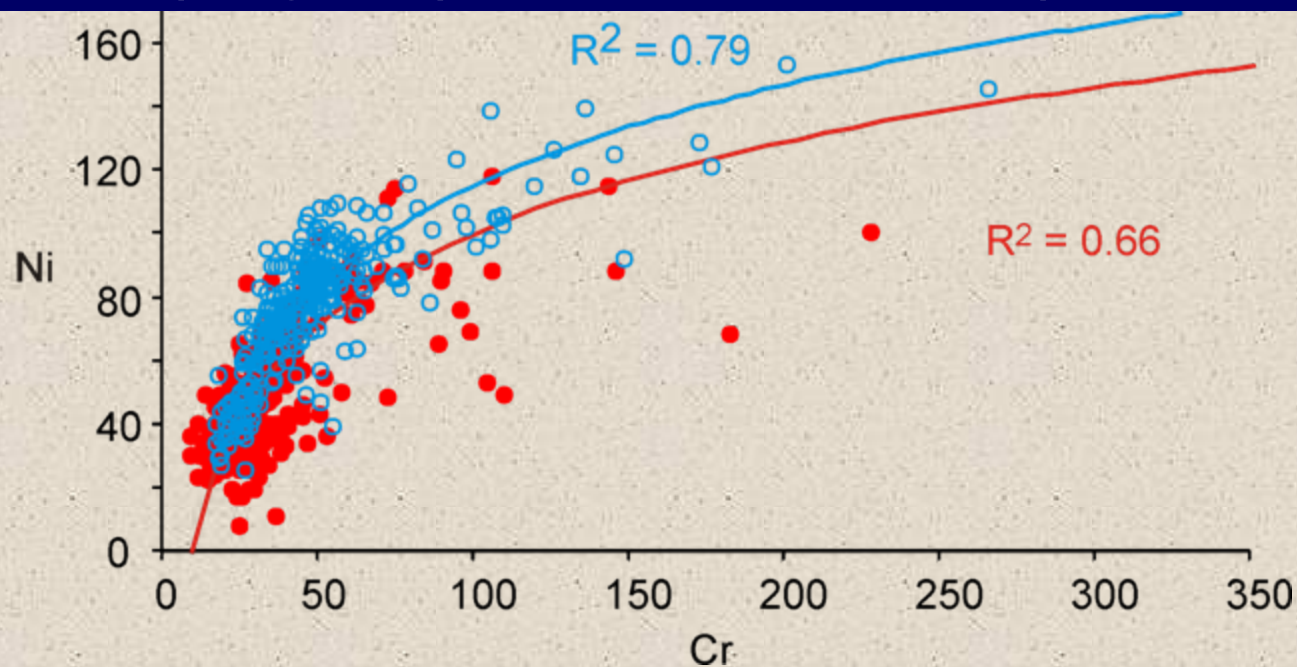
Линейное распределение показывает, что Fe_2O_3 и TiO_2 связаны с парамагнитной компонентой намагниченности (J_{sp})



Связаны с парамагнитными минералами - Fe-и Ti-содержащими глинистыми минералами, силикатами, сульфидами...

Ni - Cr диаграмма

Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии



Позитивная корреляция между Cr и Ni

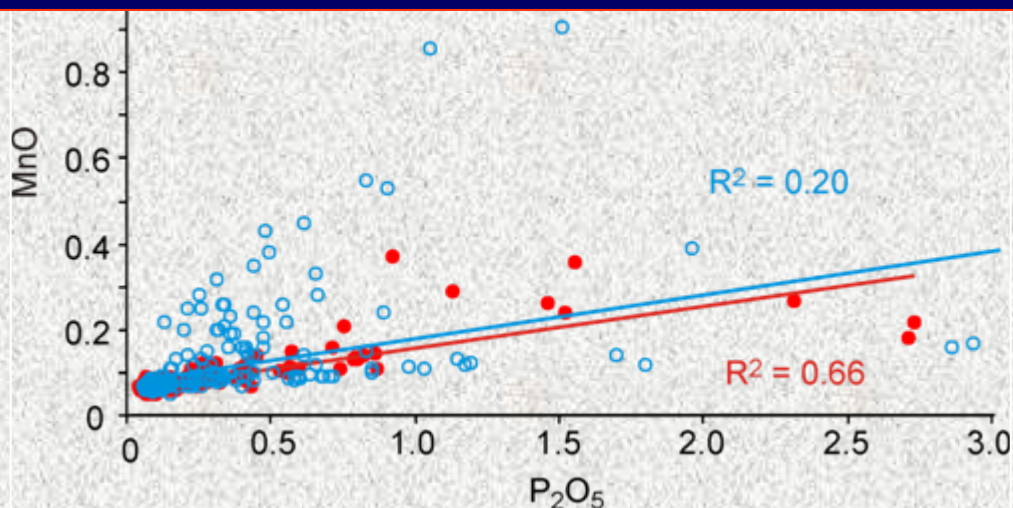
- Большие содержания Cr и Ni в осадках холодных стадий и в стадии 11
- Осадки холодных стадий и стадии 11 имеют высокие значения потерь при прокаливании = много органики



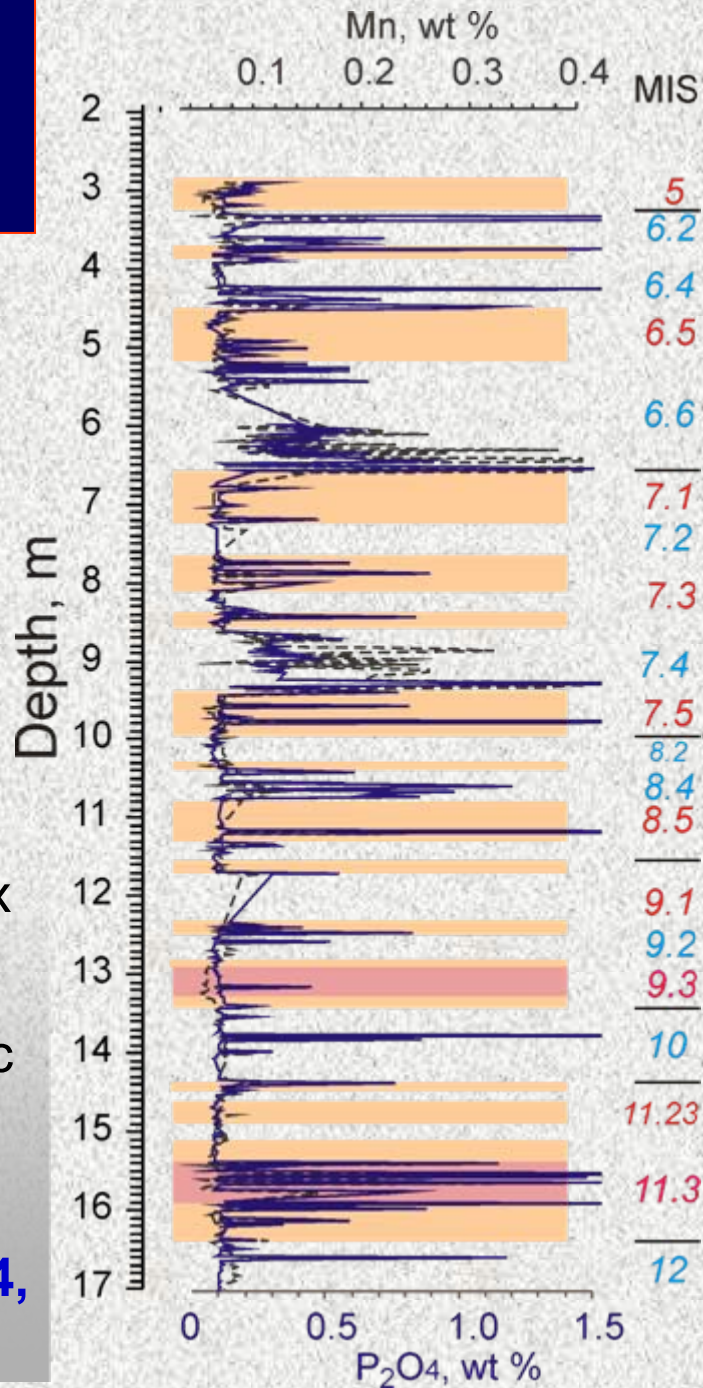
- Обогащение Cr и Ni связано с органикой

Диаграмма P_2O_5 (%) - MnO (%).

Красные (голубые) символы-
Теплые (холодные) стадии

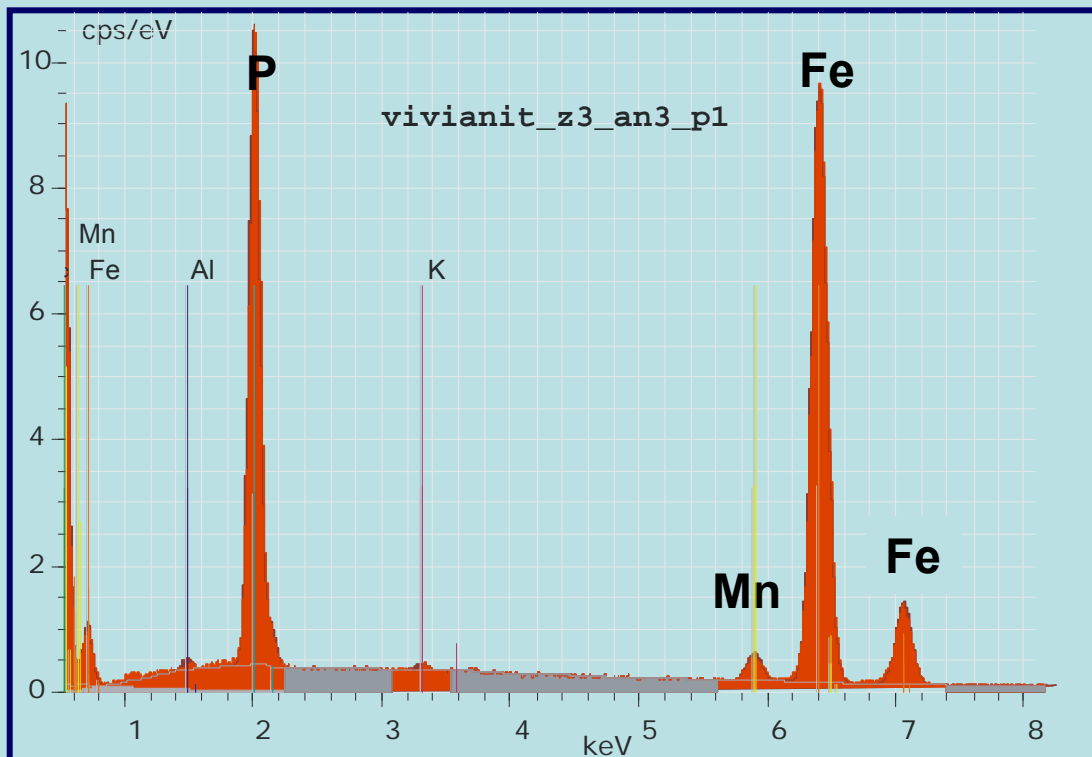


- Прямая корреляция фосфора и марганца (лучшая для осадков теплых стадий)
- Осадки холодных стадий на границе с теплыми обогащены P_2O_5 и MnO
- Большая концентрации в нижних частях холодных субстадий **6.4, 6.6, 7.4, 8.4** и оптимальной **11.3**



vivianit_z3_an3_p1

Element	AN	Series	Net	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]	Error [%]
Carbon	6	K-series	2045	0.00	0.00	0.00	0.0
Aluminium	13	K-series	797	0.38	0.40	0.39	0.1
Phosphorus	15	K-series	44221	14.37	15.23	12.85	0.6
Potassium	19	K-series	592	0.17	0.18	0.12	0.0
Manganese	25	K-series	2951	1.49	1.58	0.75	0.1
Iron	26	K-series	64257	39.71	42.09	19.70	1.1
Oxygen	8	K-series	34126	38.21	40.51	66.18	4.8

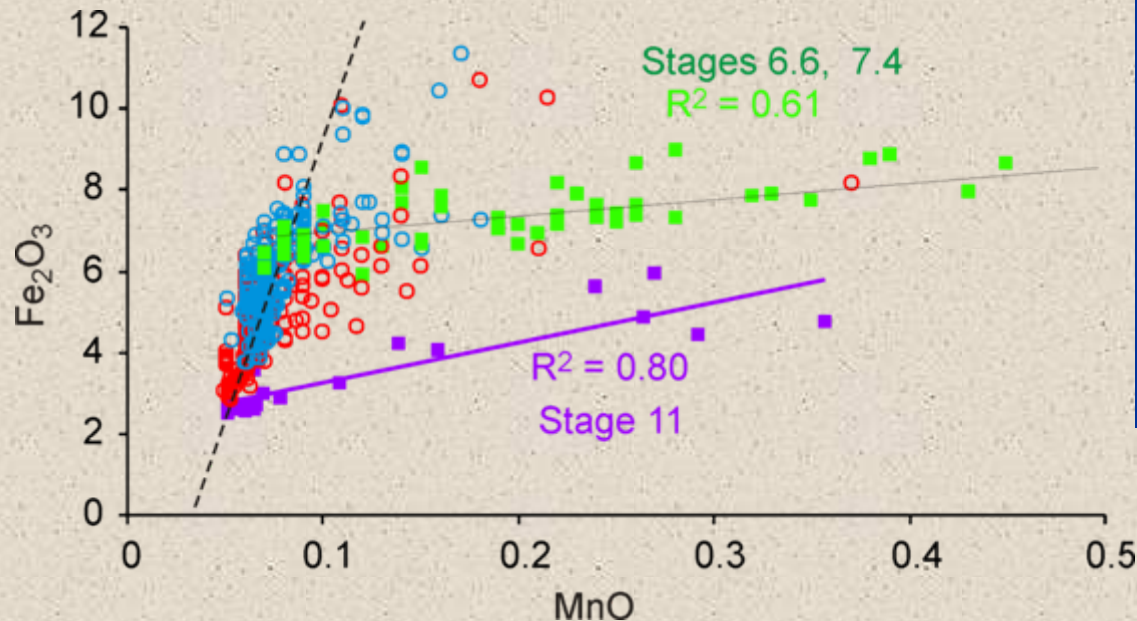


Фосфор и марганец
связываются с
ВИВИАНИТОМ

Состав вивианита по
данным спектроскопии
(QemScan),
показывающий
фосфор, железо и
примесь марганца

Диаграмма Fe_2O_3 (wt %) - MnO (wt %).

Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии,
Фиолетовые – оптимальная 11.3, зеленые- холодные 6.6, 7.4 ст.

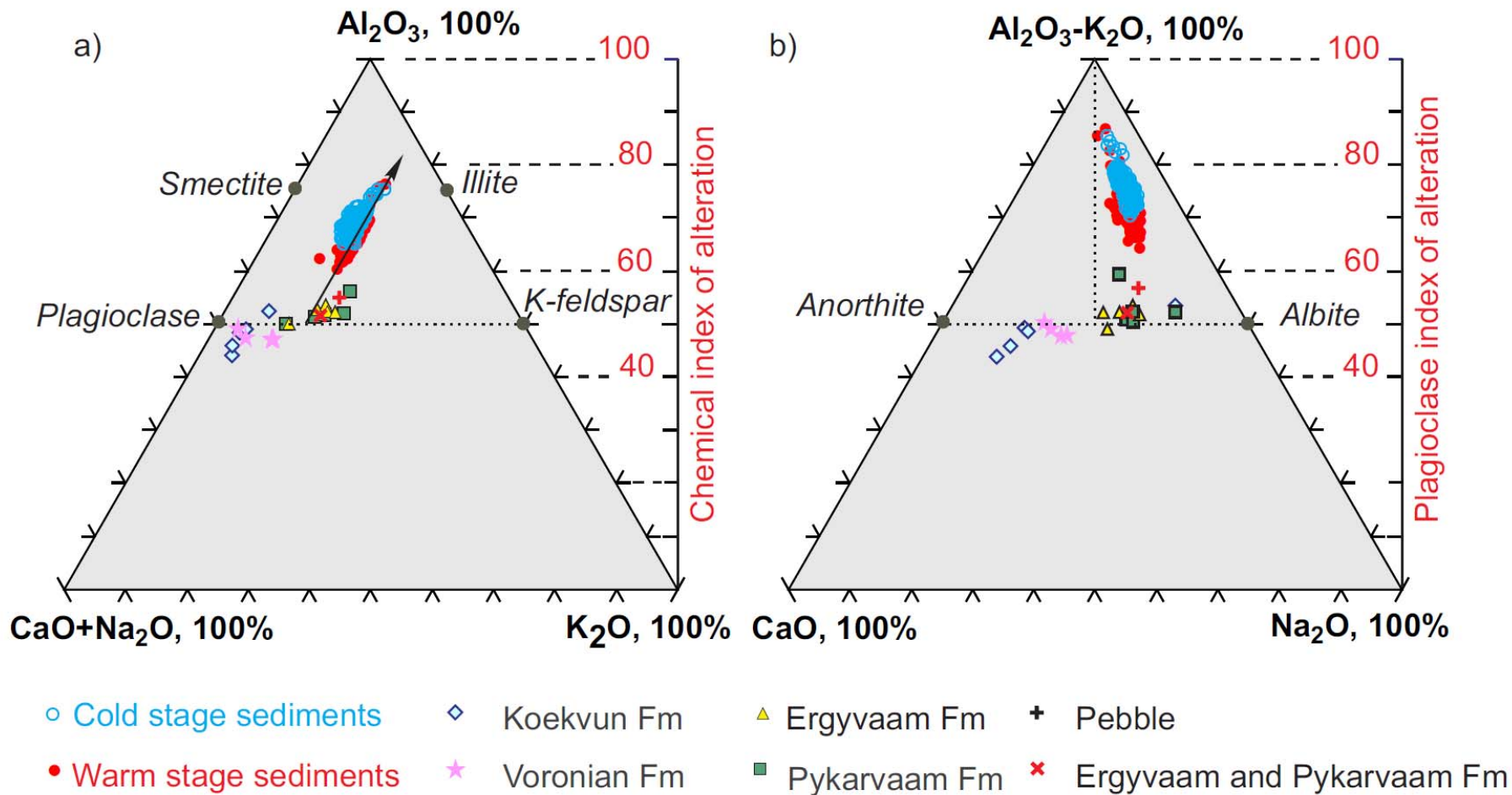


Отношение Fe/Mn часто используется как индикатор окислительной - восстановительной среды. В воде редуцированные формы Fe менее стабильны, чем Mn , поэтому отношение Fe/Mn в осадках больше в восстановительной среде

- Отношение Fe/Mn больше для осадков холодных стадий, предполагая более восстановительную среду при накоплении

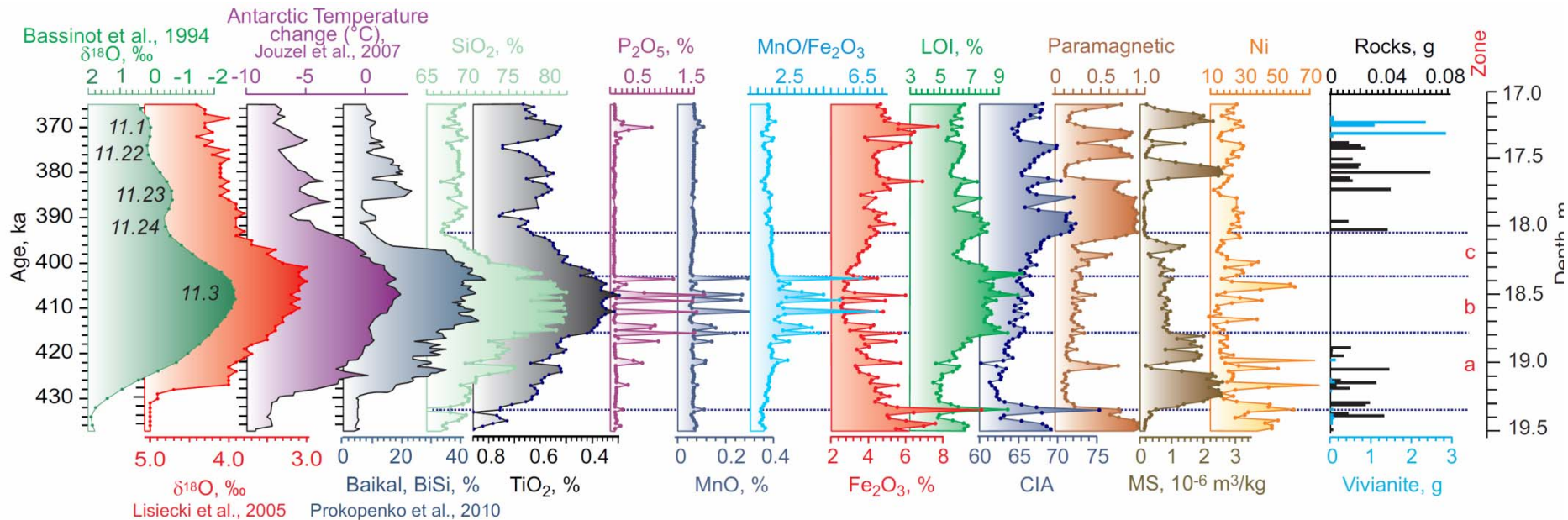
Тернарные диаграммы, показывающие тренд выветривания осадков и вулканических пород

Красные (голубые) символы - теплые (холодные) стадии



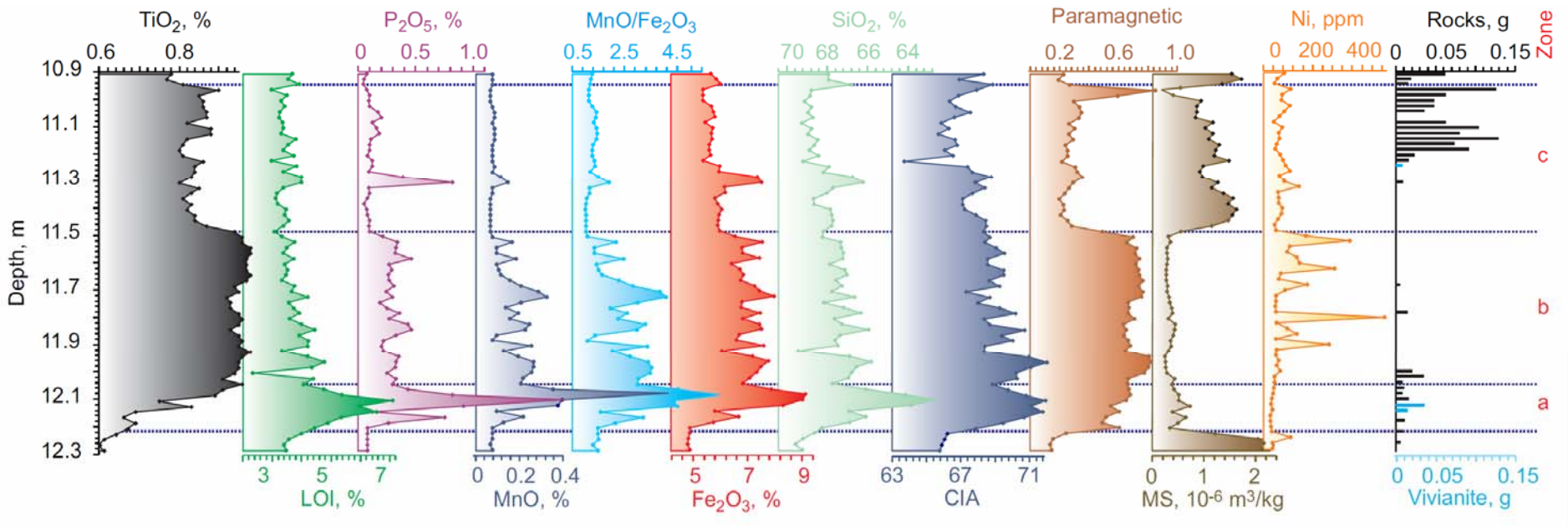
**Осадки озера – продукты выветривания, изменения местных
коренных вулканитов**

Геохимическая характеристика самой теплой стадии 11



- Самые высокие концентрации SiO₂, (>биогенного опада)
- Разбавление Al₂O₃, TiO₂, MgO, Na₂O, K₂O, CaO, Sr, Rb, Sr, Ba
- Разбавление магнитной восприимчивости
- Обогащение органикой, MnO, P₂O₅, Ni, Cr
- Самая высокая палеопродуктивность
- Окислительная среда

Геохимическая характеристика холодной стадии 7.4



Максимальные содержания TiO₂, Fe₂O₃, Zr, MnO, P₂O₃

- Восстановительная среда ,
максимальные отношения MnO/Fe₂O₃
- Образование тонкодисперсного вивианита и сидерита
 - Самая низкая палеопродуктивность
 - Постоянный ледовый покров
 - Высокие уровни химического изменения осадков

Распределение отдельных элементов и индексов по разрезу

Желтые полосы – осадки теплых стадий

Границы среднего и верхнего неоплейстоцена (основание теплой стадии 5.5) и нижнего и среднего неоплейстоцена (основание теплой стадии 11) геохимически наиболее ярко выражены, нижняя граница неоплейстоцена по геохимии не выделяется

