

ний не находились подрабатываемые водные объекты. Необходимо развитие горных работ планировать с учетом гипсометрии почвы водоупоров. Водные подземные ресурсы должны перетекать до подработки в подрабатываемую зону.

Несколько иной процесс может происходить с фильтрацией газов. С удалением от забоя вглубь массива в зоне перехода от областей сжатия до растяжения в массиве пород по высоте происходит их расслоение и образуются полости. Если процесс сдвижения не доходит до поверхности, то в этих полостях накапливается газ. Если процесс сдвижения доходит до поверхности, то газ может накапливаться в подвалах зданий, как имели место такие случаи.

В случае скопления газа в полостях в период разуплотнения пород, то в дальнейшем в период сжатия и уплотнения пород он попадает в «ловушку». Газ может быть извлечен или из «ловушки» или в период его миграции. Зная параметры полумульды сдвижения можно определить глубину и расстояние между скважинами для извлечения газа.

УДК 550.831.053:681.3

П.И. Пигулевский

(ДГГП «Днепрогеофизика»)

ГРАВИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ - КАК ЭЛЕМЕНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ (на примере юго-восточной части Украинского щита)

В статті розглянуто роль моделювання гравітаційного поля при проведенні різномасштабних геологорозвідувальних робіт. Запропонований підхід дозволяє створити ієрархічний ряд петроцільнісних моделей, на основі яких уявляється різнопланова геолого-геофізична інформація.

Важным средством повышения эффективности геологосъемочных и поисковых работ с количественной оценкой прогнозных ресурсов является построение физико-геологических моделей регионов, структур на основе имеющейся геолого-

геофизической информации. Ведущая роль в этом процессе наряду с геологическими данными принадлежит гравитационному моделированию с использованием персональных компьютеров.

Несмотря на достаточно высокий уровень теоретической проработки вопросов гравитационного моделирования [3,4,10] его практическое применение для решения конкретных геологических задач остается ограниченным. Это объясняется рядом причин методического, технического и организационного характера. Одной из наиболее важных проблем представляется отсутствие системного подхода в моделировании, разобщенный эпизодический характер отдельных построений плотностных моделей, не увязанных друг с другом, а также с соответствующей стадией геологоразведочного процесса.

Преодоление указанных сложностей, предлагается на пути создания для перспективных регионов системных иерархически взаимосвязанных моделей среды, последовательно преемственных по масштабу исходных данных и модели. При этом каждая плотностная модель отвечает соответствующей стадии процесса геологического изучения региона и служит основой при решении ряда геологических задач [2].

Такая система плотностных моделей в ДГГП "Днепрогеофизика" начала создаваться со второй половины 80-х годов для юго-восточной части Украинского щита - его Приазовского геоблока, где сосредоточены значительные объемы геофизических и геологических работ.

Моделирование выполнялось в ряд этапов. На первом, - отстраивалась плотностная модель масштаба 1:500000 - всего Приазовского геоблока, совместно с окружающими его структурами. Эта модель отвечала стадии геофизических исследований, на которой решались задачи изучения глубинного строения региона, мощности земной коры, морфологии основных плотностных границ в земной коре, выделения и оконтуривания крупных блоков. Исходными данными для построения региональной модели служили результаты глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) и регионального ОГТ, данные исследований МТЗ, гравита-

ционное и магнитное поля в масштабе 1:500000, а также вся совокупность априорной и апостериорной геолого-геофизической информации. В основу модельных построений по глубинной части земной коры были приняты сейсмические данные ГСЗ по опорным профилям: границы раздела Мохоровичича и "Конрада" в межпрофильном пространстве отстраивались в модели первого приближения с использованием математического аппарата интерполяции и экстраполяции на ЭВМ. В процессе моделирования положение границ уточнялось по гравитационному полю и картам эффективного сопротивления на периодах 50, 100, 150, 200 и 500 сек.

Исходя из имеющихся данных о скоростной характеристике блоков земной коры и постепенном увеличении скорости упругих волн по мере повышения основности и степени метаморфизма пород, была создана комбинированная градиентно-слоистая модель среды. Плотностные параметры которой и пределы их изменения были согласованы с сейсмическими через корреляционные зависимости, полученные С.С.Красовским [4]. На границе Мохоровичича был принят постоянный скачок плотности в $0,2 \text{ г/см}^3$. При этом значения плотности на ней зависели от глубины залегания и скорости сейсмических волн. Ниже границы М градиент плотности принимался таким, чтобы её выравнивание до значения $3,40 \text{ г/см}^3$ происходило на глубине 60 км.

Моделирование верхней части земной коры, насыщенной горизонтально дифференцированными плотностными неоднородностями, в модели первого приближения ограничивалось глубиной 7,5 км. Она отражает наиболее распространенные усредненные значения оценок нижних границ "приповерхностных" объектов, а также наличие границы инверсии скорости по сейсмическим данным [9]. На этих глубинах по данным ГСЗ - КМПВ наиболее часто встречаются сбросы в кристаллическом фундаменте ДДВ.

При построении модели начального приближения выделение и оконтуривание плотностных неоднородностей в плане осуществлялось по гравитационному полю с использованием метода автоматической классификации его параметров [1]. Ре-

шение задачи таксономии по параметрам исходного и трансформированного полей существенно упростило и сделало более объективной процедуру (на определенном физическом уровне) оконтуривания блоков пород с различной плотностью. Для каждого блока (структуры) рассчитывались средневзвешенные значения плотности по результатам статистической обработки всей совокупности (более 21000) петрофизических определений. По этим данным также была отстроена карта латерального изменения плотности по поверхности кристаллического фундамента [8]. Значения плотности для моделируемых объектов верхней части коры были приняты постоянными. Первоначально расчет гравитационного эффекта от объемной модели масштаба 1:500000, включающей в себя все прилегающие к Приазовскому геоблоку структуры земной коры, выполнялся по 12 широтным профилям с интервалом между ними 40 км. При этом обеспечивался охват моделированием блока земной коры, горизонтальные размеры которого десятикратно превышали глубину исследований. Он включал в себя следующие структуры: Днепровско-Донецкую и Причерноморскую впадины; Среднеприднепровский и Ростовский блоки. Затем по сети 5x5 км осуществлялось моделирование Приазовского геоблока.

Полученная плотностная модель масштаба 1:500000 дает объемное строение регионального блока земной коры, включающего Приазовский геоблок, уточняет положение границы Мохоровичича [5] и внутрикоровых разделов, а также позволяет рассчитать в любой его точке гравитационный эффект. Построенная таким образом плотностная модель, согласованная с наблюдаемым гравитационным полем (в пределах точности) и имеющейся априорной и апостериорной геолого-геофизической информацией, послужила основой для создания плотностной модели собственно Приазовского геоблока в масштабе 1:200000. На этой стадии региональных исследований с помощью моделирования решались задачи изучения неоднородностей верхнего этажа земной коры - практически до границы "Конрада", т.е. выполнялось объемное картирование крупных блоков, структур [6,7].

Моделирование осуществлялось по сети 2х2 км. При этом пересматривались, уточнялись, детализировались элементы модели, выделенные на предшествующем этапе, наполнялись новой информацией, содержащей в гравитационном поле масштаба 1:200000. Аппроксимация объектов моделирования выполнялась телами типа усеченной пирамиды (алгоритм Г.Я.Голиздры) и многогранником (алгоритм В.Н.Страхова). Построенная модель позволила определить морфологию крупных рудоперспективных структур и служила основой для направления исследований на последующих более детальных этапах. Кроме этого, гравитационный эффект её служил, как бы фоном для выделения аномалий более высокого порядка, причем все последующие построения увязывались по единому уровню поля и плотностной модели. При переходе к более крупному масштабу моделирование сводилось по существу, к количественному объяснению природы разностных аномалий, полученных после вычитания из наблюдаемого поля рассчитанного от модели.

На следующей стадии геологоразведочных работ - крупномасштабного геологического картирования - осуществлялось построение плотностных моделей по гравитационному полю масштаба 1:50000. Моделирование решало задачи изучения неоднородностей самой верхней части земной коры, представляющей наибольший поисковый интерес. Оно выполняло объемное картирование приповерхностных структур; определение состава, морфологии складчатых, интрузивных образований, зон метаморфизма, метасоматоза и рудоперспективных структур [7].

При подготовке геофизических основ под ГГК-200 и ГГК-50 крупномасштабное объемное моделирование (масштаб 1:50000) было выполнено в ДГГП "Днепрогеофизика" на Володарской, Кальмиусской, Гайчурской и Октябрьской площадях, а также в зоне сочленения Восточно-Приазовского блока со складчатым Донбассом. Наряду с этими работами объемное картирование выполнено для других интрузивных образований, с которыми связываются перспективы рудной минерализации. При этом в зависимости от размеров и морфологии изучаемых объектов определяется и детальность моделирования - от сети 800 x 800 м в целом

по участку (на начальном этапе) до сети гравиметрической съемки 400 x 200 м на перспективных структурах.

Построенная объемная плотностная модель масштаба 1:50000 позволяет перейти к решению задач следующей поисковой стадии в пределах выделенных рудоперспективных структур, являясь основой для создания плотностных моделей масштаба 1:25000 и крупнее. При переходе к более детальным построениям необходимо более "жестко" использовать комплексирование геофизических моделей, и в первую очередь, - с петромагнитными данными.

В заключение необходимо отметить, что созданная таким образом открытая динамическая система взаимосвязанных плотностных моделей - от региона до отдельных структур - каждая из которых, с одной стороны, обеспечивает на количественном уровне решение задач соответствующей стадии геологоразведочных работ, с другой - служит основой для моделирования на последующих стадиях работ, обеспечивает увязку всех модельных построений в регионе по единому уровню поля, плотности и самой модели.

На каждой стадии исследований параллельно с построением объемных моделей предлагается выполнять прогнозную оценку изучаемых площадей с применением человеко-машинной технологии по комплексу геофизических и геолого-геохимических признаков. На каждом иерархическом уровне в качестве объектов прогноза выступают, соответственно, комплексы горных пород, рудные поля, месторождения. Совместный анализ результатов объемного моделирования и прогнозирования позволит выполнить оценку перспектив рудоносности как в плане, так и на глубину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко А.З., Попов В.М. Использование метода автоматической классификации данных при построении плотностных моделей. // Геоф. журн. - 1988. -10, №5.- С.58-63.
2. Бродовой В.В. Геофизические исследования в рудных провинциях. -М.: Недра, 1984. -230 с.

3. Булах Е.Г., Ржаницын В.А., Маркова М.Н. Применение метода минимизации для решения задач структурной геологии по данным гравиразведки. - К.: Наук. думка, 1976. -220 с.
4. Голизра Г.Я. Основные методы решения прямой задачи на ЭВМ. // Региональная, разведочная и промысловая геофизика. - М.: изд. ВИЭМС, 1977. - 98 с.
5. Насад А.Г., Пигулевский П.И., Кичурчак В.М., Радзивилл А.Я. О взаимосвязи поверхностных структур докембрийского фундамента Среднепридпепровского и Приазовского геоблоков Украинского щита с поверхностью Мохоровичича // Геол. журн. -1997. -№1-2. -С.131-137.
6. Попов В.М., Пигулевский П.И. Тимофеенко Ю.Г. Плотностная модель Приазовского блока // Геодинамика и минерагения Украины: Тез. докл.: Кривой Рог, 1989. -С.69-70.
7. Попов В.М., Пигулевский П.И. Гравитационное моделирование при изучении геодинамики юго-восточной части Украинского щита // Построение физико-геологической модели и системный подход при истолковании результатов геофизических исследований: Тез. докл.: Пермь, 1990. -С.18-19.
8. Попов В.М., Пигулевский П.И., Тимофеенко Ю.Г. Методика и результаты построения плотностных карт Приазовского геоблока // Вестник Киевского университета. Прикладная геохимия и петрофизика. -1991. -№17. -С.136-143.
9. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Трипольский А.А. и др. Глубинное строение Украинского щита по сейсмическим данным.- Строение земной коры и верхней мантии по данным сейсмических исследований / Под ред. В.Б. Соллогуба, А.В.Чекунова и др. - Киев: Наук. думка, 1977.- С.42-52.
10. Страхов В.Н. Две парадигмы в теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1987. - № 1. -С.46-61.