

УДК 551.242.32

М.Д. Сидоров

**ВОКСЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПЛОТНОСТИ ЗЕМНОЙ
КОРЫ КАМЧАТКИ**

Представлена схема блоков земной коры, для которых созданы воксельные 3D массивы плотности с различным размером ячейки. Воксельные массивы получены путем обобщения двухмерных моделей глубинных геолого-геофизических разрезов. Приведены примеры использования воксельных моделей для объемной визуализации структурных поверхностей при решении различных геологических задач.

Ключевые слова: плотность, модель, глубинный разрез, земная кора, воксель.

Для проведения комплексного минерагенического анализа и прогнозирования новых минерагенических зон, рудных узлов и полей важно знать глубинное строение изучаемых территорий. Основным источником информации о глубинном строении являются геофизические методы: гравимагниторазведка, глубинные виды сейсморазведки и электроразведки. Эффективность методов основана на контрасте физических свойств горных пород слагающих геологические тела и структуры. Одним из таких свойств является плотность. Распределение плотности отражено в аномальном поле силы тяжести, а контактные поверхности, на которых происходит резкое изменение плотности слоев, выделяются в сейсмических данных. Глубинные зондирования проводятся по отдельным, удаленным друг от друга профилям и информация о плотностных неоднородностях, строго говоря, относится только к узкой полосе вдоль профиля, в остальной же части межпрофильного пространства распределение плотности остается не известной. Для характеристики плотности коры между профилями проводят интерпретацию аномального поля силы тяжести (обычно аномалий Буге) различными количественными методами. Одним из таких методов является плотностное моделирование глубинных геолого-геофизических разрезов, как правило, в двухмерном варианте. Но даже при относительно густой сети разрезов распределение плотности получается только в плоскости разрезов. Охарактери-

зовать тенденции изменения плотности в межпрофильном пространстве можно применив технологию создания воксельной (объемной) модели изображения этого параметра.

Модели блоков земной коры. Воксельная плотностная модель некоторого блока земной коры рассчитывается из компилированной матрицы XYZD, где X, Y – плановые координаты, Z — глубина, а D — модельная плотность в точках на плоскости глубинных разрезов пересекающих исследуемый блок коры. Модель представляет собой упорядоченный набор кубических ячеек заданного размера, с некоторой фиксированной плотностью для каждой ячейки. Методика моделирования подробно изложена в [1, 2, 3, 4]. В настоящей работе показаны территории Корякско-Камчатского региона, для которых имеются рассчитанные воксельные модели земной коры (рис. 1 (см. Приложение, стр. 289)) и примеры некоторых моделей (рис. 2, 3, 4 (см. Приложение, стр. 290–291)).

Воксельные модели рассчитаны до глубины 50 км на основе обобщения плотностных глубинных разрезов составленных при геолого-геофизических исследованиях региона. Использовано программное обеспечение Geosoft Inc. (Oasis Montaj) и Prima [1]. Для разных блоков, в зависимости от решаемых задач, размеры воксельных ячеек изменяются от 0,4 до 4 — 5 км.

На рис. 2 в качестве примера приведен фрагмент плотностной модели глубинного разреза вдоль профиля МОВЗ на участке п.Корф–п.В.Пенжино (Нурмухамедов А.Г. и др., 2013). Этот профиль использован в качестве опорного для построения сети 2D-плотностных моделей глубинных разрезов и создания воксельной модели блока коры листа Р-58. Также в качестве опорных были использованы сейсмические профили (МОВЗ и ГСЗ) и в других районах Камчатки.

На рис. 3, 4 показаны фрагменты воксельной модели участка земной коры в Срединном хребте полуострова Камчатка, которые показывают распределение плотности в районе вулкана Хангар и блоке к югу от него.

На рис. 3 видно, что купольная гранито-гнейсовая структура, выделяемая на геологических картах имеет форму опрокинутой воронки и распространяется на глубину более 10 км. Наиболее низкая плотность в верхней части коры расположена под кальдерой вулкана Хангар.

На рис. 4 приведен пример использования воксельной плотностной модели для выявления никеленосных интрузий в верхней части земной коры. Воксельные модели позволяют выделить изоповерхности с заданным значением представленного параметра. В верхней части рисунка показаны изоповерхности охватывающие объемы геосреды с плотностью превышающей $2,9 \text{ г/см}^3$, что соответствует породам базитового ряда, которые слагают интрузии никеленосного магматического комплекса.

Заключение

Воксельные модели плотности отдельных блоков земной коры составлены для различных районов Камчатки. 3D массивы полученные обобщением двумерных моделей глубинных геолого-геофизических разрезов могут быть использованы для решения различных геологических задач – картирования глубинных контактных структурных поверхностей, выявления неэродированных интрузий, определения формы геологических тел и структур. Размеры элементарных ячеек моделей определяются в зависимости от поставленных задач и густоты сети глубинных разрезов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоров М.Д. Картирование мезозойского фундамента Авачинско-Корякской группы вулканов (Камчатка) методом плотностного моделирования. // Вулканология и сейсмология. 1994 . № 4–5. С 99–105.
2. Сидоров М.Д., Новаков Р.М. Плотностная модель зоны сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг // Региональная геология и металлогения. – 2014 – №58. – С.59–65.
3. Сидоров М.Д. Плотностное моделирование магматических структур в Колпаковском перспективном никеленосном районе (срединный массив, Камчатка) // – 2015. – Тихоокеанская геология. – Том.34. – №3. – С.31–41.
4. Сидоров М.Д., Таскин В.В., Вешняков Н.А. Плотностные неоднородности в верхней коре Шанучского рудного района и проблема выявления нескрытых никеленосных интрузий (срединный массив, Камчатка) // Региональная геология и металлогения № 65/2016, с.104–115. **ИДAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Сидоров Михаил Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской Академии наук.

UDC 551.242.32

VOXEL DENSITY MODEL OF THE CRUST OF KAMCHATKA

Sidorov M.D., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, nigt@kscnet.ru, The Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

The scheme of the crustal blocks which have voxel 3D arrays of density with different cell size. Voxel arrays obtained by generalizing the two-dimensional models of the deep geological-geophysical sections. Examples of the use of voxel models for three-dimensional visualization of structural surfaces in solving various geological tasks.

Key words: density, model, deep sections, crust, voxel

REFERENCES

1. Sidorov M.D. *Kartirovanie mezozojskogo fundamenta Avachinsko-Korjaskoj grupy vulkanov (Kamchatka) metodom plotnostnogo modelirovanija* (Mapping Mesozoic basement of the Avachinsky-Koryaksky group of volcanoes (Kamchatka) by the method of density modelling) // *Vulkanologija i sejsmologija*. 1994. No 4–5. pp. 99–105.
2. Sidorov M.D., Novakov R.M. *Plotnostnaja model' zony sochlenenija Kamchatskoj i Aleutskoj ostrovnyh dug* (Density model of conjunction zone of Kamchatka and Aleutian island arcs) // *Regional'naja geologija i metallogenija*. 2014 No 58. pp. 59–65.
3. Sidorov M.D. *Plotnostnoe modelirovanie magmaticheskijh struktur v Kolpakovskom perspektivnom nikelenosnom rajone (sredinnyj massiv, Kamchatka)* (Density modeling of magmatic structures in Kolpakov perspective nickeliferous region (Median Massif, Kamchatka)) // 2015. *Tihookeanskaja geologija*. Tom.34. No 3. pp. 31–41.
4. Sidorov M.D., Taskin V.V., Veshnjakov N.A. *Plotnostnye neodnorodnosti v verhnej kore Shanuchskogo rudnogo rajona i problema vyjavenija nevskrytyh nikelenosnyh intruzij (sredinnyj massiv, Kamchatka)* (Density irregularities in upper crust of Shanuch ore district and the problem of detecting unopened nickel intrusion (median massif, Kamchatka)) // *Regional'naja geologija i metallogenija* No 65/2016, pp. 104–115.