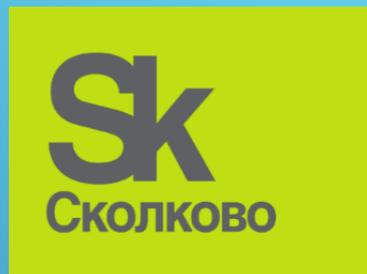


ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНВЕРСИЙ ГРАВИТАЦИОННЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПО СПОСОБУ ЭЛАСТИЧНОЙ СЕТИ

Давыденко А. Ю.

Иркутский государственный университет, ООО «Гелиос», г. Иркутск,



Решения линейных обратных задач грави- и магниторазведки – распространенные, современные и трудно проверяемые способы получения эффективных параметров физико-геологической модели изучаемого геологического пространства.

Развитие способов учета количественной, полуколичественной и качественной априорной геолого-геофизической информации при построении моделей по результатам решения обратных задач гравимагниторазведки остается актуальной проблемой интерпретации геофизических данных.

ИНВЕРСИЯ И ЕЕ НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ

Геологическую эффективность инверсии можно повысить, если математическое обеспечение в самом общем виде будет учитывать:

- ✓ Компактность объектов, создающих аномалии, – само понятие геофизической аномалии подразумевает ее уникальность и пространственную локализацию соответствующего объекта;
- ✓ Вероятный диапазон эффективных значений искомым физическим свойств (плотность, магнитная восприимчивость, составляющие вектора намагниченности) – отсеивать решения с нереальными значениями физических свойств элементов модели;
- ✓ Дифференциацию изучаемого пространства на области с существенно различным характером физико-геологических неоднородностей – структурные этажи в платформенных областях и т.п.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА МОДЕЛИ ИНВЕРСИИ

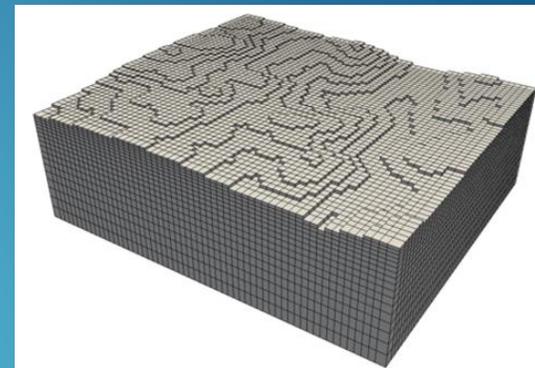
Модель линейной инверсии гравитационных и магнитных полей

$$\mathbf{d} = F\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\epsilon}, \quad (1)$$

где \mathbf{d} – поле, заданное в n точках; F - $n \times m$ матрица базисных функций (МБФ) сеточной модели; $\boldsymbol{\beta}$ – m -вектор искомых значений физического свойства; $\boldsymbol{\epsilon}$ - n вектор невязки исходного поля \mathbf{d} и поля, полученного для данной МБФ.

При определении плотности и магнитной восприимчивости размерность искомого вектора $\boldsymbol{\beta}$ равна числу ячеек, а при нахождении составляющих вектора суммарной намагниченности увеличивается в три раза.

Реальные задачи существенно недоопределены ($n \ll m$) и их решение требует применения способов регуляризации.



3D СЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕРСИИ

Гравитационный эффект

$$\Delta g = \delta \cdot \gamma \cdot V_z$$

$$F_g = \gamma \cdot V_z$$

F_g - базисная функция при определении плотности

Модель индукционной намагниченности

$$\Delta T = \kappa \cdot T_0 \cdot a_0^T \cdot V_{rr} \cdot a_0$$

$$a_0 = \begin{pmatrix} \cos(I_0) \cdot \sin(D_0) \\ \cos(I_0) \cdot \cos(D_0) \\ \sin(I_0) \end{pmatrix}$$

$$\Delta T = \kappa \cdot F_T$$

$$F_T = T_0 \cdot a_0^T \cdot V_{rr} \cdot a_0$$

$$V_{rr} = \begin{bmatrix} V_{xx} & V_{xy} & V_{xz} \\ V_{xy} & -(V_{xx} + V_{zz}) & V_{yz} \\ V_{xz} & V_{yz} & V_{zz} \end{bmatrix}$$

F_T - базисная функция при определении магнитной восприимчивости

$$J_\Sigma = J_{ind} + J_{rem}$$

$$J_\Sigma = \begin{pmatrix} J_{\Sigma x} \\ J_{\Sigma y} \\ J_{\Sigma z} \end{pmatrix}$$

$$\Delta T = a_0^T \cdot V_{rr} \cdot J_\Sigma$$

$$F_\Sigma = a_0^T \cdot V_{rr}$$

F_Σ - базисная функция при определении вектора суммарной намагниченности

БАЗИСНЫЕ ФУНКЦИИ

$$V_z := \begin{cases} VZ(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow \zeta \cdot \operatorname{atan}\left(\frac{\xi \cdot \eta}{\zeta \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}}\right) - \xi \cdot \ln(\eta + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}) - \eta \cdot \ln(\xi + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}) \\ VZ(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - VZ(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - VZ(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + VZ(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - VZ(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + VZ(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + VZ(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - VZ(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{xx} := \begin{cases} Vxx(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow -\operatorname{atan}\left(\frac{\eta \cdot \zeta \cdot \operatorname{csgn}(\xi) \cdot \operatorname{csgn}(\eta)}{\xi \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}}\right) \cdot \operatorname{csgn}(\xi) \cdot \operatorname{csgn}(\eta) \\ Vxx(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vxx(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vxx(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vxx(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - Vxx(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vxx(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + Vxx(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vxx(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{xy} := \begin{cases} Vxy(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow \ln\left(\zeta + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}\right) \\ Vxy(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vxy(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vxy(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vxy(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - Vxy(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vxy(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + Vxy(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vxy(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{xz} := \begin{cases} Vxz(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow \ln(\eta + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}) \\ Vxz(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vxz(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vxz(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vxz(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - Vxz(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vxz(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + Vxz(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vxz(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{zy} := \begin{cases} Vzy(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow \ln(\xi + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}) \\ Vzy(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vzy(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vzy(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vzy(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) - Vzy(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vzy(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) + Vzy(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vzy(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{zz} := \begin{cases} Vzz(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow -\operatorname{atan}\left(\frac{\xi \cdot \eta \cdot \operatorname{csgn}(\eta) \cdot \operatorname{csgn}(\zeta)}{\zeta \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}}\right) \cdot \operatorname{csgn}(\eta) \cdot \operatorname{csgn}(\zeta) \\ Vzz(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vzz(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vzz(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vzz(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - Vzz(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vzz(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + Vzz(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vzz(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

$$V_{yy} := \begin{cases} Vyy(\xi, \eta, \zeta) \leftarrow -\operatorname{atan}\left(\frac{\xi \cdot \zeta \cdot \operatorname{csgn}(\xi) \cdot \operatorname{csgn}(\eta)}{\eta \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}}\right) \cdot \operatorname{csgn}(\xi) \cdot \operatorname{csgn}(\eta) \\ Vyy(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) - Vyy(\xi_2, \eta_2, \zeta_1) - Vyy(\xi_2, \eta_1, \zeta_2) + Vyy(\xi_2, \eta_1, \zeta_1) - Vyy(\xi_1, \eta_2, \zeta_2) + Vyy(\xi_1, \eta_2, \zeta_1) + Vyy(\xi_1, \eta_1, \zeta_2) - Vyy(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \end{cases}$$

БАЗИСНЫЕ ФУНКЦИИ

Использование параметрического функционала А. Н. Тихонова, основанного на норме L_2

$$\min_{\beta} \{ \|F\beta - d\|_2^2 + \lambda S(\beta) \}, \quad (2)$$

где $\lambda > 0$ – параметр регуляризации; $S(\beta)$ – стабилизатор, вид которого определяет желаемые свойства решений,

$$S(\beta) = \|W\beta\|_2^2, \quad (3)$$

где W - $m \times m$ матрица, алгоритм формирования которой позволяет получать решения, обладающие некоторыми заданными свойствами: минимизация нормы решения, гладкость, взвешенность по глубине ...

Общая тенденция решения – распределить результат по всем ячейкам модели. «Размазанное» решение хорошо аппроксимирует поле, но слабо соответствует пространственному распределению физического свойства.

РЕШЕНИЕ НА ОСНОВЕ НОРМЫ L_2

Tibshirani, R. (1996) Regression shrinkage and selection via the lasso. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 58, 267–288.

Сжатие по минимуму модулей (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator – LASSO)

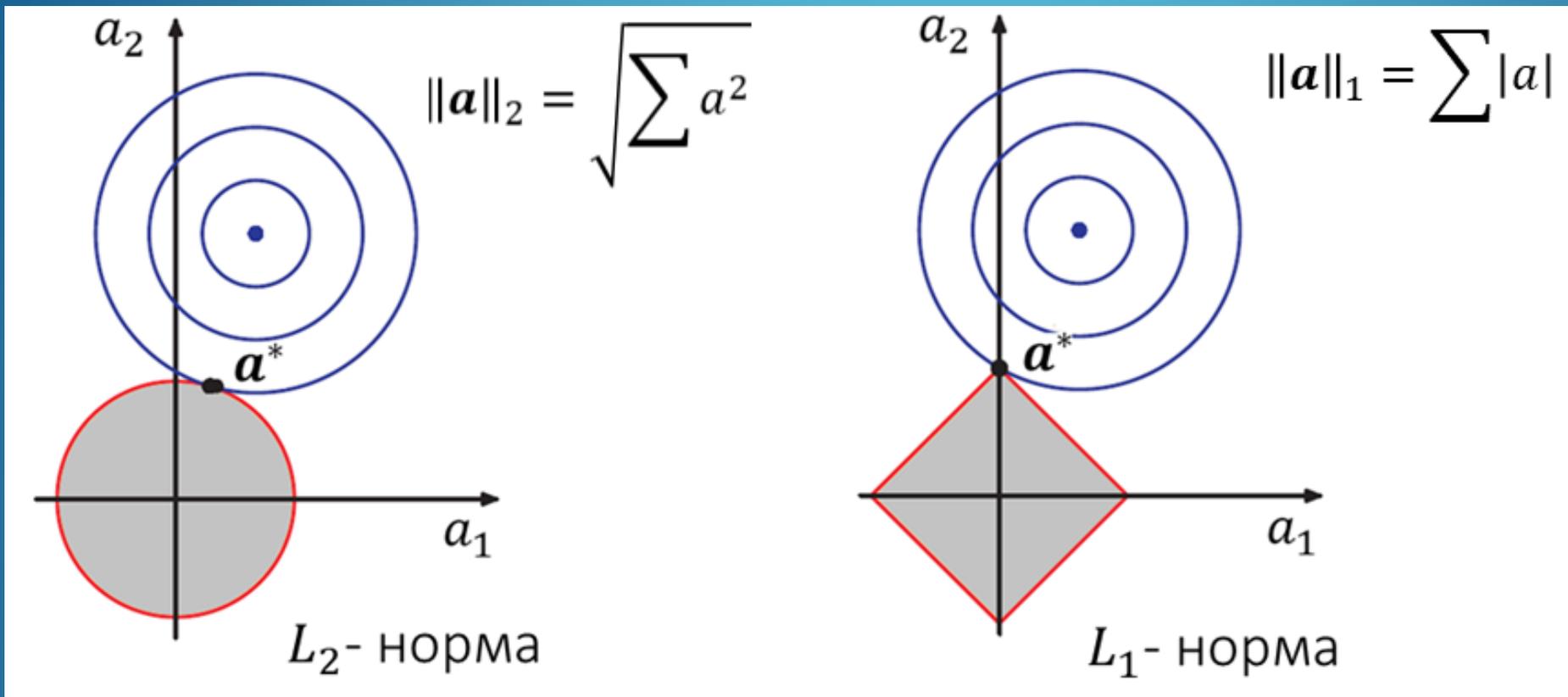
$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \min_{\boldsymbol{\beta}} \{ \|F\boldsymbol{\beta} - \mathbf{d}\|_2^2 \} \text{ при условии } \|\boldsymbol{\beta}\|_1 \leq \tau \quad (4)$$

ИЛИ

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \min_{\boldsymbol{\beta}} \{ \|F\boldsymbol{\beta} - \mathbf{d}\|_2^2 \} + \alpha \|\boldsymbol{\beta}\|_1, \quad \alpha \geq 0. \quad (5)$$

Метод LASSO дает сжатые решения, концентрирующие гравитационные и магнитные массы вблизи центров источников полей.

РЕШЕНИЕ НА ОСНОВЕ НОРМЫ L_1



УСЛОВНАЯ МИНИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ
 L_2 И L_1 НОРМ ВЕКТОРА $a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$

Zou H. Regularization and Variable Selection via the Elastic Net // H. Zou, T. Hastie
Journal of the Royal Statistical Society B, 2005, 67(2), 301-320

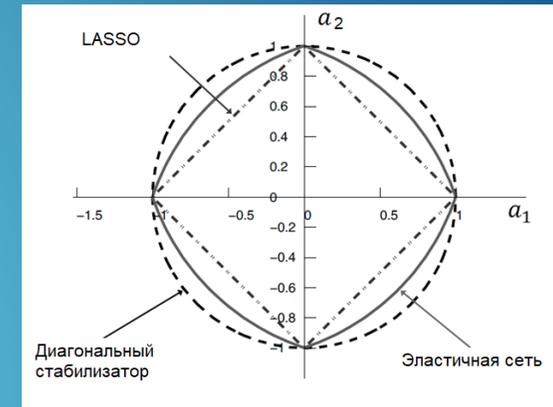
Метод ELNET основан на минимизации функционала

$$\min_{(\beta_0, \beta)} R_\lambda(\beta_0, \beta) = \min_{(\beta_0, \beta)} \left[\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (d_i - \beta_0 - F_i^T \beta)^2 + \lambda P_0(\beta) \right], \quad (6)$$

где в регуляризирующей части

$$P_0(\beta) = (1 - \alpha) \frac{1}{2} \|\beta\|_{l_2}^2 + \alpha \|\beta\|_{l_1} = \sum_{j=1}^p \left[\frac{1}{2} (1 - \alpha) \beta_j^2 + \alpha |\beta_j| \right];$$

β_0 – фоновая составляющая поля; β – искомое физическое свойство; λ – параметр регуляризации; α – параметр определяющий вклад метрик L_1 и L_2 в решение ($0 < \alpha \leq 1$).



УСЛОВНАЯ МИНИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ
КОМБИНИРОВАННОГО ФУНКЦИОНАЛА
ЭЛАСТИЧНОЙ СЕТИ (ELNET)

В отличие от DSF (диагонального стабилизирующего функционала) эластичная сеть (ELNET) позволяет получать «сжатые» решения со значительным количеством «нулевых/фоновых» ячеек за счет объединения коррелированных переменных (базисных функций ячеек).

« It is like a stretchable fishing net that retains 'all the big fish'. »

В отличие от LASSO размерность вектора β не ограничена рангом матрицы базисных функций, а получаемые при различных значениях параметров α и λ множества решений, позволяют выбирать вектора β с составляющими, укладывающимися в реальный диапазон значений прогнозируемого физического свойства.

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛАСТИЧНОЙ СЕТИ

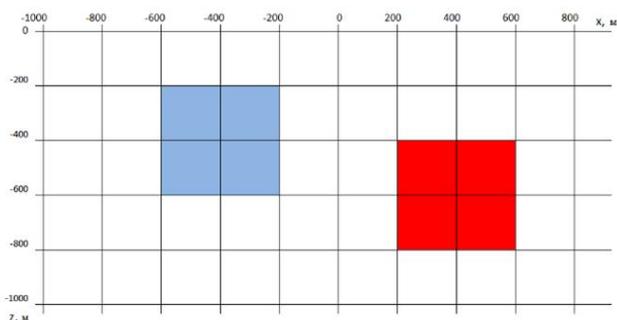
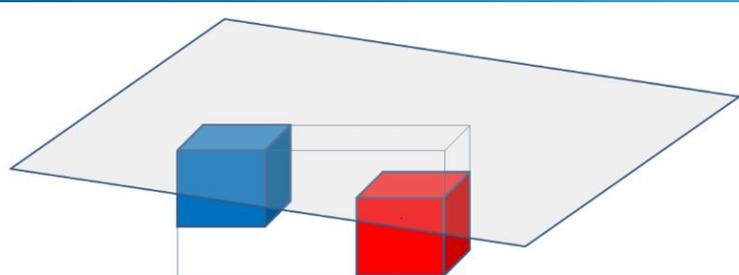
В настоящее время программа инверсии ELNET реализована в Matlab'e.

В качестве основы инверсий использована функция Matlab **lasso.m** © 2011-2016 The MathWorks, Inc.

Friedman J. H., Hastie T., Tibshirani R. Regularization Paths for Generalized Linear Models via Coordinate Descent / Journal of Statistical Software, 2010, 33(1).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНВЕРСИИ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТИЧНОЙ СЕТИ

1. Отказ от рекомендуемой авторами программы процедуры перекрестной проверки – CV (Cross Validation), которая в условиях высокой эквивалентности источников потенциальных полей непродуктивна из-за доминирующего выбора решений с минимальной среднеквадратической погрешности.
2. Нормирование поля и матрицы базисной функции для повышения эффективности инверсии.
3. Выбор решений в пространстве параметров регуляризации α и λ , для которых:
 - значения составляющих вектора физического свойства β соответствуют заданному диапазону возможных значений $\beta_{\min} \div \beta_{\max}$;
 - среднеквадратическое расхождение (RMS) инвертируемого поля и поля модели, соответствующего вектору β , не превышает заданного значения.

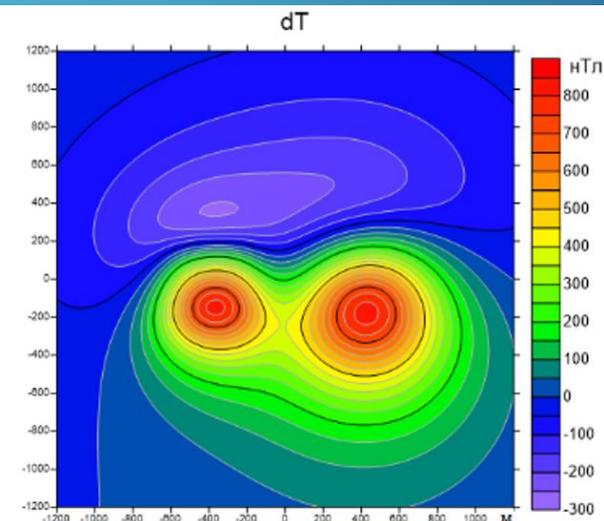
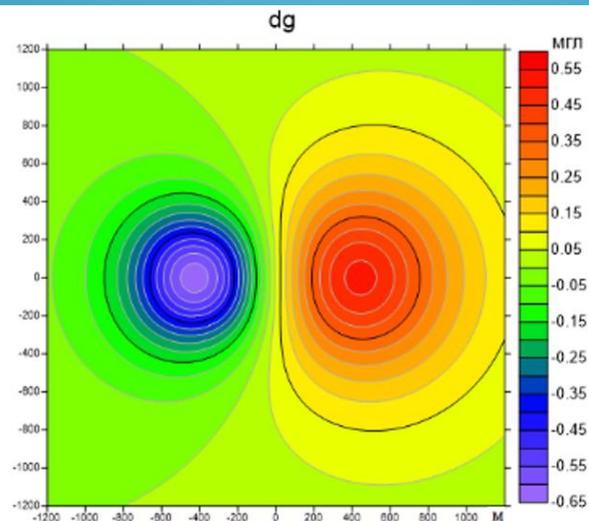


Элементы нормального магнитного поля

$T_0 = 60000$ нТл

$D_0 = -10^\circ$

$I_0 = 60^\circ$

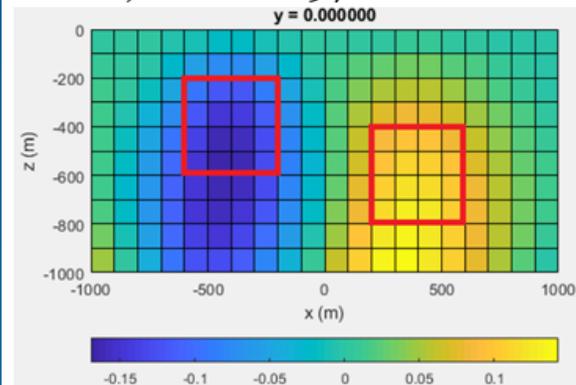


Элемент модели	Плотность, г/см ³	Магнитная восприимчивость, ед. СИ
Куб (синий)	-0.3	0.01
Куб (красный)	0.5	0.03

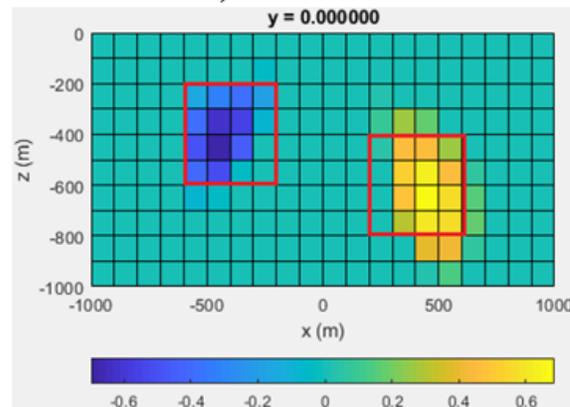
МОДЕЛЬ ИЗ ДВУХ КУБОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНВЕРСИЙ

Распределение плотности, г/см³

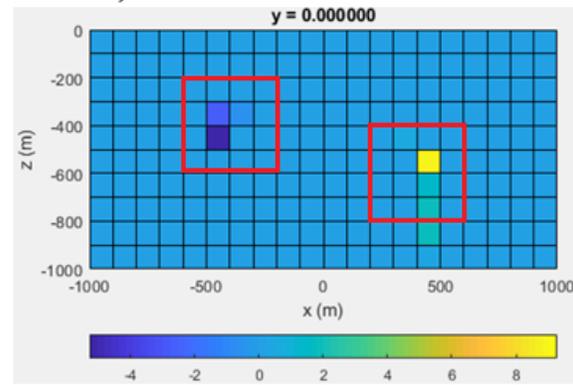
$\alpha = 0, \lambda = 2.097$



$\alpha = 0.022, \lambda = 0.112$

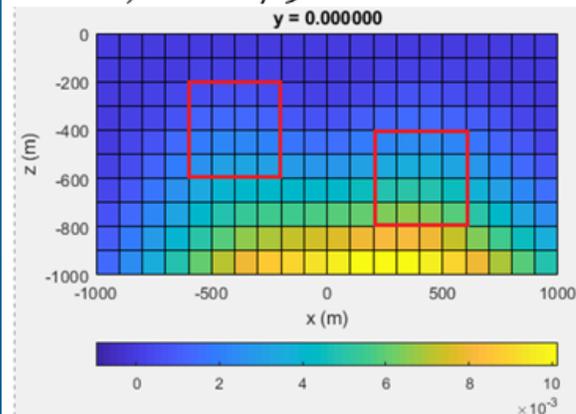


$\alpha = 1, \lambda = 0.0022$

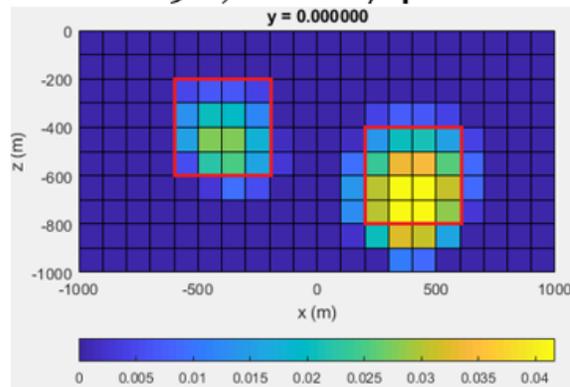


Распределение магнитной восприимчивости, ед. СИ

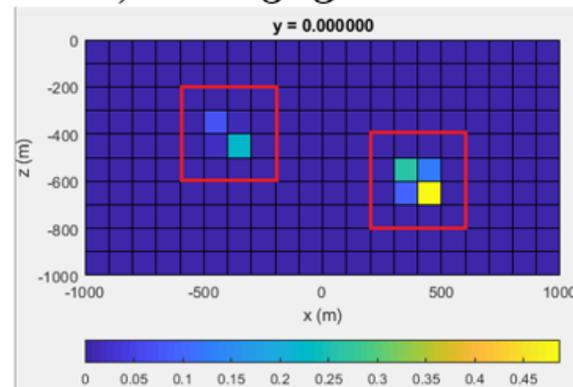
$\alpha = 0, \lambda = 179$



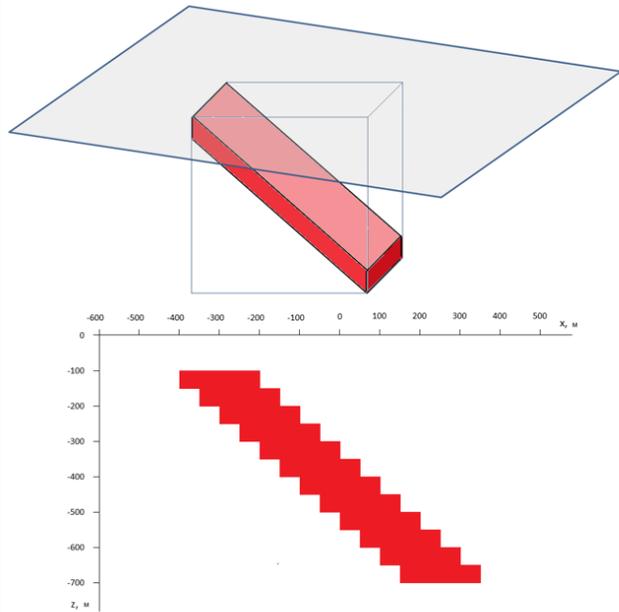
$\alpha = 0.898, \lambda = 1.74$



$\alpha = 1, \lambda = 1.563$



ИНВЕРСИЯ
ПОЛЕЙ
ДЛЯ
МОДЕЛИ
ИЗ ДВУХ
КУБОВ

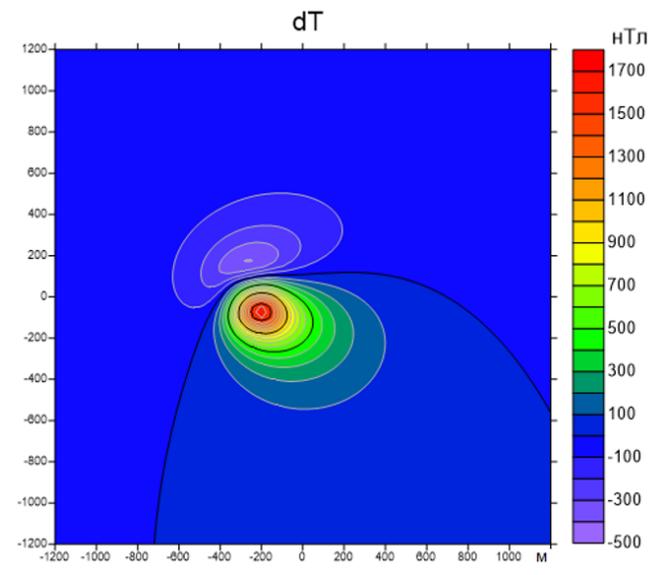
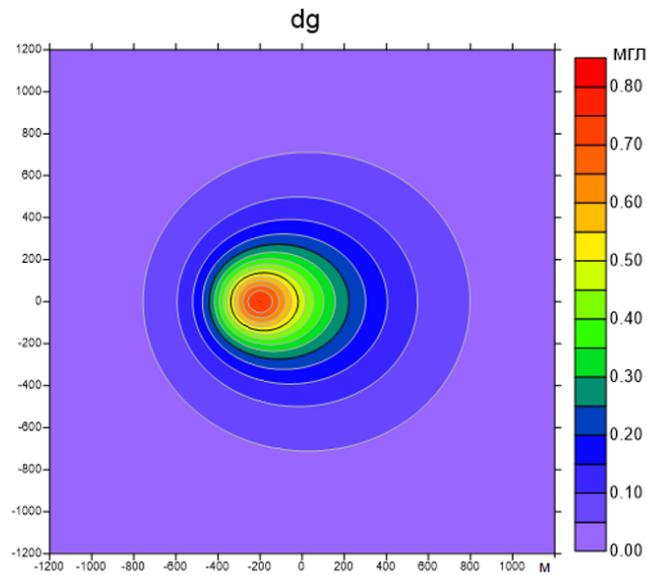


Элементы нормального магнитного поля

$$T_0 = 60000 \text{ нТл}$$

$$D_0 = -10^\circ$$

$$I_0 = 60^\circ$$

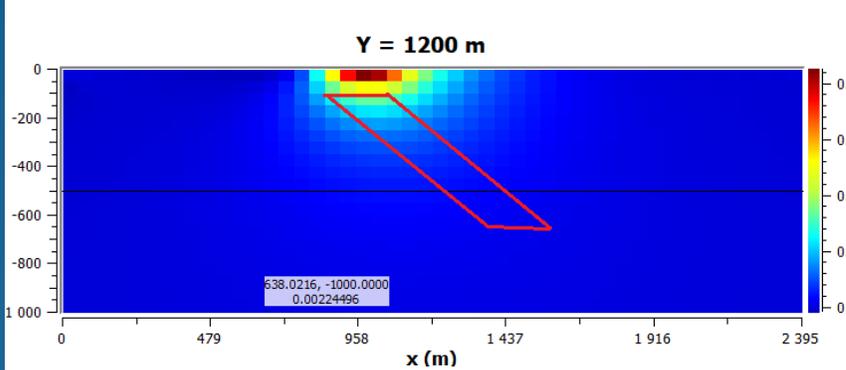


Элемент модели	Плотность, г/см ³	Магнитная восприимчивость, ед. СИ
Наклонная пластина	0.5	0.02

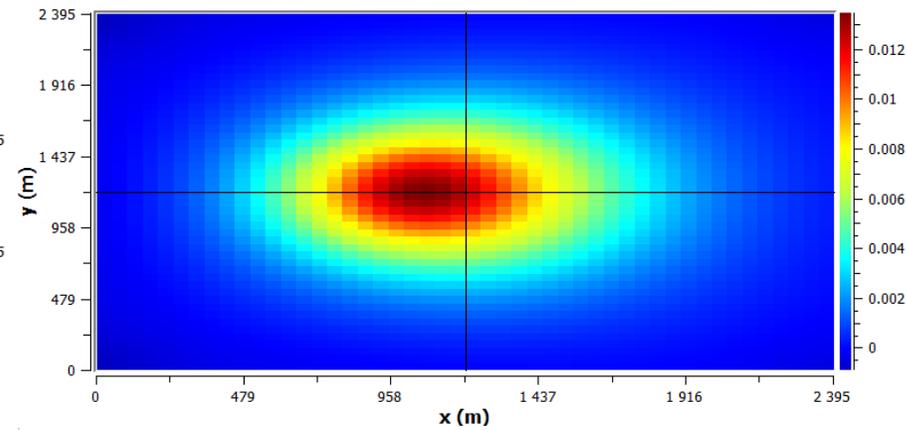
МОДЕЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНВЕРСИЙ

ИНВЕРСИЯ DSF ДЛЯ МОДЕЛИ НАКЛОННОЙ ПЛАСТИНЫ

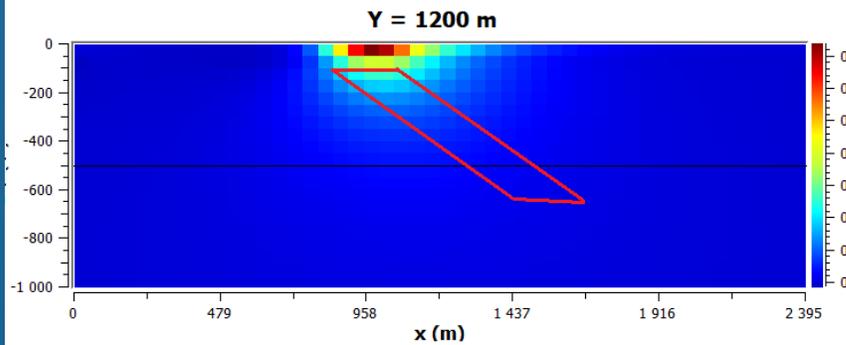
Распределение плотности, г/см^3



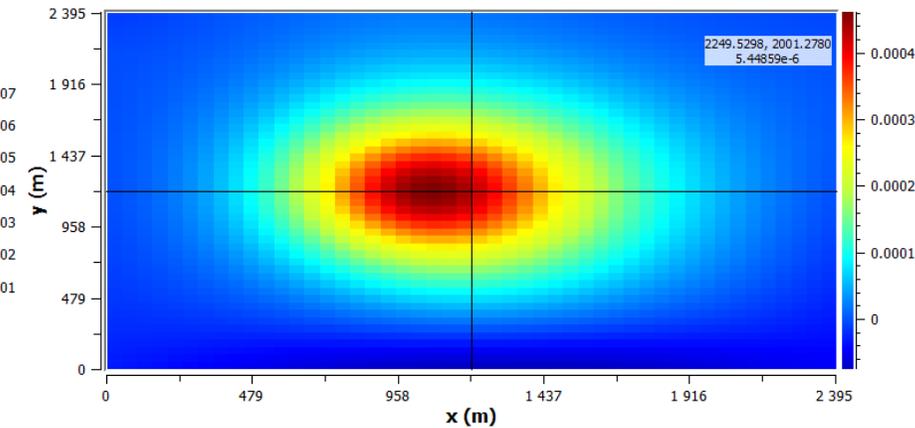
Z = -500 m



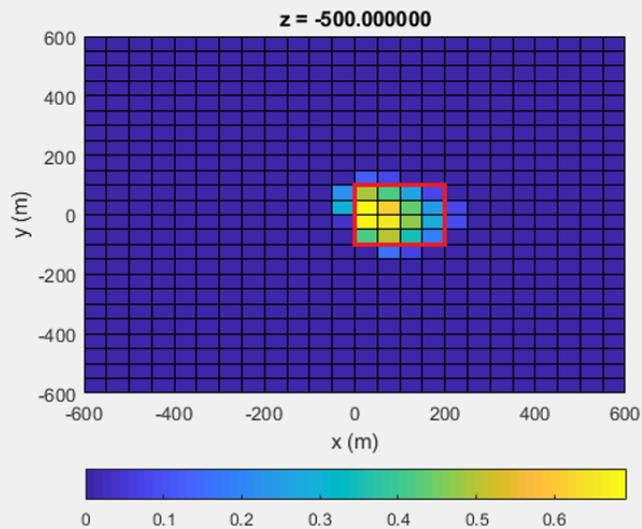
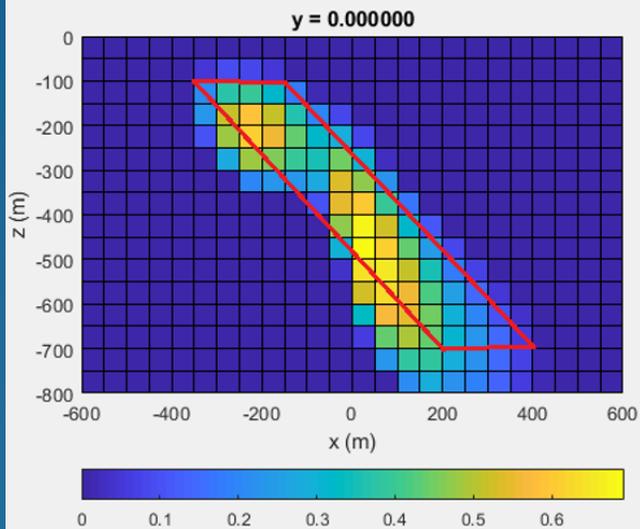
Распределение магнитной восприимчивости, ед. СИ



Z = -500 m

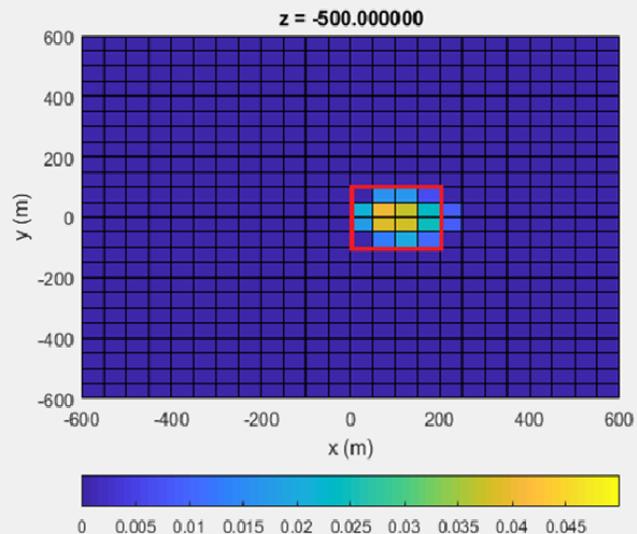
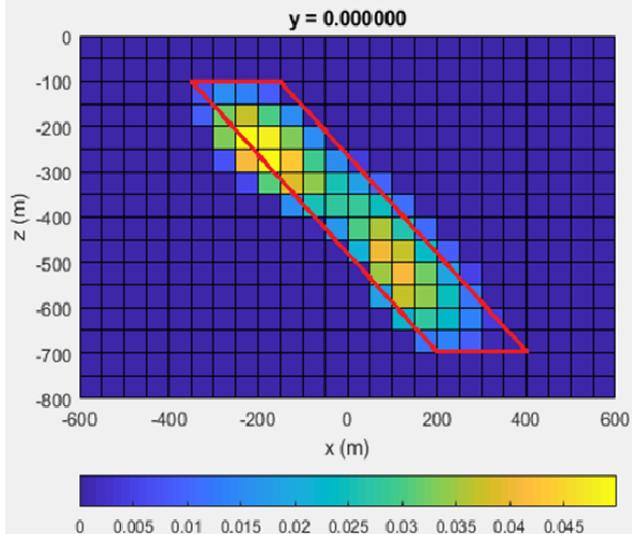


Распределение плотности, г/см³



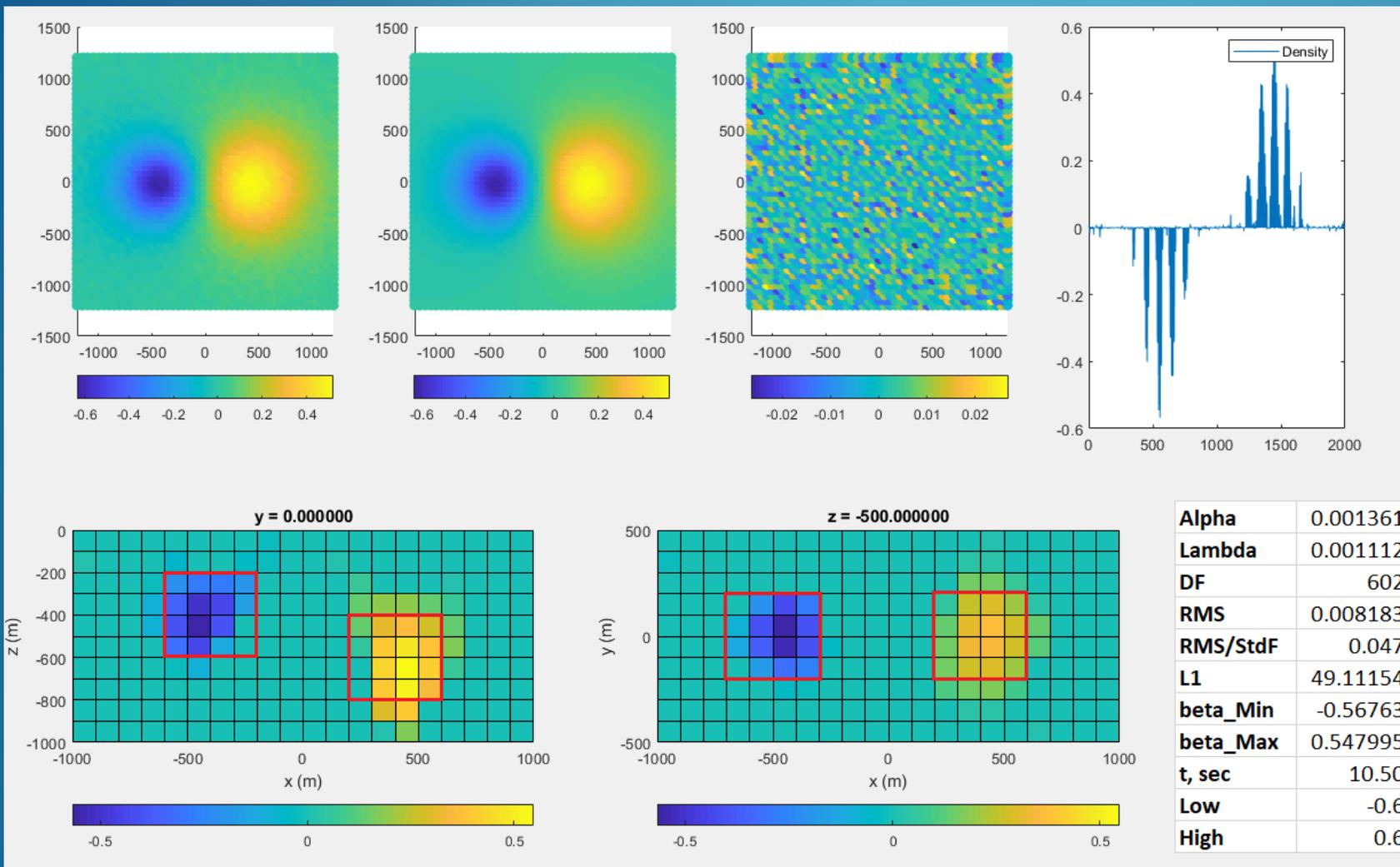
Alpha	0.000699
Lambda	0.365068
DF	404
RMS	0.002852
RMS/StdF	0.030
L1	49.11154
beta_Min	0
beta_Max	0.692532
t, sec	20.53
Low	0
High	0.7

Распределение магнитной восприимчивости, ед. СИ



Alpha	0.001077
Lambda	0.362088
DF	210
RMS	8.470499
RMS/StdF	0.057
L1	49.11154
beta_Min	0
beta_Max	0.05
t, sec	26.76
Low	0
High	0.05

ИНВЕРСИЯ ELNET ДЛЯ МОДЕЛИ НАКЛОННОЙ ПЛАСТИНЫ



ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ EUNET-ИНВЕРСИИ.
 УРОВЕНЬ СЛУЧАЙНОЙ ГАУССОВСКОЙ ПОМЕХИ 5%¹⁹

- ▶ Использование эквивалентного подстилающего слоя для выделения эффекта платформенного чехла.
- ▶ Выбор решений с учетом возможных ограничений на знак и диапазон определяемого физического свойства.

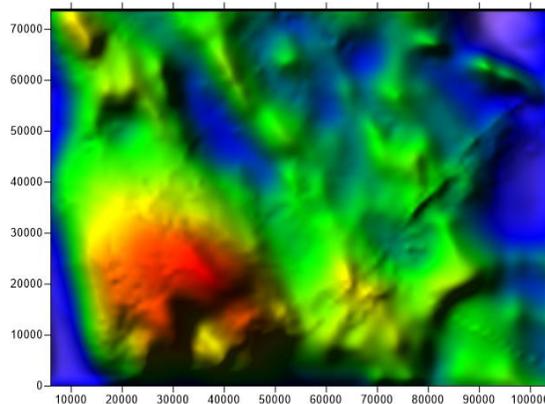
ELNET-ИНВЕРСИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ 3D МОДЕЛЕЙ

- ▶ Гравитационные и магнитные поля заданы по сети 1000×1000 м на площади 105×75 км – всего 7600 значений
- ▶ Размер ячеек сетки $1000 \times 1000 \times 1000$ м.
- ▶ Четыре слоя по 1000 м. Высотная отметка верхней кромки первого слоя 500 м, нижней кромки четвертого слоя -3500 м. Всего ячеек модели 30400.
- ▶ Три верхних слоя примерно соответствуют осадочному чехлу, нижний – верхней части фундамента.

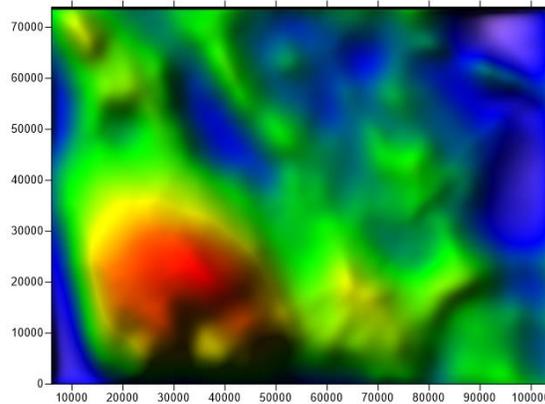
ЧЕТЫРЕХСЛОЙНАЯ СЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ С
НИЖНИМ СЛОЕМ, ЭКВИВАЛЕНТНЫМ
ЭФФЕКТУ ФУНДАМЕНТА

Распределение эффективной магнитной восприимчивости по слоям

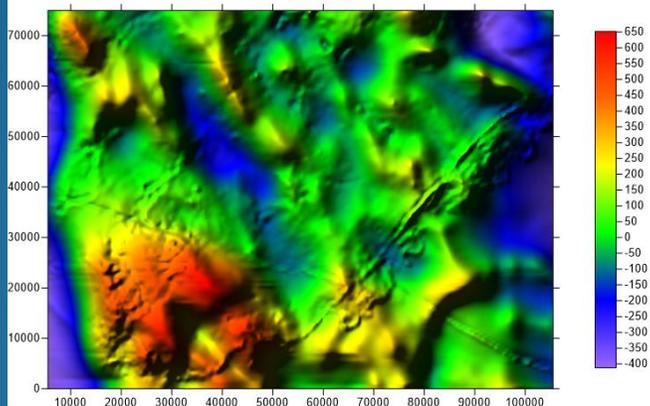
Верхняя кромка 500 м



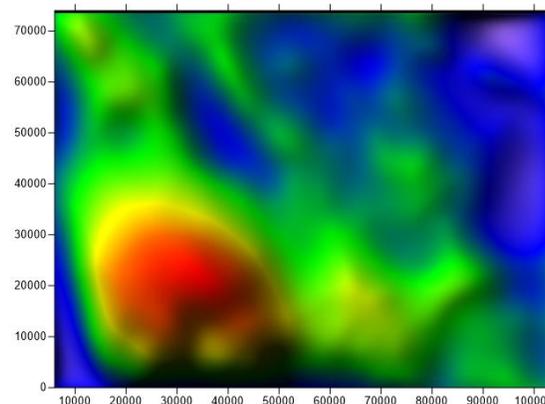
Верхняя кромка -500 м



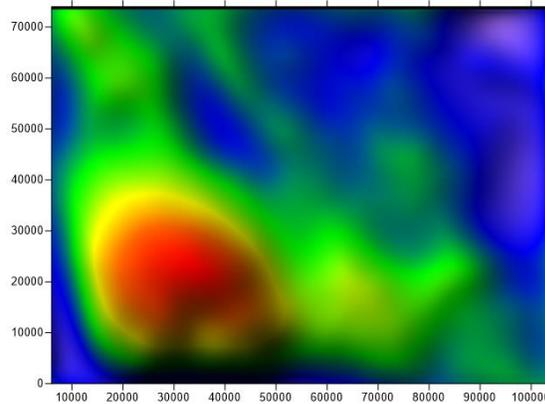
Исходное магнитное поле



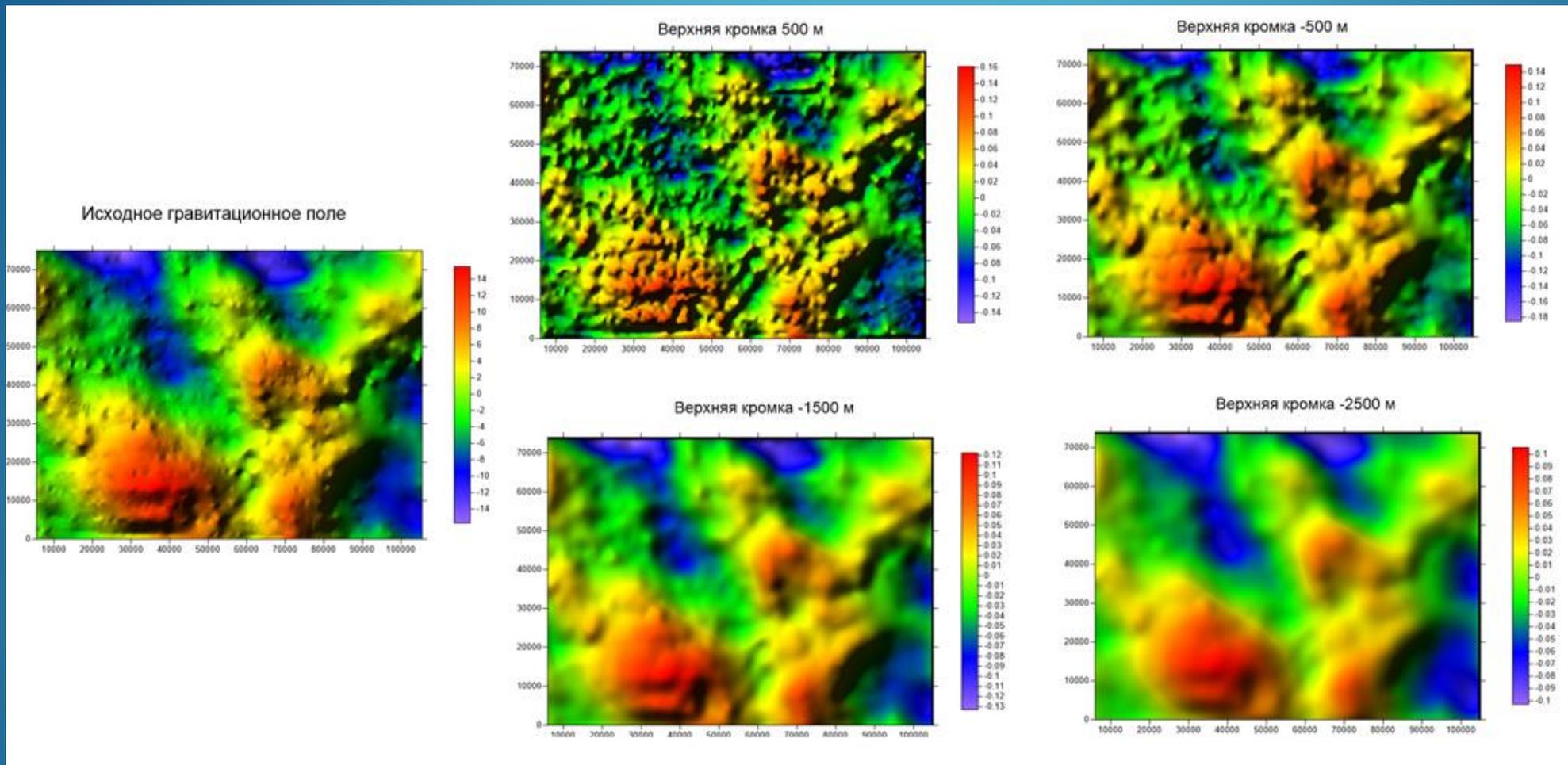
Верхняя кромка -1500 м



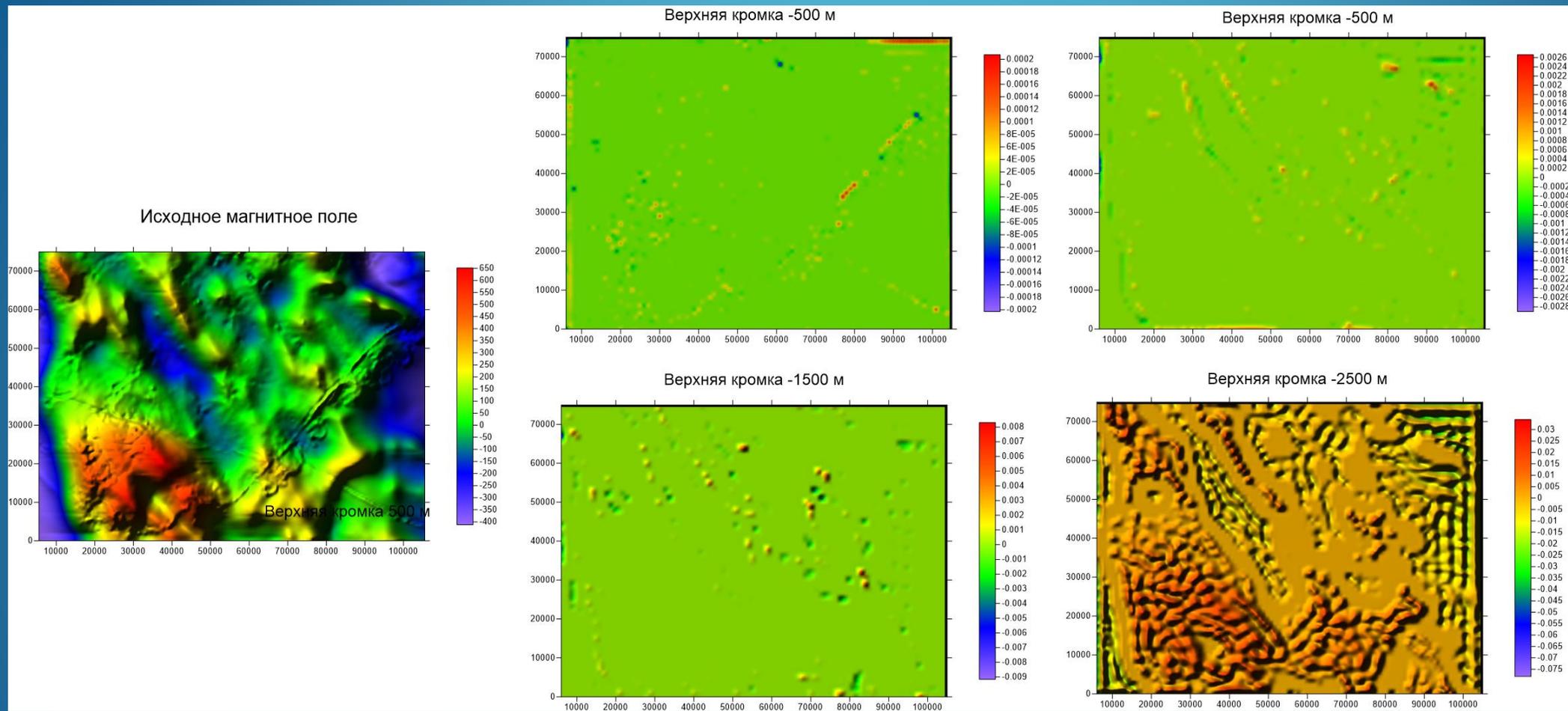
Верхняя кромка -2500 м



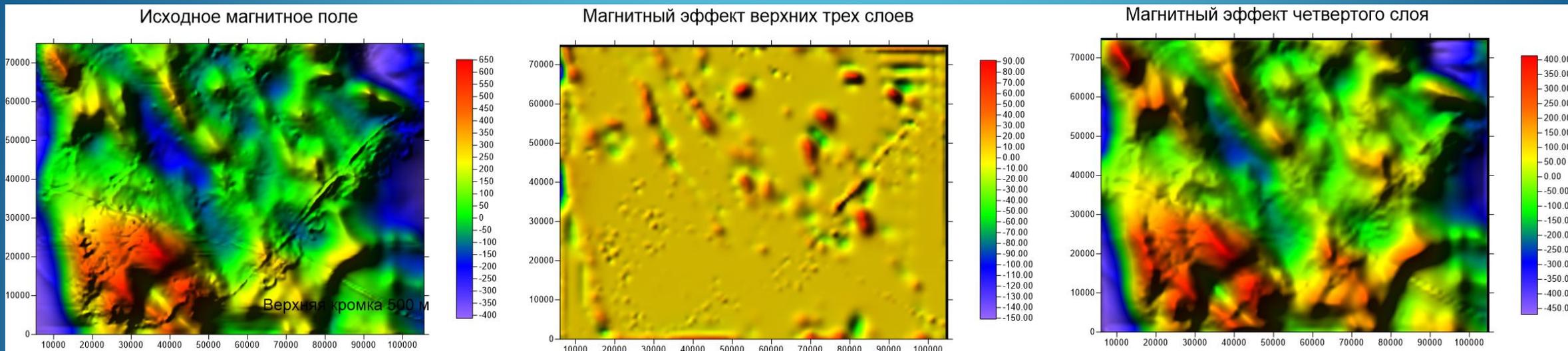
ЭФФЕКТИВНАЯ МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНВЕРСИИ С ДИАГОНАЛЬНЫМ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМ ФУНКЦИОНАЛОМ (DSF)



ЭФФЕКТИВНАЯ ИЗБЫТОЧНАЯ ПЛОТНОСТЬ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ИНВЕРСИИ С ДИАГОНАЛЬНЫМ
СТАБИЛИЗИРУЮЩИМ ФУНКЦИОНАЛОМ

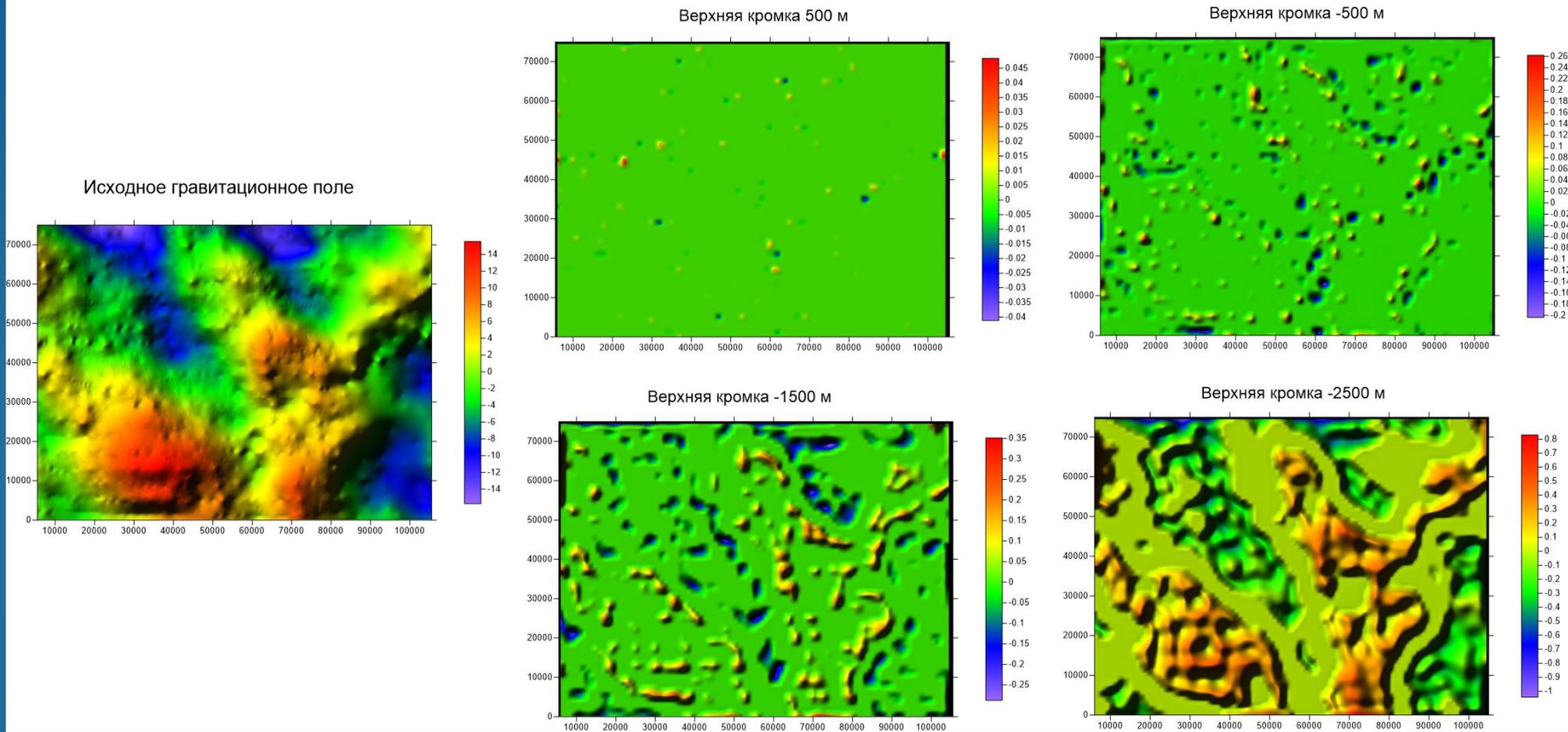


ЭФФЕКТИВНАЯ МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНВЕРСИИ ПО МЕТОДУ ELNET

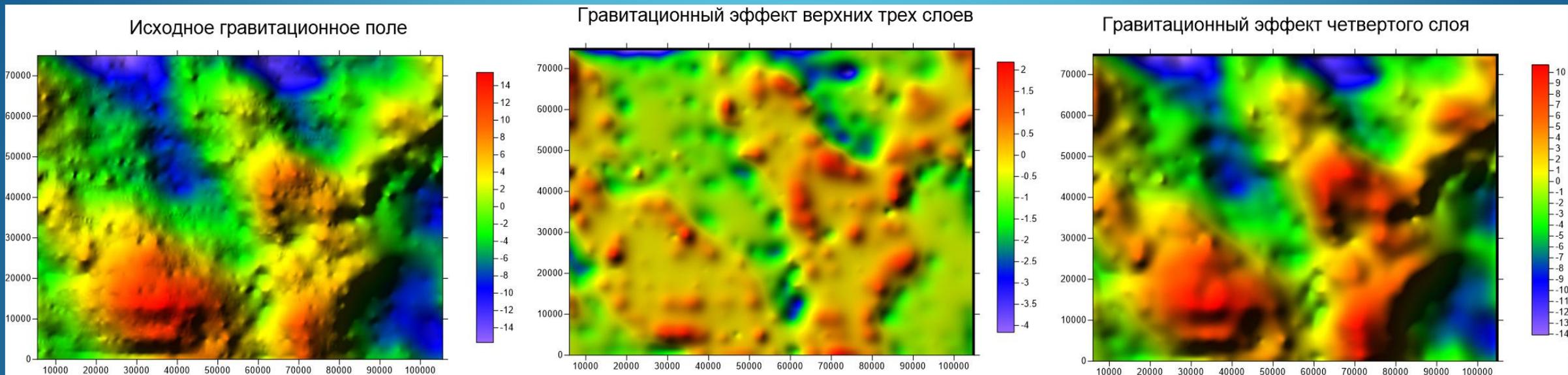


СОСТАВЛЯЮЩИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ ФУНДАМЕНТА

Распределение эффективной избыточной плотности по слоям



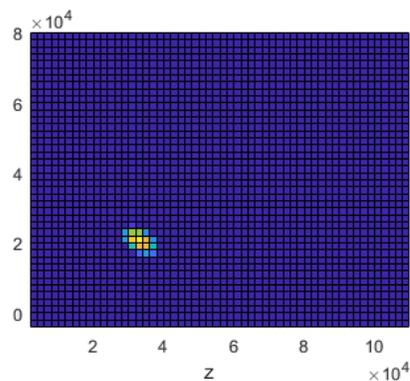
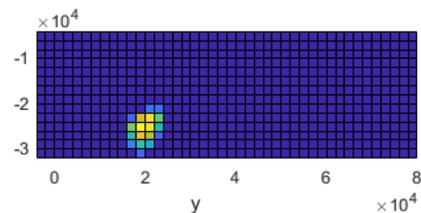
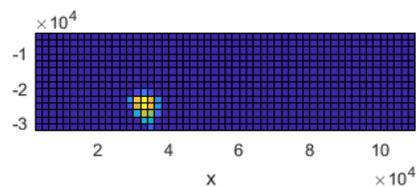
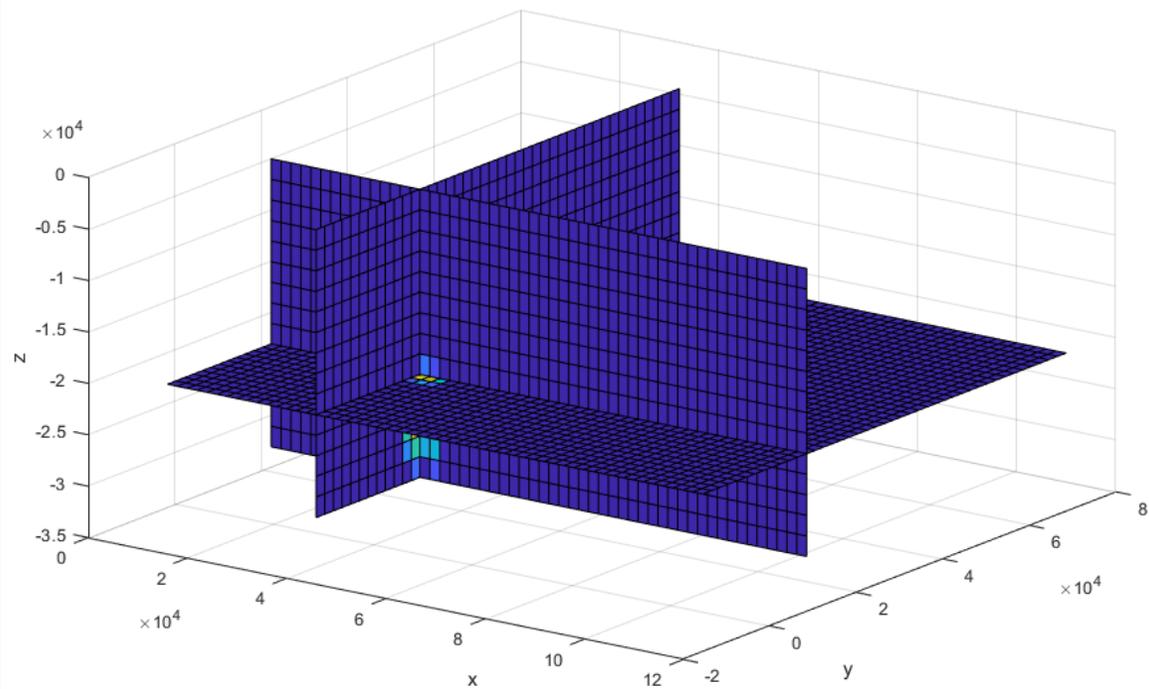
ЭФФЕКТИВНАЯ ИЗБЫТОЧНАЯ
ПЛОТНОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ИНВЕРСИИ ПО МЕТОДУ ELNET



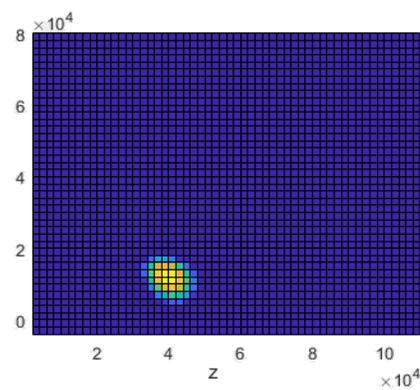
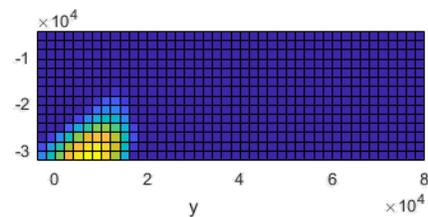
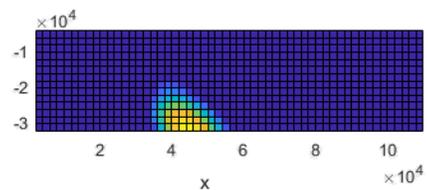
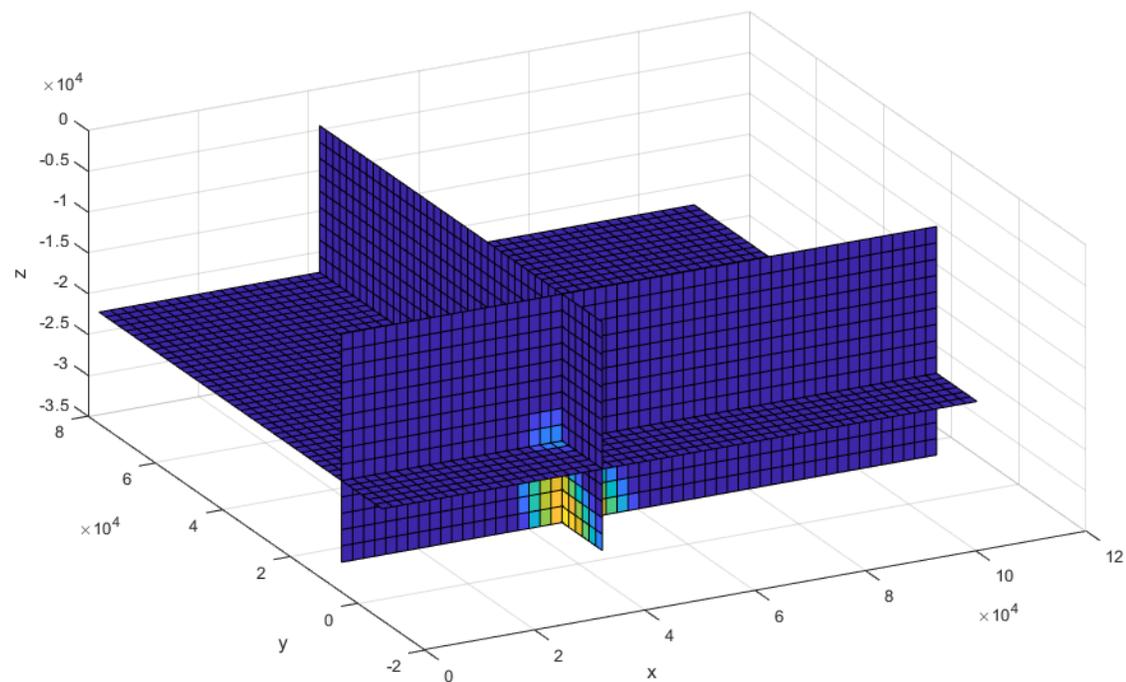
СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО
ПОЛЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И
ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ ФУНДАМЕНТА

- ▶ Гравитационные и магнитные поля заданы по сети 1000×1000 м на площади 105×75 км – всего 7600 значений
- ▶ Размер ячеек сетки $2000 \times 2000 \times 2000$ м.
- ▶ 15 слоев по 2000 м. Высотная отметка верхней кромки первого слоя 3500 м, нижней кромки 15-го слоя -33500 м. Всего ячеек модели 35 475.

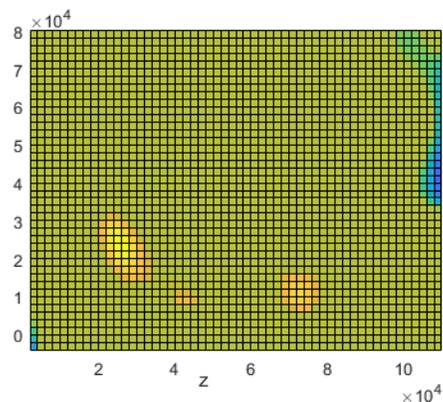
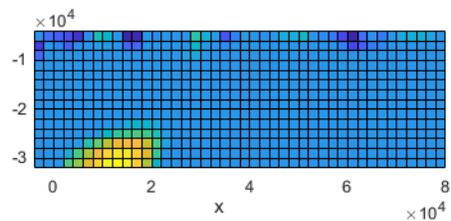
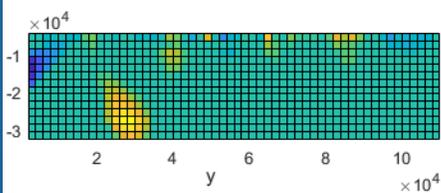
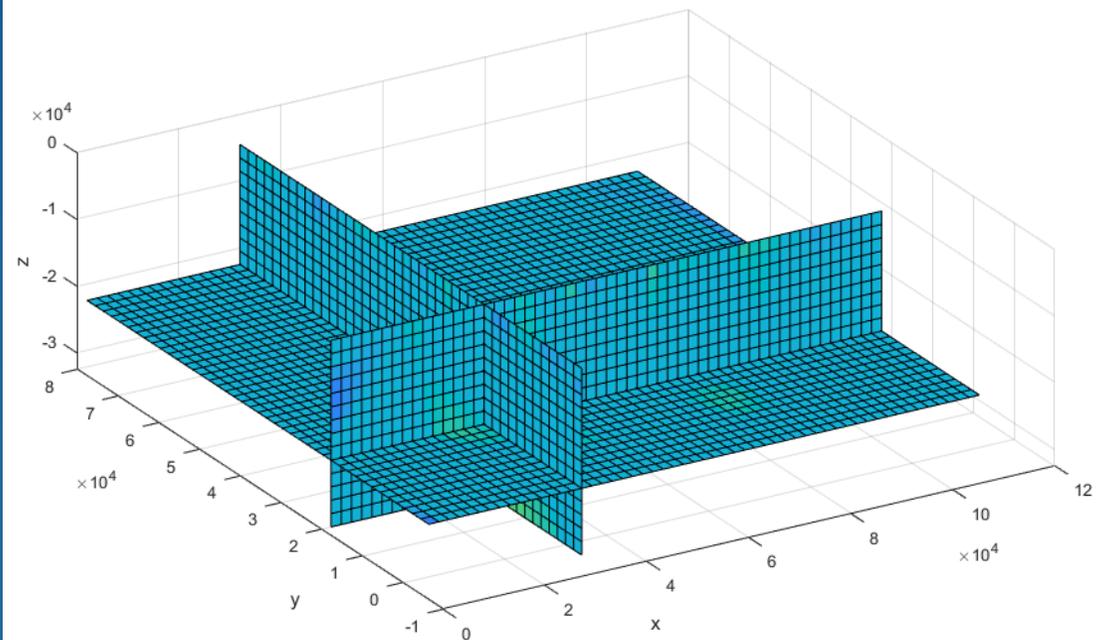
15-ТИ СЛОЙНАЯ СЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ
ИНВЕРСИИ ЭФФЕКТА ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ



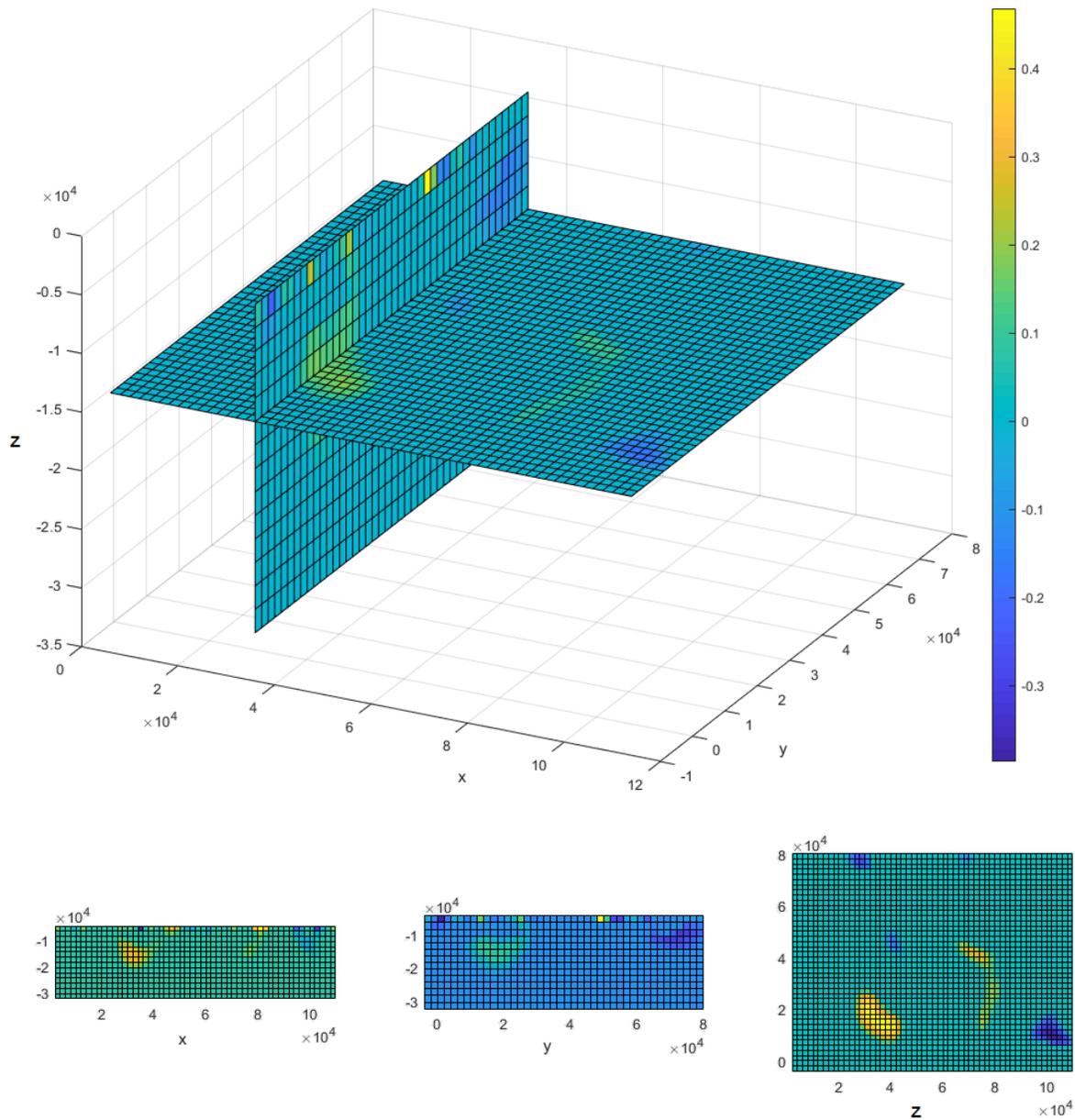
РЕЗУЛЬТАТ ИНВЕРСИИ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ
ФУНДАМЕНТА С
ОГРАНИЧЕНИЕМ НА ЗНАК
МАГНИТНОЙ
ВОСПРИИМЧИВОСТИ



РЕЗУЛЬТАТ ИНВЕРСИИ
ГРАВИТАЦИОННОГО
ПОЛЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО
СЛОЯ ФУНДАМЕНТА С
ОГРАНИЧЕНИЕМ НА ЗНАК
ПЛОТНОСТИ



РЕЗУЛЬТАТ ИНВЕРСИИ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ
ФУНДАМЕНТА ЗА
ВЫЧЕТОМ ЭФФЕКТА
ГЛУБИННОЙ ИНТРУЗИИ



РЕЗУЛЬТАТ ИНВЕРСИИ
ГРАВИТАЦИОННОГО
ПОЛЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО
СЛОЯ ФУНДАМЕНТА ЗА
ВЫЧЕТОМ ЭФФЕКТА
ГЛУБИННОЙ ИНТРУЗИИ

1. Получение множества дискретных решений при ELNET-инверсии порождает не только проблему выбора, но также позволяет сместить акцент с минимизации невязки исходного и модельного полей в сторону выбора решений с позиций физико-геологической целесообразности (соответствия априорной геолого-геофизической информации).

В этом отношении ELNET-инверсия действительно более «эластична» по сравнению, например, с инверсией с некоторой заданной весовой матрицей в минимизируемом функционале.

ВЫВОДЫ

2. ELNET-инверсия обладает определенными саморегулирующими свойствами, позволяя использовать, например, весьма мелкие ячейки, которые в процессе инверсии «слипаются» в более крупные кластеры. В тоже время, присущее этой инверсии свойство обнуления ячеек, позволяет получать достаточно надежные компактные решения.
3. Инверсия на основе эластичной сети естественным образом допускает последовательную детализацию модели при снижении ее размерности за счет исключения из модели базисных функций, соответствующих «нулевым» фоновым ячейкам.

4. При ELNET-инверсии возможно выделение и исключение из модели инверсии части пространства, содержащей, по отношению к решаемой задаче, неоднородности-помехи. Например, неоднородности ВЧР платформенной области можно игнорировать исключением их из объема модели при изучении глубинного строения нижележащих структурных этажей. Ценой будет увеличение невязки исходного и модельного полей, но в то же время информация о более глубоко залегающих физико-геологических неоднородностях не будет «загоняться» в верхние слои, как это происходит в случае включения этой части разреза в модель инверсии.

ВЫВОДЫ

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!