



СТРУКТУРА МАГНИТОАКТИВНОГО СЛОЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ СИХОТЭ- АЛИНЬСКОГО ОРОГЕНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ: ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Диденко А.Н. ^{1,2}, Носырев М.Ю. ¹, Шевченко Б.Ф. ¹, Гильманова Г.З. ¹,
Козлова О.В. ¹

¹ *Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

^{1,2} *Геологический институт РАН, Москва, Россия*

Иркутск, октябрь 2016

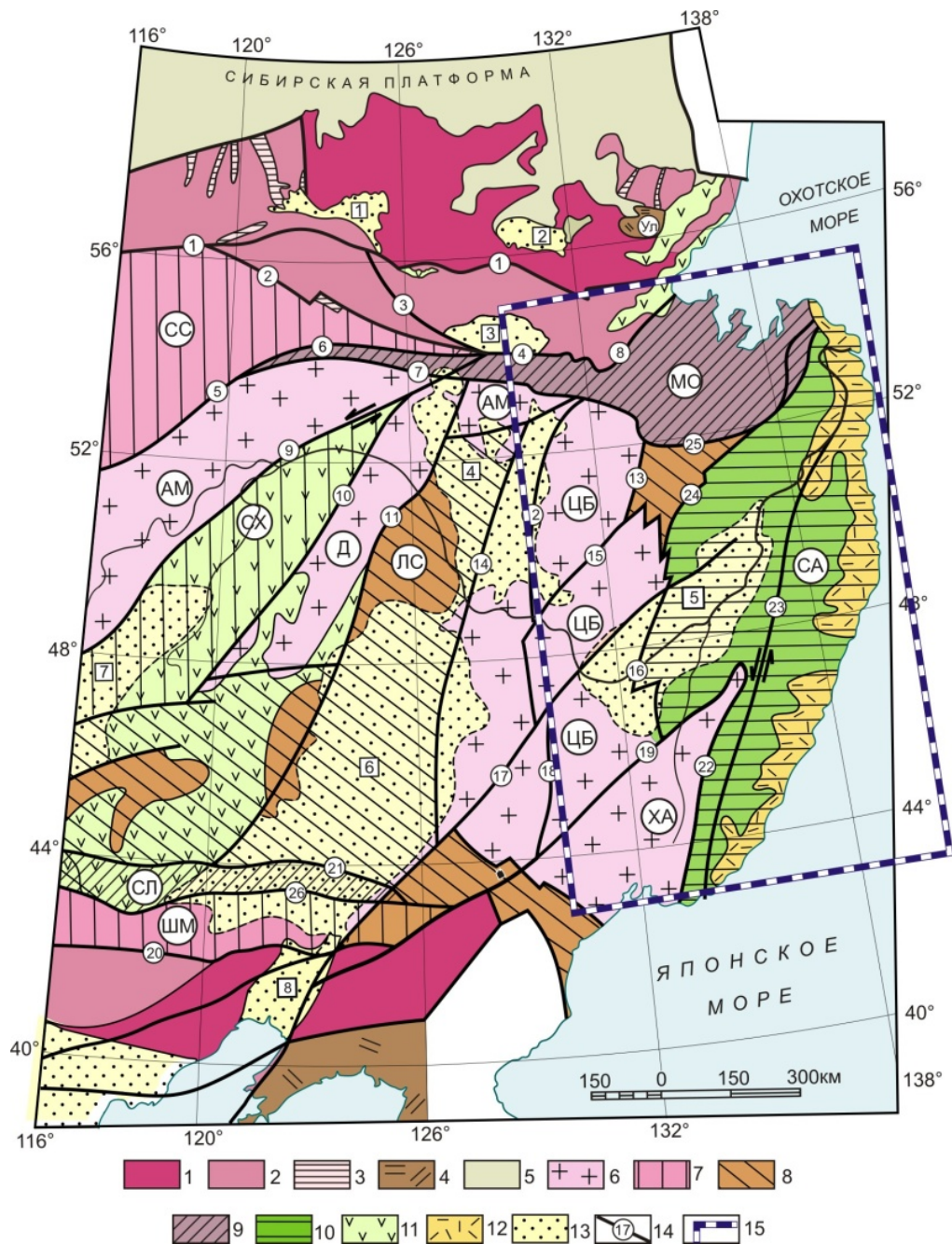


Схема тектонического районирования восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и смежных структур и прилегающих территорий (по «Глубинное строении ...» 2006)

Составлена с использованием материалов [Тектоника..., 2005], [Зоненшайн и др., 1979, 1990], [Моссаковский и др., 1993], [Парфенов и др., 2003], [Li Jianghai et al, 2000].

Условные обозначения

Сибирская и Северо-Китайская платформы:

- 1 – мезоархейские континентальные блоки;
- 2 – блоки неархейских и палеопротерозойских метаморфических пород;
- 3 – зеленокаменные пояса Алдано-Станового щита;
- 4 – палеопротерозойские рифты: Улканский;
- 5 – рифей-палеозойский платформенный чехол;

Центрально-Азиатский орогенный пояс:

- 6 – микроконтиненты с докембрийским фундаментом (буквы в кружках): АМ – Аргуно-Мамынский, Д – Дягдачи, ЦБ – Цзямысы- Буреинский, ХА – Ханкайский;

7-10 –орогенные пояса:

- 7 – каледонские (СС – Селенга-Становой, ШМ – Шара-Мурэнский, СХ-Северо-Хинганский), 8 – герцинские (ЛС - Луньцзян-Селемджинский), 9 – позднегерцинско-индосинийские (МО – Монголо-Охотский, СЛ – Солонкерский), 10 – киммерийские (СА – Сихотэ-Алинский);

11-12 – вулканические пояса: 11 - мезозойские, 12 - позднемезозойско-кайнозойские;

- 13 – мезозойско-кайнозойские терригенные впадины (цифры в квадратах): 1 – Чульманская, 2 – Токинская, 3 - Верхне-Зейская, 4 – Амуру-Зейская, 5 – Среднеамурская, 6 – Сунляо, 7 – Хайлар, 8 –Ляохэ, 9 –Северо_Китайская;

- 14 – основные разломы (цифры в кружках): 1 – Становой, 2 – Джелтулакский, 3 – Унахинский, 4 – Ланский, 5 – Монголо-Охотский, 6 – Северо-Тукурингрский, 7 – Южно-Тукурингрский, 8 – Улигданский, 9 – Дербуганский, 10 – Синьлинский, 11 – Нэньцзянский, 12 – Западно-Туранский, 13 – Тахстахский, 14 – Харбинский, 15 – Хинганский, 16 – Куканский, 17 – Илань-Итунский, 18 – Муданьцзянский, 19 – Дунми-Алчанский, 20 – Чифен-Телинский, 21 –Тунляо; 22 - Арсеньевский, 23 - Центрально-Сихотэ-Алинский, 24 – Ципинский, 25 – Пауканский, 26 – Шара-Мурэнский;

- 15 – граница исследований Сихотэ-Алинского орогена и прилегающих территорий

Расшифровке тектонического строения зоны сочленения структур Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП) и мезо-кайнозойских образований Сихотэ-Алиньской складчатой (орогенной) системы, входящей в состав Тихоокеанского подвижного пояса (ТПП), посвящено большое количество работ. Несмотря на это, до сих пор остаются ряд нерешенных (или дискутируемых) проблем. Одна из них – это вопрос о границах между Сихотэ-Алиньскими структурами и Центрально-Азиатским поясом.

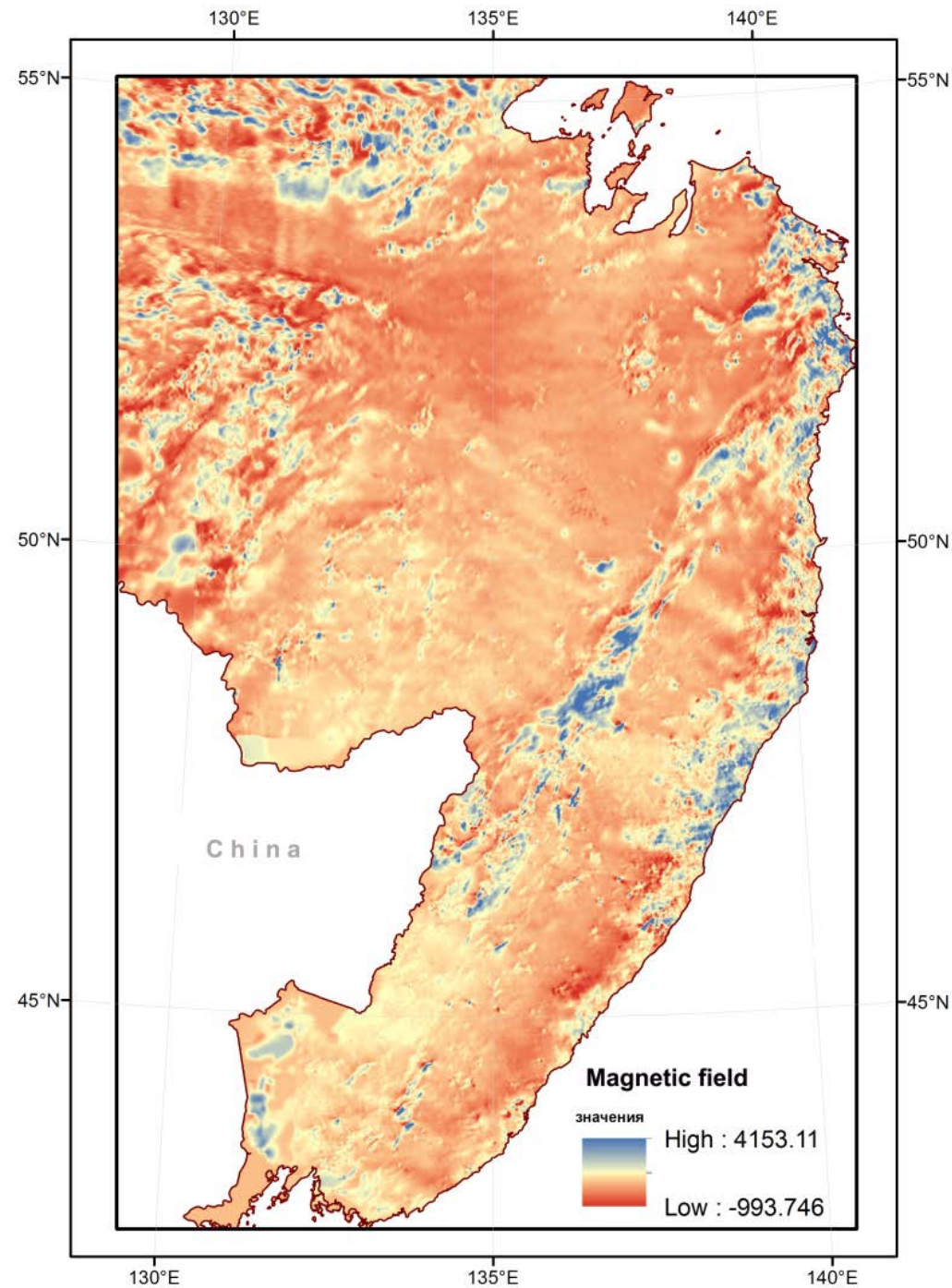
В последние годы при разномасштабных тектонических и геодинамических исследованиях земной коры активно применяется подход, основанный на изучении аномального магнитного и геотермического полей. Суть такого рода исследований сводится к построению по аномальному магнитному полю модели магнитоактивного слоя земной коры (расчет глубин подошвы и кровли магнитовозмущающих тел). В модели принимается, что глубина нижней границы слоя соответствует глубине изотермы 578°C , при которой магнетит переходит из ферримагнитного состояния в парамагнитное (температура Кюри магнетита).

Цель работы - рассмотрение вопроса о глубинных (коровых) границах между этими трансрегиональными структурами, оценка влияния геотермического фактора на геодинамические особенности исследуемого региона.

Исходные материалы - аномальное магнитное поле (цифровая модель, исходный масштаб данных 1: 1 000 000), геотермический атлас Сибири и Дальнего Востока (е-версия).

Рассматриваемые вопросы:

1. Методические приемы построения магнитных моделей
2. Результаты построения - магнитные модели, тектоническая интерпретация
3. Сопоставление магнитных и геотермических моделей, их взаимосвязь, геодинамическая интерпретация



**Исходное аномальное
магнитное поле
(цифровая модель)**

Метод исследования: РАСЧЕТ ГЛУБИН НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ МАГНИТОАКТИВНОГО СЛОЯ (ПОВЕРХНОСТЬ ТОЧКИ КЮРИ)

- Расчет данной поверхности осуществлен с использованием следующего выражения:
 - $H_b = 2Z_0 - Z_t$,
- где, H_b – глубина поверхности точки Кюри; Z_0 – глубина центра магнитоактивного слоя; Z_t – глубина верхней границы магнитоактивного слоя.
- Для определения значений Z_0 , Z_t используются характеристики энергетического спектра магнитного поля в области его наиболее длинноволновой части (в частности крутизна спада графика спектра).

Реализация данной методики

1. Исследуемая территория разбивается на отдельные листы размерами (100-150)×(100-150) км, которые представляются в виде гридов с размером ячейки 1000 м. Все последующие операции выполняются для каждого листа отдельно.
2. Выполняется редукция магнитного поля к полюсу (RTP). Данная процедура выполняется исходя из того, что все спектральные характеристики рассчитаны для вертикально намагниченных призм.
Программ для выполнения данной редукции достаточно много, в нашем случае использовалась утилита из Oasis montaj (OM), имеющая название varyrtp.

Расчетные формулы

Вычисление спектров для оценки центра магнитного тела и его верхней кромки.

Согласно имеющимся работам для оценки этих параметров используется следующая методика и формулы

Центр тела:
$$\text{Ln} \left[\frac{P^{\frac{1}{2}}}{|S|} \right] = \text{Ln}A - 2\pi|S|z_0$$

Где: Z_0 – центр тела, P спектр, S –циклическая частота.

Верхняя кромка:
$$\text{Ln} \left[P^{\frac{1}{2}} \right] = \text{Ln}B - 2\pi|S|z_t$$

Где: Z_t – верхняя кромка

A и B – постоянные зависящие от намагниченности.

для Z_0 берется начальная наиболее длинноволновая крутая часть спектра, для Z_t – следующая по наклону часть спектра.

Расчет обеих глубин выполняется по пяти точкам с аппроксимацией их прямой линией. Практически для Z_0 из таблицы берётся первая максимальная глубина, вычисленная по пяти первым точкам спектра в области наиболее низких частот.

Рассчитывается глубина нижней границы как:

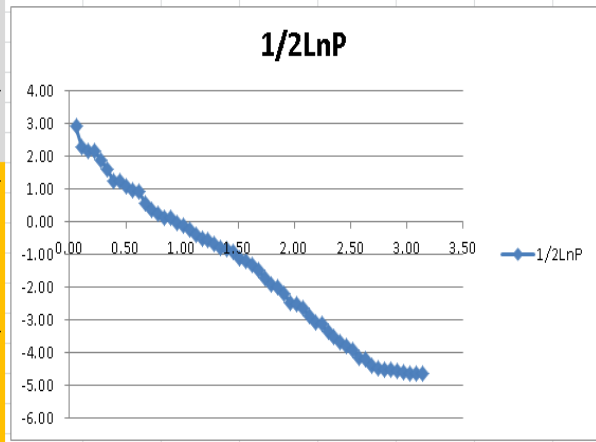
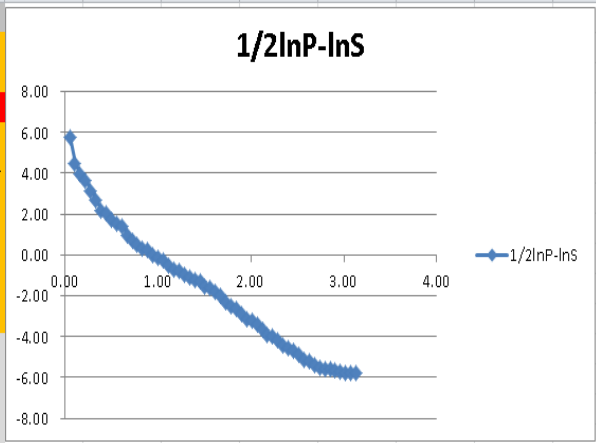
$$Hb=2Z_0-Z_t$$

Полученная глубина относится к центру каждого листа.

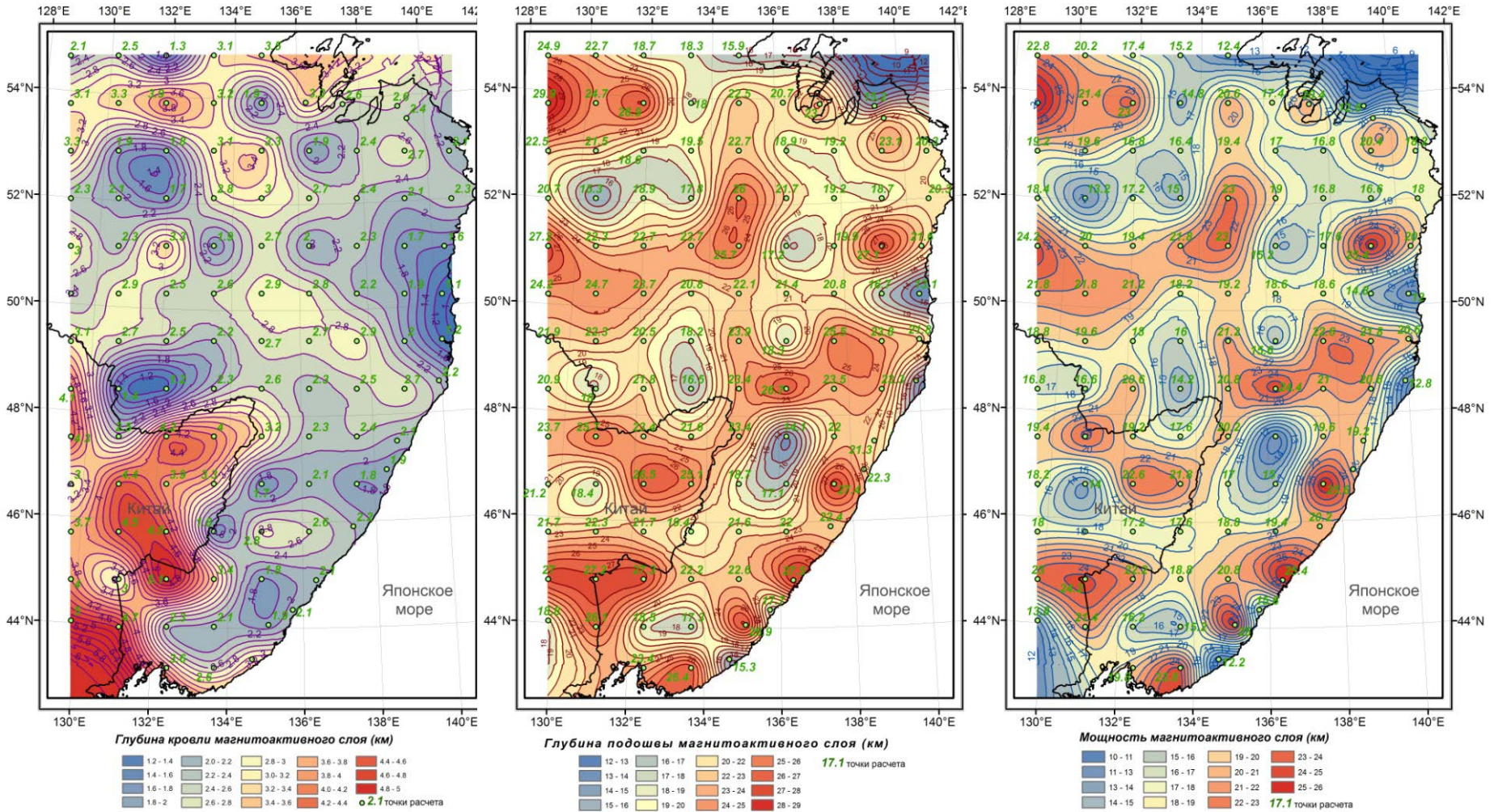
На основе полученных данных строится карта распределения параметров в изолиниях.

Пример расчета радиального спектра

E18																f _c 1.66075									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V			
1	C/K	#	Ln_P	3D	5D	S=2πf	1/2LnP	lnS	1/2lnP-lnS	ΔS_1/2lnP-lnS	ΔS_S	ΔS_LnT	Zo	Zt											
2	0.00	1.00	0.41	0.00	*	0.00							*	*											
3	0.01	6.34	5.81	0.00	*	0.06	2.90	-2.88	5.78				*	*											
4	0.02	12.45	4.57	6.57	0.00	0.11	2.29	-2.19	4.47																
5	0.03	19.06	4.33	1.20	3.41	0.17	2.17	-1.78	3.95	-2.62	0.22	-1.01	-11.68	-4.51											
6	0.04	24.41	4.30	2.45	2.91	0.22	2.15	-1.49	3.64	-1.80	0.22	-0.70	-8.03	-3.14											
7	0.04	32.58	3.78	5.07	4.39	0.28	1.89	-1.27	3.16	-1.76	0.22	-0.91	-7.83	-4.06											
8	0.05	37.00	3.16	5.67	4.54	0.34	1.58	-1.09	2.67	-1.59	0.22	-0.89	-7.07	-3.98											
9	0.06	43.96	2.51	2.90	3.43	0.39	1.26	-0.93	2.19	-1.42	0.22	-0.83	-6.32	-3.70											
10	0.07	50.56	2.51	1.74	2.43	0.45	1.26	-0.80	2.06	-1.13	0.22	-0.62	-5.04	-2.77											
11	0.08	55.92	2.12	2.64	1.89	0.50	1.06	-0.68	1.74	-0.79	0.22	-0.34	-3.54	-1.52											
12	0.09	64.10	1.92	1.30	2.55	0.56	0.96	-0.58	1.54	-1.12	0.22	-0.71	-4.97	-3.17											
13	0.10	67.74	1.83	3.70	3.27	0.62	0.91	-0.48	1.40	-1.05	0.22	-0.69	-4.70	-3.06											
14	0.11	75.81	1.09	4.82	3.75	0.67	0.55	-0.40	0.94	-1.06	0.22	-0.72	-4.71	-3.21											
15	0.12	82.33	0.75	2.72	3.24	0.73	0.37	-0.32	0.69	-1.10	0.22	-0.79	-4.88	-3.50											
16	0.13	87.11	0.48	2.18	1.97	0.79	0.24	-0.24	0.48	-0.71	0.22	-0.42	-3.15	-1.87											
17	0.13	95.36	0.26	1.02	1.64	0.84	0.13	-0.17	0.30	-0.70	0.22	-0.44	-3.14	-1.95											
18	0.14	98.60	0.25	1.71	1.66	0.90	0.13	-0.11	0.23	-0.62	0.22	-0.37	-2.76	-1.64											
19	0.15	108.59	-0.13	2.26	1.82	0.95	-0.06	-0.05	-0.02	-0.60	0.22	-0.36	-2.66	-1.61											
20	0.16	112.72	-0.25	1.51	2.11	1.01	-0.13	0.01	-0.14	-0.76	0.22	-0.54	-3.40	-2.41											
21	0.17	118.91	-0.46	2.56	2.21	1.07	-0.23	0.06	-0.30	-0.67	0.22	-0.46	-2.98	-2.04											
22	0.18	126.34	-0.83	2.57	2.14	1.12	-0.41	0.12	-0.53	-0.63	0.22	-0.43	-2.82	-1.93											
23	0.19	130.68	-1.04	1.30	1.84	1.18	-0.52	0.16	-0.68	-0.66	0.22	-0.47	-2.96	-2.11											
24	0.20	140.04	-1.12	1.65	1.67	1.23	-0.56	0.21	-0.77	-0.56	0.22	-0.38	-2.49	-1.68											
25	0.21	143.26	-1.41	2.06	1.71	1.29	-0.70	0.25	-0.96	-0.52	0.22	-0.34	-2.31	-1.53											
26	0.21	150.61	-1.58	1.42	1.57	1.35	-0.79	0.30	-1.09	-0.54	0.22	-0.37	-2.39	-1.64											
27	0.22	157.85	-1.73	1.22	1.62	1.40	-0.86	0.34	-1.20	-0.57	0.22	-0.41	-2.54	-1.82											
28	0.23	162.83	-1.86	2.23	1.92	1.46	-0.93	0.38	-1.31	-0.55	0.22	-0.40	-2.45	-1.76											
29	0.24	170.91	-2.23	2.30	2.11	1.51	-1.11	0.42	-1.53	-0.60	0.22	-0.45	-2.68	-2.02											
30	0.25	174.01	-2.37	1.81	2.28	1.57	-1.19	0.45	-1.64	-0.71	0.22	-0.57	-3.16	-2.52											
31	0.26	183.04	-2.63	2.74	2.75	1.63	-1.32	0.49	-1.80	-0.76	0.22	-0.62	-3.37	-2.76											
32	0.27	188.93	-2.99	3.70	3.44	1.68	-1.49	0.52	-2.01	-0.87	0.22	-0.74	-3.90	-3.30											
33	0.28	194.13	-3.46	3.86	3.29	1.74	-1.73	0.55	-2.29	-0.80	0.22	-0.67	-3.58	-3.00											
34	0.29	202.01	-3.85	2.30	2.91	1.80	-1.93	0.59	-2.51	-0.85	0.22	-0.72	-3.78	-3.22											



Расчетные модели магнитоактивного слоя



Карты изопахит кровли (а) и подошвы (б) магнитоактивного слоя Сихотэ-Алиньского орогена и прилегающих территорий с элементами тектонического строения

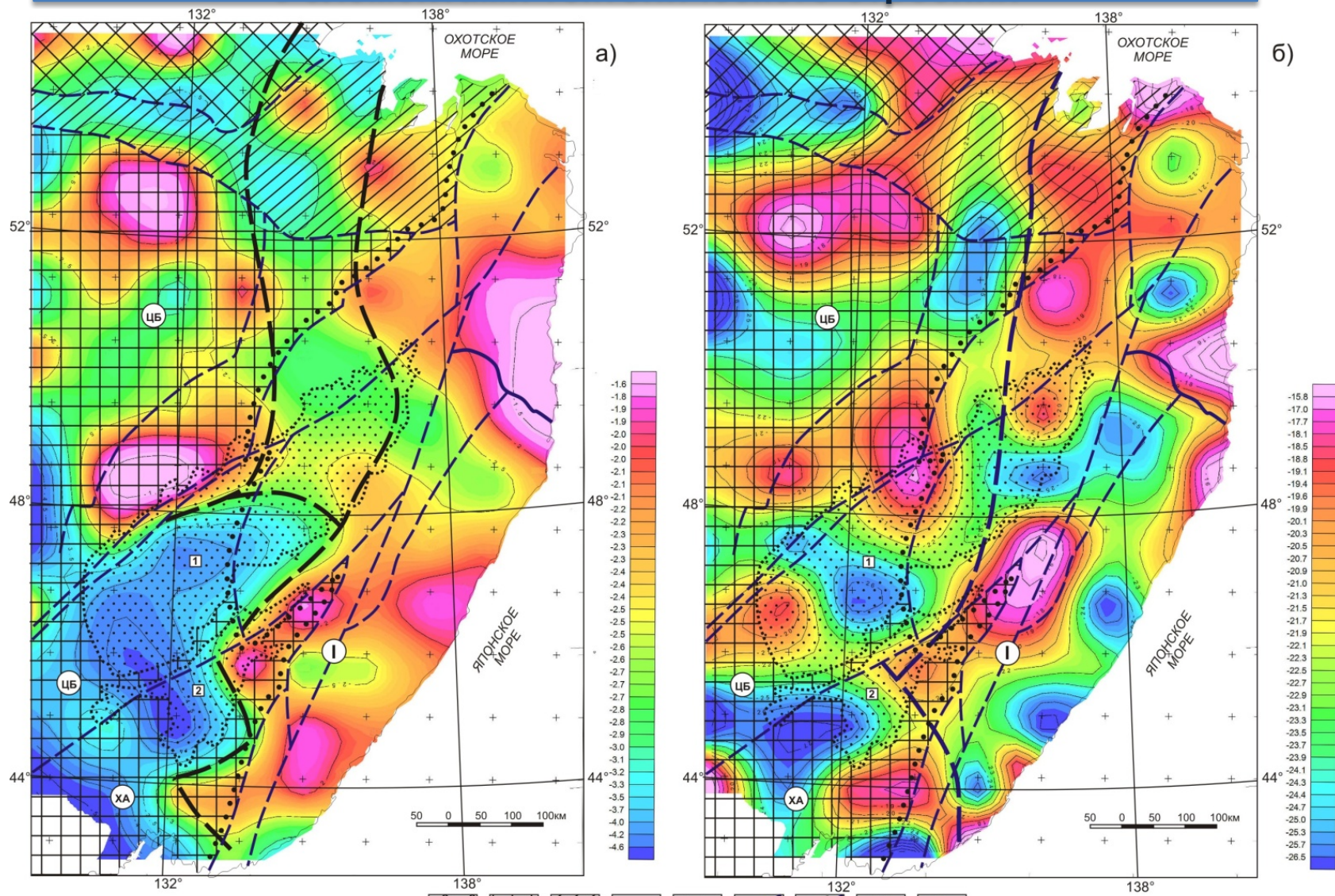


Рис.1 1 2 3 4 5 6 7 8 9

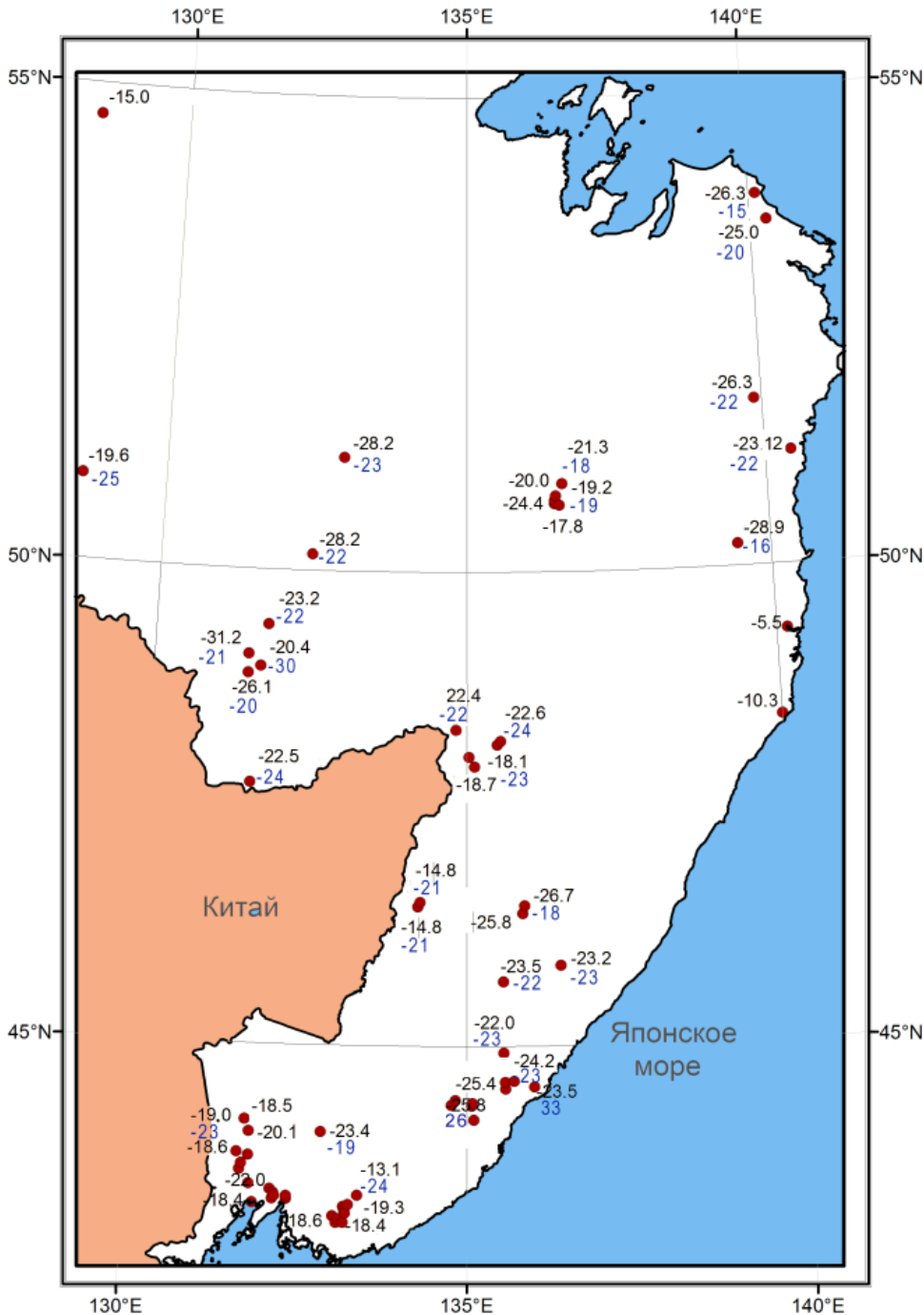
Условные обозначения к схеме интерпретации (слайд 10)

Тектонические структуры по тектонической схеме [слайд]:

- 1 – Сибирская платформа;
- 2 – Микроконтиненты: ЦБ – Цзямусы-Буреинский, ХА – Ханкайский;
- 3 – Монголо-Охотский орогенный пояс;
- 4 – Сихотэ-Алиньский орогенный пояс;
- 5 – мезозойско – кайнозойские терригенные бассейны:
Среднеамурский – 1, Приханкайский – 2;
- 6 – разломные системы и разломы: Центрально-Сихотэалиньский –
1;
- 7 – Граница Центрально-Азиатского и Тихоокеанского
тектонических поясов;
- 8 – изопакиты кровли (а) и подошвы (б) магнитоактивного слоя;
- 9 – предполагаемые глубинные границы делимости
магнитоактивного слоя на разноструктурные области.

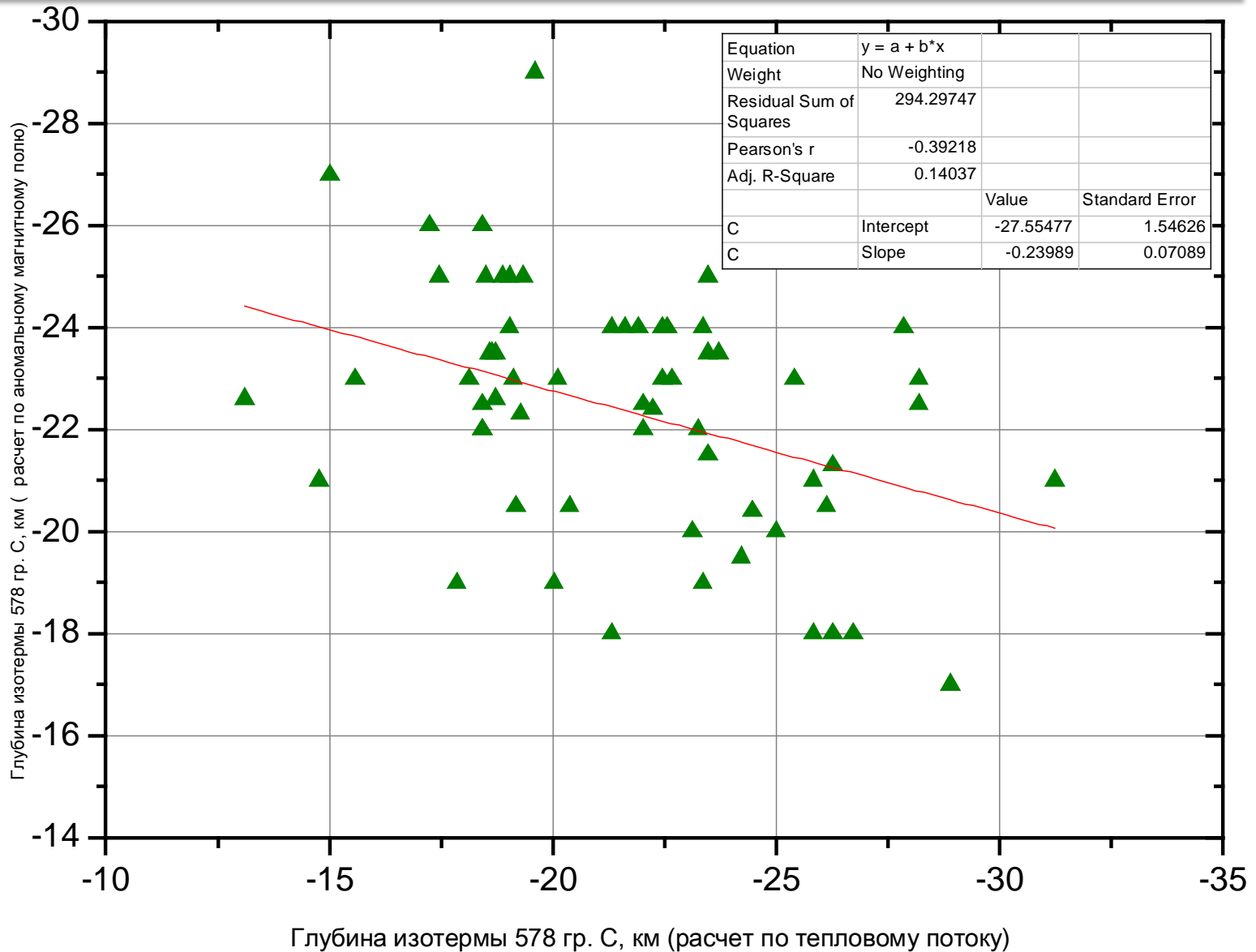
Делимость верхней части земной коры на основании магнитных моделей

- На основании анализа морфологических особенностей карты изопахит кровли магнитоактивного слоя установлена делимость исследуемой территории на три области (рис. а). Первая (западная) относится к структурам Цзямусы-Буреинского (глубины 1.5 – 2.5 км) и Ханкайского (глубины 2.5 – 4.5 км) микроконтинетов и частично охватывает Монголо-Охотский орогенный пояс (глубины 2.5 – 3.5 км). Эти структуры входят в состав ЦАПП. Вторая (центральная, глубины 2 – 2.5 км) и третья (восточная, глубины 1.5 – 2.5 км) охватывают Сихотэ-Алиньский ороген (ТПП).
- Различия в структуре морфологической поверхности подошвы магнитоактивного слоя (интервал глубин от 15 до 27 км) позволили разделить исследуемую территорию, на этом уровне глубин, на две области – западную и восточную (рис. б). На этом уровне происходит своеобразное «размывание» выделенной на предыдущем уровне глубин центральной области.



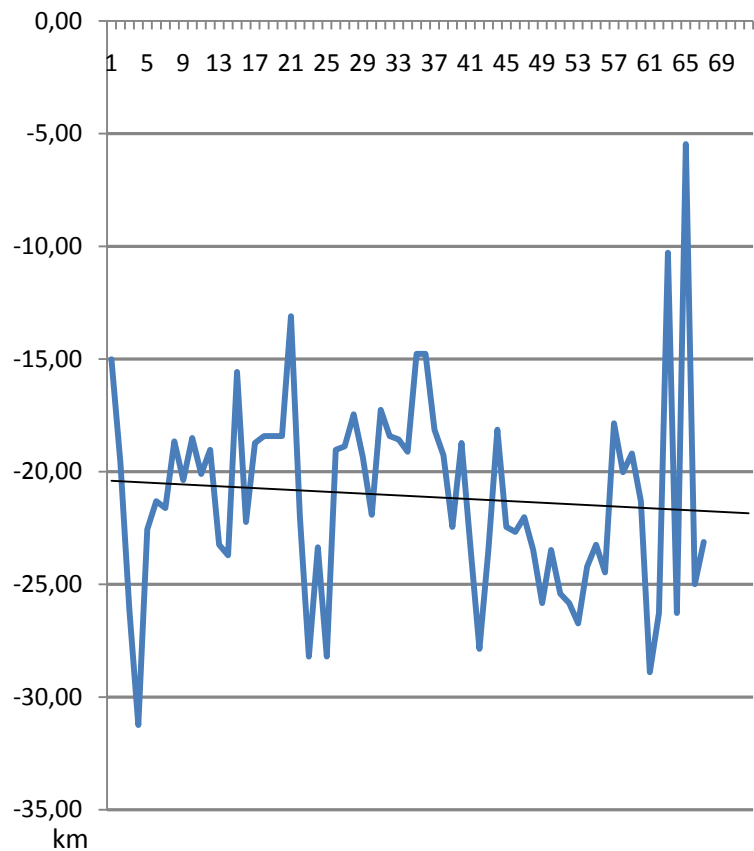
**Схема пунктов измерений
теплового потока
и сопоставление расчетных
глубин подошвы
магнитоактивного слоя**

Зависимость глубин изотермы 578 гр. С, рассчитанных по аномальному магнитному полю и тепловому потоку

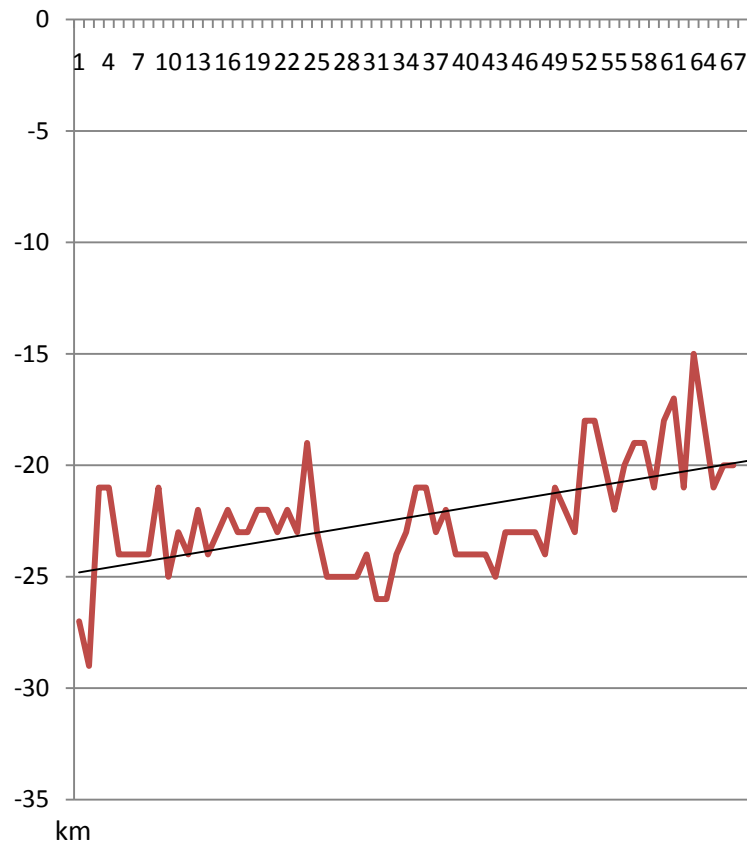


Графики распределения расчетных глубин поверхности точки Кюри в широтном направлении

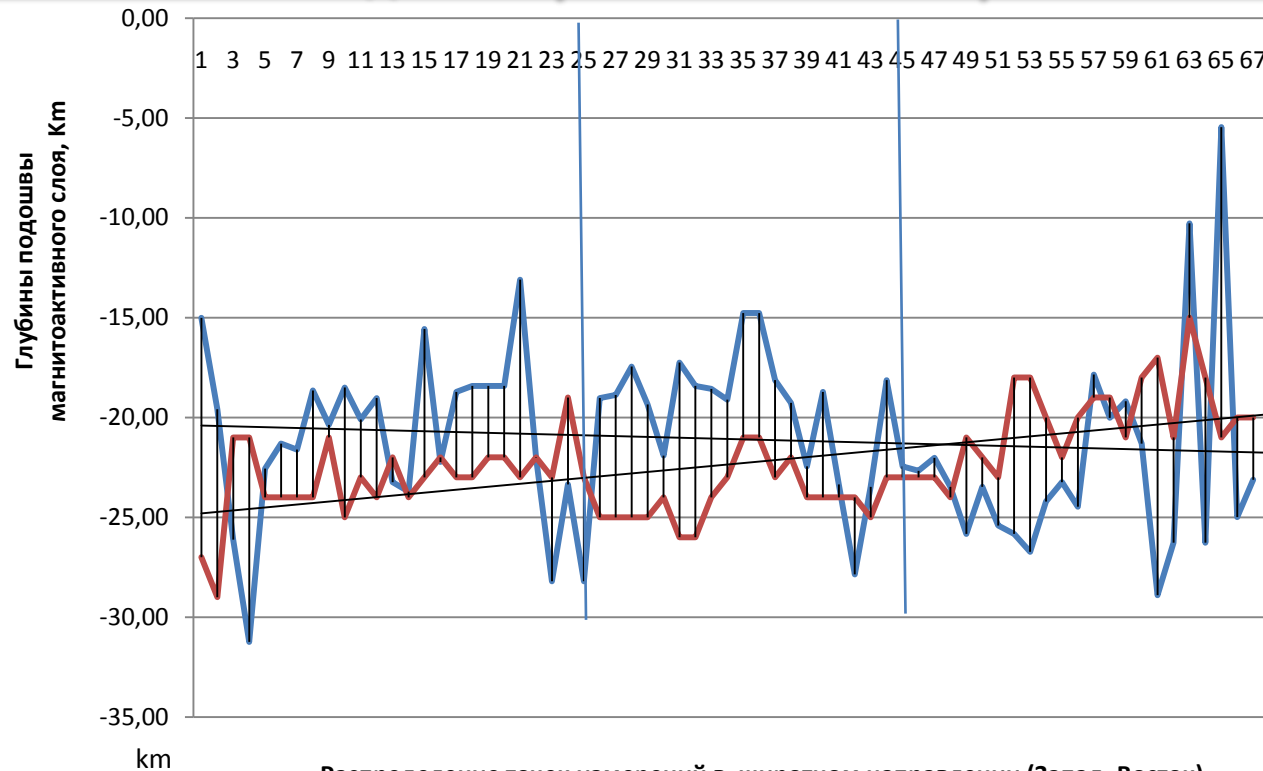
Тепловые данные



Магнитные данные



Совмещенные графики распределения глубин до поверхности точки Кюри



Интервалы выборок значений глубин:

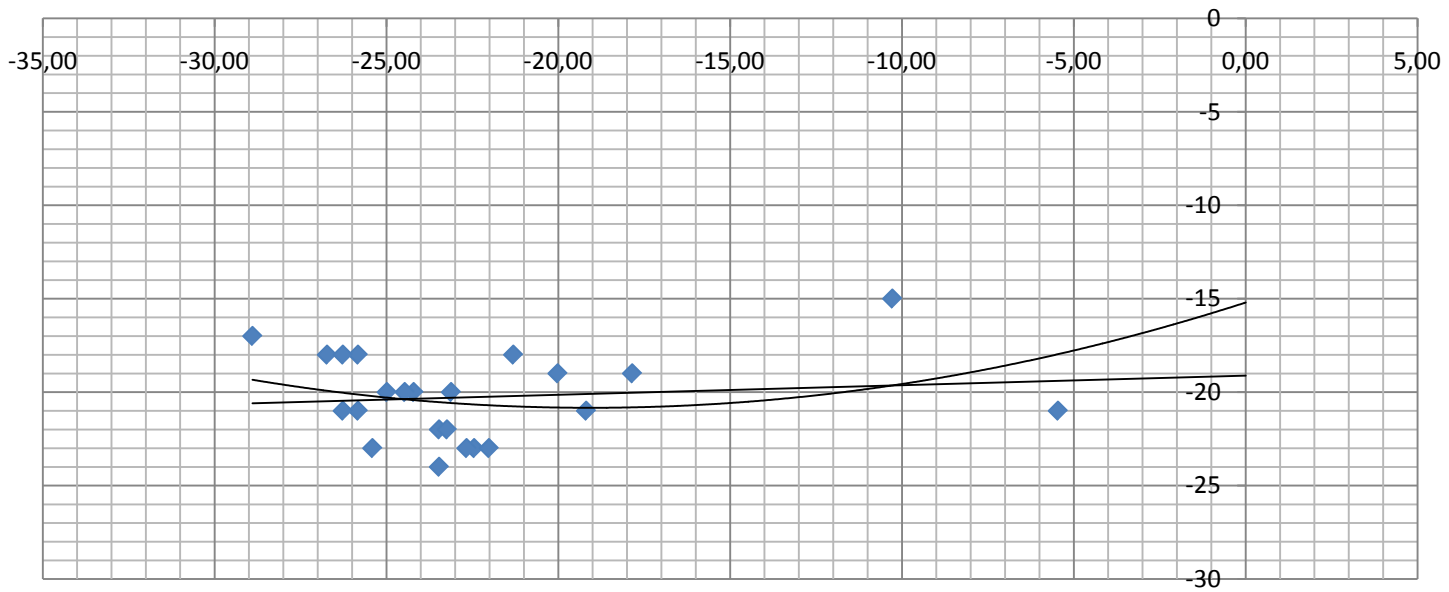
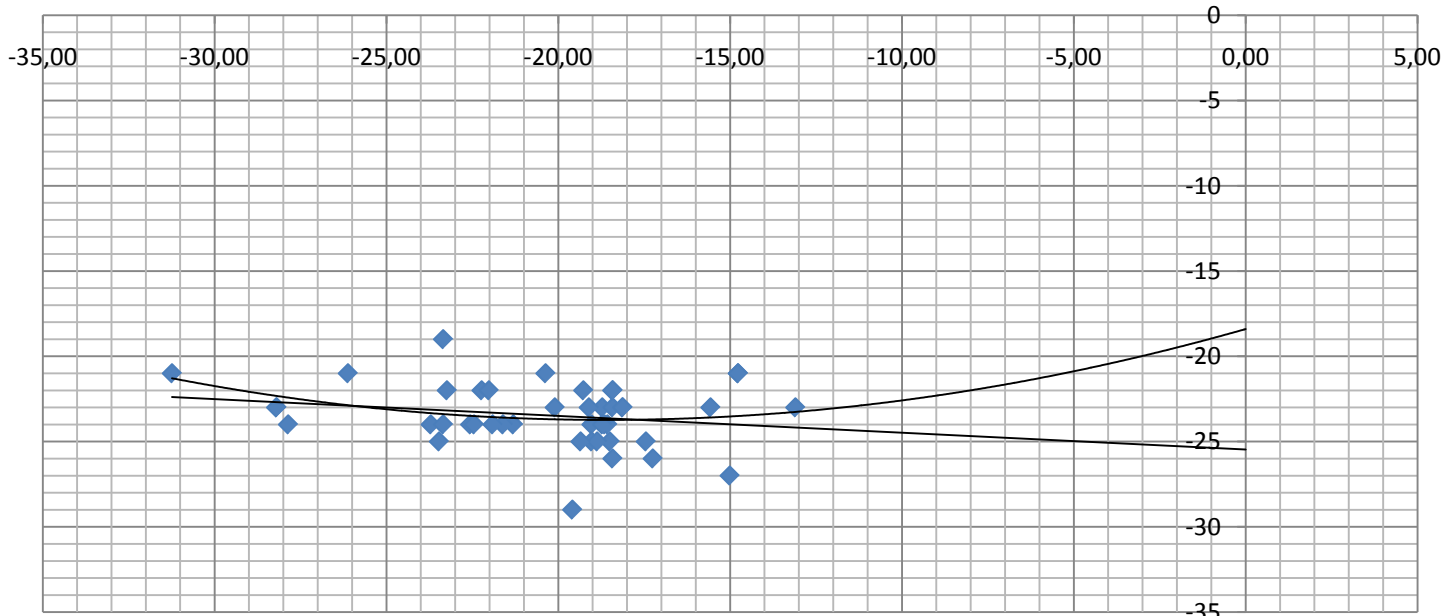
Слайд 18:

верхний график: пункты 1 – 44 /
128° в.д. – 135° в.д.
нижний график: пункты 45 – 67 /
135° в.д. – 140° в.д.

Слайд 19:

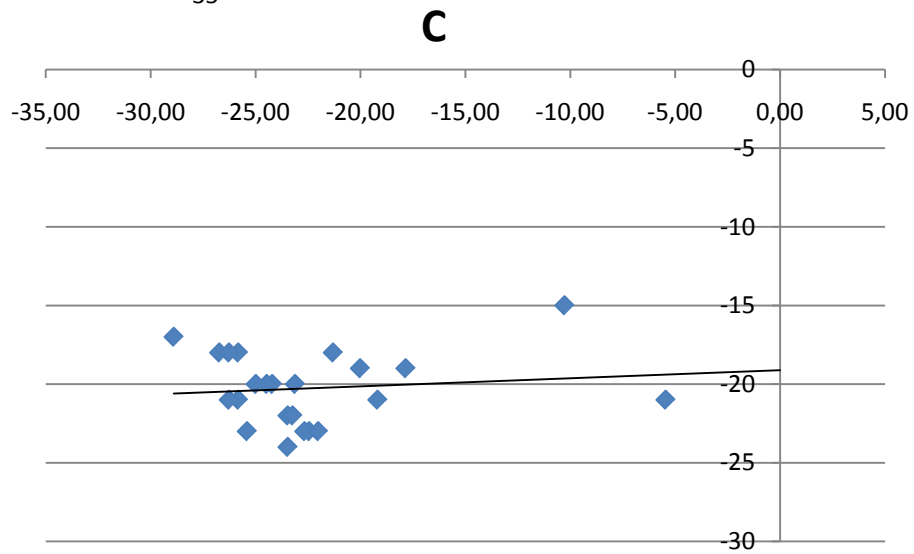
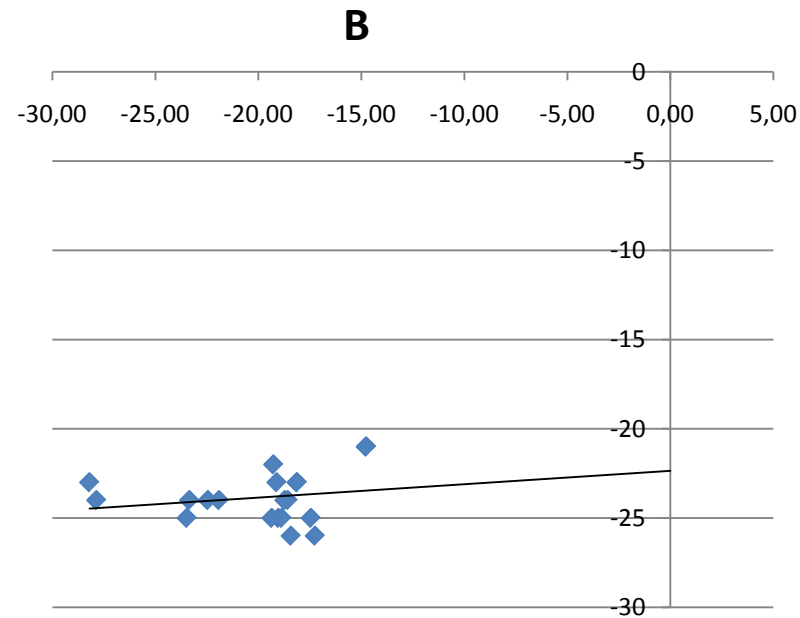
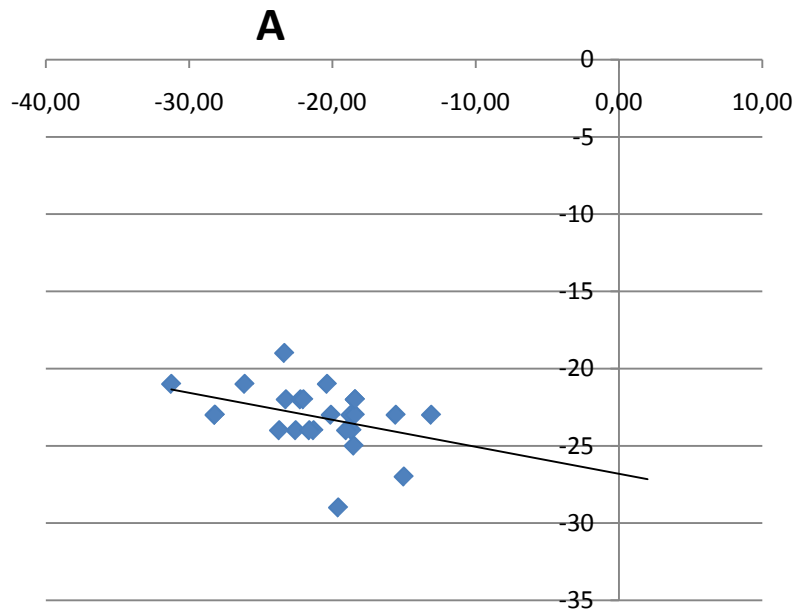
А - пункты 1 – 25 / 128° в.д. – 132° в.д.
В – пункты 25 – 44 / 132° в.д. –
135° в.д.
С – пункты 45 – 67 / 135° в.д. –
140° в.д.

Глубины по магнитному потоку, СРД, км



Глубины по тепловому потоку, Н (578), км

Глубины по магнитному потоку, CPD, km



Глубины по тепловому потоку, H (578), km

Основные выводы:

Анализ магнитных моделей позволяет уточнить положение и особенности границы сочленения ЦАПП и ТПП. Предполагается восточное падение границы раздела, что является дополнительным доводом о надвиговом характере пород Сихотэ-Алиньского орогена на комплексы пород ЦАПП.

Сопоставление магнитной и геотермической модели – подчеркивает зональность в строении земной коры в направлении запад – восток, наличие «нормальных» и «аномальных» составляющих общей модели глубинного строения верхней части земной коры. Возможные причины – различия в средней теплопроводности горных пород и/или в наличии дополнительных источников геотермического потока.

Проявления современной геодинамической активности (распределение сейсмических событий) и особенности её структуры (меридиональная зональность) находят своё отражение в структурах магнитной и геотермической модели.

**Благодарим
за внимание!**

