УДК 550.83

Г.В. Демура
д-р геол.-мин. наук
РГГРУ
профессор
gennady_demoura@mail.ru

Анизотропная магнитная геотомография недр*

Авторы публикуют данные об открытии магнитоанизотропной геотомографии по результатам высокоточной цифровой магниторазведки. Разработанная компьютерная технология позволит более совершенно изучать земные недра, особенно на глубинах, доступных для эксплуатации месторождений полезных ископаемых, а также при решении прикладных задач

The authors publish data on the opening magnet-anisotropic geotomography according to the results of high-precision digital magnetic prospecting. Designed computer technology will allow more perfectly explore the bowels of the earth, especially at depths available for exploitation of mineral deposits, as well as when solving applied tasks

Ключевые слова: геофизическая аномалия, адаптивная нелинейная фильтрация, магнитоанизотропная геотомография
Keywords: geophysical anomaly, adaptive nonlinear filtration, magnet-anisotropic geotomography

*Статья из цикла «Пути повышения эффективности и качества геофизических работ на рудных месторождениях» (см. «Недропользование XXI век», 2013, № 6. С. 28–34).

Общепринятой моделью геофизического поля является аддитивная модель, в которой результаты измерений поля *f(x)* вдоль профиля наблюдений представляют сумму аномалий $\sum a(x)$ и осложняющих помех $\sum n(x)$, т.е. $F(x)=\sum a(x)+\sum n(x)$.

Приемы выделения геофизических аномалий и их комплексирование

Понятия аномалии и помехи в разведочной геофизике носят не абсолютный, а относительный характер. В каждом конкретном случае необходимо выяснить, что принимать за аномалию (полезная составляющая наблюденного поля) и что считать помехой (всякое возмущение поля, препятствующее выделению полезной составляющей). Важной характеристикой при выделении аномалий на фоне помех является их отношение. Наиболее полной и объективной считается их энергетическое отношение:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i^2}{\sigma^2} = \frac{a^2 m}{\sigma^2},$$

где a – ординаты аномалии, σ – дисперсия, m – число точек наблюдения.

При выделении аномалий главным остается вопрос о надежности (достоверности) выделяемых аномалий. Не всегда этот вопрос решается однозначно, его решение не лишено субъективизма.

Так, в инструкциях по магниторазведке и электроразведке достоверной аномалией считают совокупность не менее 3 точек *(m=3)*, для каждой из которых отношение $a/\sigma \geq 3$. При этом, согласно рис. 1 в статье [1], $\rho \geq 27$, что соответствует надежности обнаружения $\gamma \geq 99{,}5\%$. Учитывая, что $\rho=(a^2/\sigma^2)m$, можно говорить о том, что при отношении $a/\sigma=2$ достоверной будет аномалия протяженностью в 7 точек, а при $a/\sigma=1$ *(m=27)*.

В зависимости от решения той или иной задачи порог обнаружения 99,5% можно снизить либо увеличить. Так, в радиометрии за аномалию принимают значение поля, превышающее в 2 раза среднеквадратическую погрешность фона, т.е. $a/\sigma \geq 2$, что отвечает надежности $\gamma=82\%$. Таким образом, под ***надежной (достоверной) аномалией*** понимают такую составляющую поля, энергетическое отношение которой к дисперсии помех превышает порог, соответствующий заданной вероятности.

При проведении площадных геофизических съемок появляется возможность накопления информации и увеличения отношения аномалия/помеха за счет так называемой направленной фильтрации данных вкрест предполагаемых простираний целевых геологических объектов.

Решение о наличии слабых $(\rho < 27)$ аномалий принимается по превышению пороговой величины, соответствующей заданной надежности обнаружения.

Подобное выделение слабых аномалий возможно при наличии физико-геологических моделей, а на опорных разрезах можно оценить аномальный эффект и определить природу, количественные характеристики объекта картирования и затем провести трассирование по площади.

На ***рис. 1*** приведена обобщенная схема обработки геофизической информации с целью выделения комплексных, детерминированных и слабых аномалий.

На схеме целевые геологические объекты в интерферирующих геофизических полях отражаются аномалиями трех типов: детерминированными, слабыми и комплексными. Детерминированные аномалии (отношение аномалия/помеха больше 27) выделяются с достаточной надежностью и безошибочно – визуально по данным площадных съемок и интерпретируются известными аналитическими способами.

Выделение слабых аномалий на фоне многочисленных помех различной природы (отношение аномалия/помеха от 1 до 27) возможно на основе статистических приемов фильтрации, а комплексные аномалии разделяются, распознаются (зонируются) с использованием различных и многообразных классификационных процедур. Возможности реализации на практике можно связать с использованием сертифицированной ЕАГО компьютерной технологии статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D, разработанной для анализа цифровой геоинформации (РГГРУ, профессор А.В. Петров и др.). Первые версии компьютерной технологии появились в начале 1980-х гг. и содержали программные реализации оригинальных алгоритмов, рассмотренные в многочисленных публикациях профессора А.А. Никитина и др. авторов [6].

Автор статьи принимал непосредственное участие в создании и практической реализации алгоритмов самонастраивающейся (адаптивной) фильтрации, двумерной автокорреляционной функции, компенсирующего фильтра, классификации геологических объектов по данным геофизического комплекса с использованием байесовских оценок вероятности, использованных и усовершенствованных в автоматизированной системе КОСКАД-3D [11].

Сегодня использование компьютерной технологии КОСКАД 3D дает возможность провести на современном уровне полный статистический, градиентный и спектрально-корреляционный анализ геоданных, выполнить расчет спектров

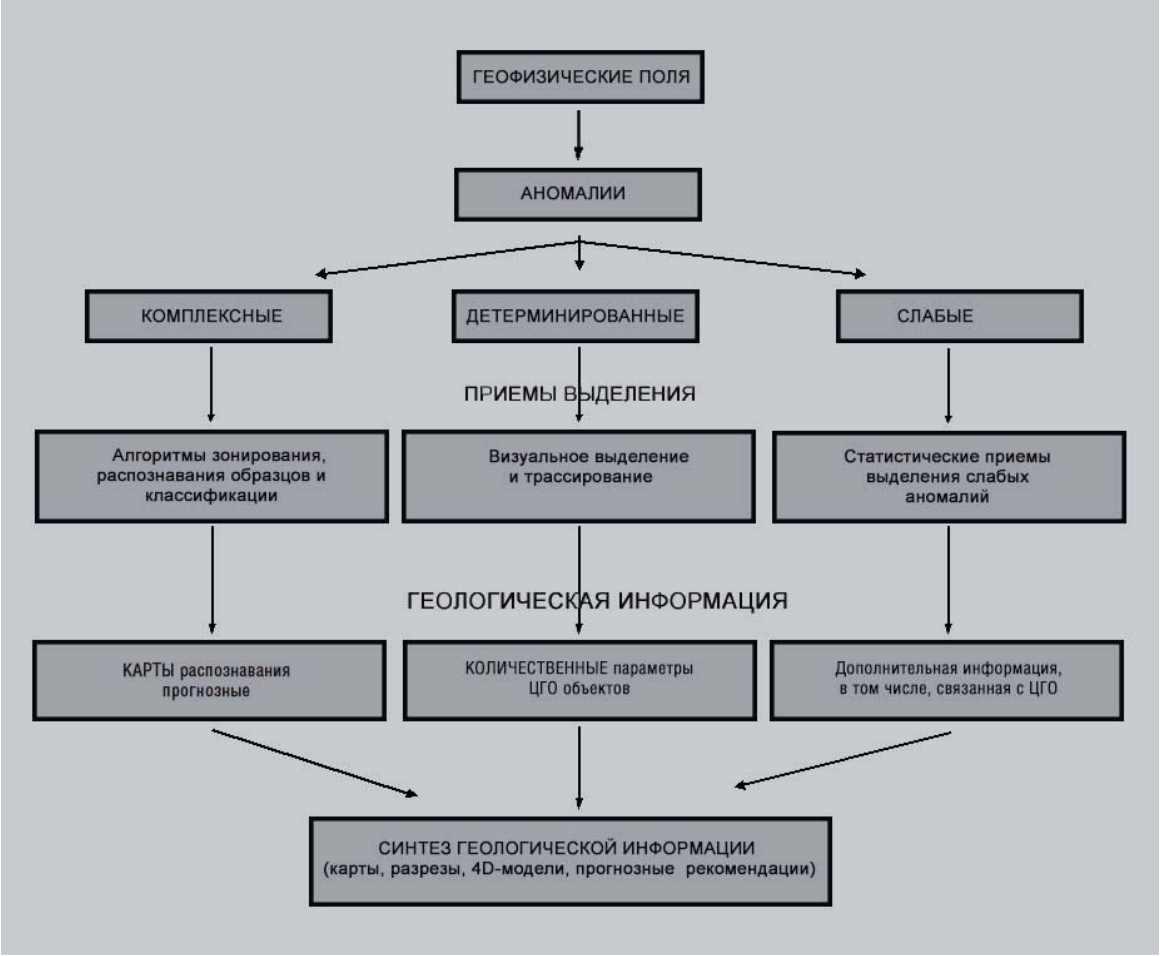


Рис. 1.

Обобщенная схема обработки геофизической информации

Фурье и различных корреляционных функций, осуществить вейвлет-преобразование, корреляционное зондирование и провести объемное моделирование.

В технологии широко представлены 1D, 2D и 3D линейные оптимальные фильтры, использование которых позволяет представить исходное поле набором составляющих с последовательным уменьшением доли низких частот. Уникальные алгоритмы адаптивной линейной фильтрации и фильтрации в окне «живой» формы [7, 8, 9] (с учетом радиусов двумерной корреляции) дают возможность корректно обрабатывать нестационарные по спектрально-корреляционным характеристикам геофизические поля.

Программная реализация методов межпрофильной корреляции, самонастраивающейся фильтрации, обратных вероятностей и их многомерных аналогов позволяет успешно решать задачу обнаружения слабых сигналов на фоне соизмеримых по амплитуде помех. Это позволяет выделять слабоконтрастные рудные тела, дайковые комплексы, тектонические нарушения и др. объекты и планировать детализационные работы, особенно на участках с резкой изменчивостью корреляционных и спектральных характеристик.

Процедура автоматического трассирования осей аномалий различных энергий в системе КОСКАД использует оригинальную модификацию одномерной адаптивной нелинейной фильтрации. Суть алгоритма заключается в нелинейном усилении сигнала с учетом уровня поля в окрестностях локальной анализируемой области (базовом окне). В основе алгоритма лежит нелинейный фильтр, критерием оптимальности которого является максимизация отклика на локальные экстремумы и точки перегиба поля.

На ***рис. 2*** приведен результат такой фильтрации. В верхней части рисунка приводится непосредственно результат фильтрации, в нижней – оригинальная нормировка результатов фильтрации, которая заключается в приведении всех локальных экстремумов к значениям 1 или -1. Из ***рис. 2*** следует, что рассматриваемый фильтр позволяет выделять практически все локальные экстремумы и точки перегиба анализируемого поля. При этом интенсивность отклика (***рис. 2***

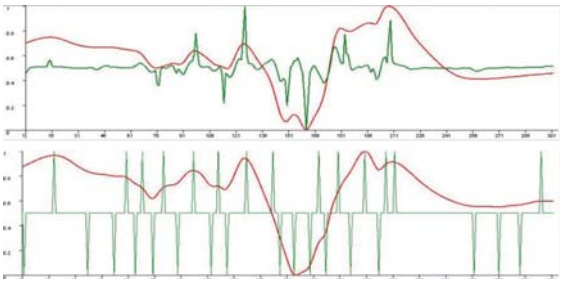


Рис. 2.

Иллюстрация алгоритма автоматического выделения осей аномалий: красный цвет – анализируемый изучаемый параметр, зеленый – результат трассирования осей аномалий

вверху) соответствует амплитуде соответствующей аномалии. Нормирование же позволяет преобразовать результат фильтрации в аналог дельта-функции.

Применение такого алгоритма позволяет в автоматическом режиме провести детальный анализ особенностей поля, оценить положение осей аномалий различной амплитуды, простирания и размеров. Точки перегибов поля можно интерпретировать, как границы между областями стационарности, которые контролируют геологические границы. Использование алгоритма при обработке в трехмерном варианте позволяет трассировать положение осей объемных магнитоанизотропных аномалиеобразующих тел и их границ на глубину в объемном изображении.

В качестве примера покажем результаты работы алгоритма в двумерном варианте при выделении границ марганцеворудных объектов и даек бостонитов на территории площади Калахари (ЮАР) в условиях наличия перекрывающего чехла рыхлых отложений формации Двайк мощностью до 40 м (***рис. 3***).

На ***рис. 3*** четко выделяются границы рудного пласта и его погружение на глубину в ЮЗ направлении, а также дайки бостонитов (коричневый цвет) с возможностью оценки их по падению (влияние нижних кромок – синий цвет). Выбор оптимального местоположения карьера для отработки месторождения определялся на площадях минимального развития пород дайкового комплекса, размеры которых по мощности иногда достигают 400 м.

На примере современной цифровой высокоточной магниторазведки покажем применение корреляционного зондирования при оценке изменения статистических и корреляционных характеристик поля с глубиной на основе их вычисления в скользящих окнах увеличивающихся размеров, что позволяет получить оценку распределения того или иного статистического параметра с глубиной (***рис. 4***).

Здесь, в пустыне Намиб, развитие зоны дезинтеграции коренных горных пород отмечается на глубинах до 160 м, что подтверждается результатами бурения. Положение древних долин, в которых обнаруживается калькретовое урановое оруденение, устанавливается в спокойном магнитном поле в представленном разрезе, а объемное представление позволяет установить их местоположение для последующего бурения скважин.

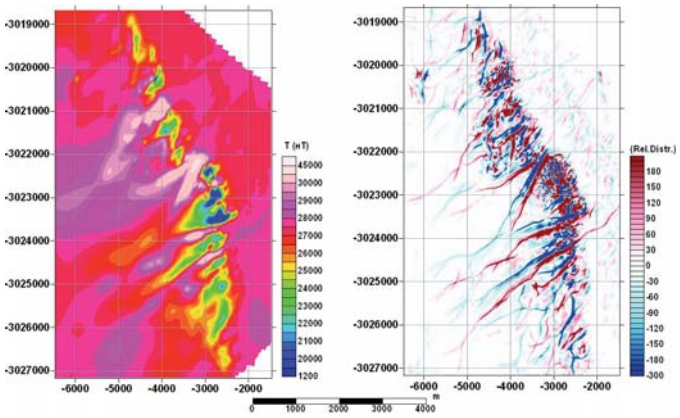
Этот пример убеждает в перспективности проведения цифровых магнитных съемок для определения границ плотика и на россыпных месторождениях России, особенно на площадях развития вечной мерзлоты, где данные электроразведки в вариантах зондирования крайне неоднозначны.

Из алгоритмов объемного моделирования (в системе КОСКАД их пять) остановимся на «Модифицированном варианте вариаций Б.А. Андреева», для оценки распределения аномалиеобразующих объектов по глубине и оценки их параметров, который был модифицирован А.В. Петровым.

Проведение фильтрации по градиентам магнитного поля позволяет свести к минимуму неоднозначность результатов решения целевой задачи. Проведение такой фильтрации с последовательным уменьшением доли высоких частот позволило построить трехмерное изображение относительного распределения магнитных масс по глубине на одном из железорудных месторождений. Этот метод в варианте оценки прогнозных ресурсов титаномагнетитовых и магнетитовых апатитовых руд использовался на Суроямском пироксенитовом массиве (Южный Урал). Объемная модель была рассчитана по полному

Рис. 3.

Исходное поле вертикального градиента магнитного поля (слева) и результаты автоматического трассирования аномалий по лицензионному участку марганцеворудного поля Калахари, ЮАР (по материалам автора)



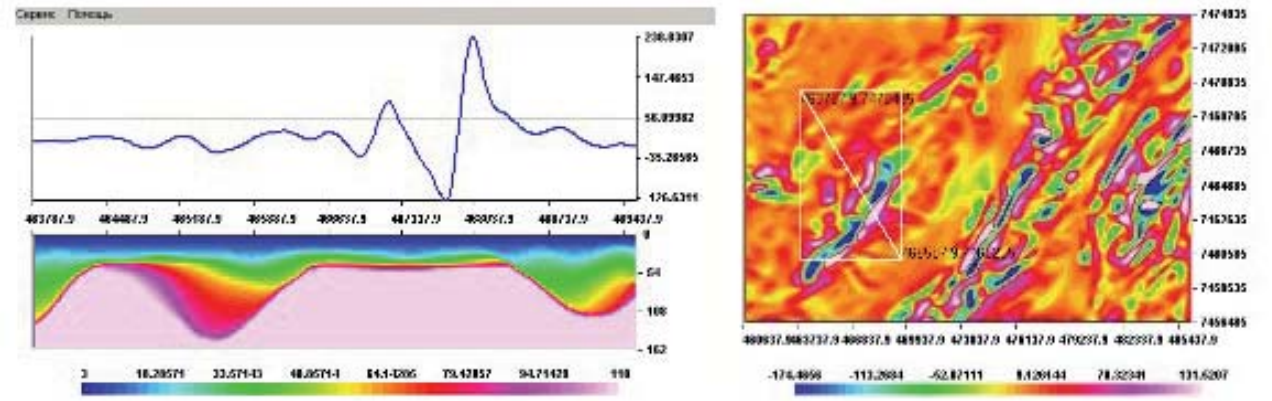


Рис. 4.

Пример корреляционного зондирования

магнитному градиенту и позволила обеспечить прирост прогнозных ресурсов на 2 млрд т.

На ***рис. 5*** по результатам объемного моделирования Суроямского массива в его центральной части на глубине среза магнитного поля в 100 м отмечается малозаметное погружение блока к югу от широтной тектонической зоны, что рекомендовано учесть при развитии разведочных работ второй очереди на месторождении.

Подобные срезы по различным уровням позволяют изучить динамику изменчивости форм массива и установить на глубине около 600 м нижнюю кромку массива и его узкую корневую часть, уходящую в основные тектонические зоны

Экспертиза ГКЗ установила, что использование градиентных (по модулю) характеристик магнитного поля при построении объемной модели месторождения действительно позволяет свести к минимуму неоднозначность результатов решения поставленной задачи с точки зрения влияния остаточной намагниченности. По глубинным геомагнитным срезам и градиентным характеристикам уверенно выделяется нижняя граница Суроямского массива.

Открытие анизотропной магнитной геотомографии недр

В Послании к Федеральному Собранию РФ (12.12.2013) Президент РФ В.В. Путин призвал к «необходимости развития новых технологий с реальной отдачей для народного хозяйства страны». Используя наши практические достижения, частично показанные выше, мы публикуем в открытой печати данные об открытии магнитоанизотропной геотомографии по результатам высокоточной цифровой магниторазведки. Разработанная компьютерная технология позволит более совершенно, на новой основе изучать земные недра, особенно на глубинах, доступных для эксплуатации месторождений полезных ископаемых, а также при решении прикладных задач.

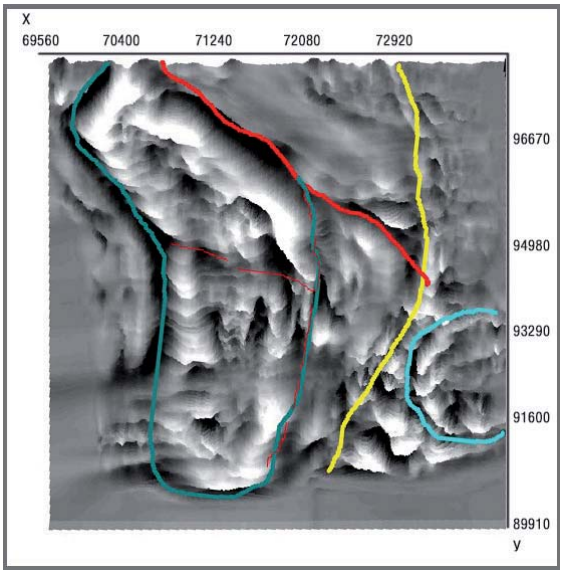
Автором статьи по результатам полевых и экспериментальных работ в 1971 г. было доказано наличие магнитной анизотропии в древних кристаллических сланцах и палеопротерозойских породах Центрального Алдана, что использовано в качестве предпосылки для разработки нового метода исследования – анизотропной магнитной геотомографии недр [4, 5].

Метод базируется на результатах современных высокоточных цифровых магнитных съемок и созданной автором компьютерной технологии в автоматизированной системе КОСКАД 3D.

Формула открытия приводится полностью; частично приводятся доказательные моменты по экспериментальной и практической реализации открытия.

Рис. 5.

Глубинный геомагнитный срез по глубине 100 м (Суроямское месторождение, Южный Урал): желтая линия – основной меридиональный тектонический шов; красная – кососекущая подводящая тектоническая зона, определяющая местоположение русла реки Суроям; синяя – контуры массива в магнитном поле; голубая – перспективная кольцевая структура).



В основе предлагаемой технологии анизотропной магнитной геотомографии – усовершенствованный А.В. Петровым «метод вариаций Б.А. Андреева (1938)» с разработанной полосовой фильтрацией в окнах «живой» формы для изучения относительного распределения магнитных масс, что позволяет оценивать параметры и глубинное местоположение анизотропных объектов. В основе модифицированного алгоритма лежит нетрадиционной подход к решению задачи, базирующийся на построении полосового фильтра в окне «живой» формы. Применение такого фильтра позволяет корректно осуществлять полосовую фильтрацию в условиях нестационарности анализируемого поля.

В технологии последовательно используется созданный алгоритм «автоматического трассирования осей аномалий» различных энергий, позволяющий проводить одномерную адаптивную нелинейную фильтрацию, в созданной автоматизированной системе КОСКАД 3D [7, 8].

Суть использованного анализа градиентных характеристик геофизического поля при объемном моделировании связана с вычислениями градиента в каждой точке наблюдения вдоль простирания профилей $\Delta x=\partial f/\partial x$, вкрест простирания профилей $\Delta x=\partial f/\partial y$ и на глубину, а полный градиент оценивают как $\Delta_{xt}=\sqrt{(\partial f/\partial x)^2+(\partial f/\partial y)^2}$, направление $\alpha=arctg(\Delta x/\Delta y)$.

При интерпретации учитываются следующие моменты:

– границы аномальных объектов отмечаются экстремумами в полях градиентов вдоль осей и максимумами в полях градиентов;

– экстремумами в полях градиентных характеристик отмечаются границы аномалий различных амплитуд, что позволяет при визуализации увидеть их контуры;

– градиентные характеристики вдоль определенного направления позволяют подчеркнуть границы аномалий, простирание которых перпендикулярно этому направлению;

– поля направлений градиента позволяют оценить простирание аномалий в каждой точке исходной сети наблюдений, а контрастные переходы от минимальных к максимальным значениям контролируют положение осей аномалий.

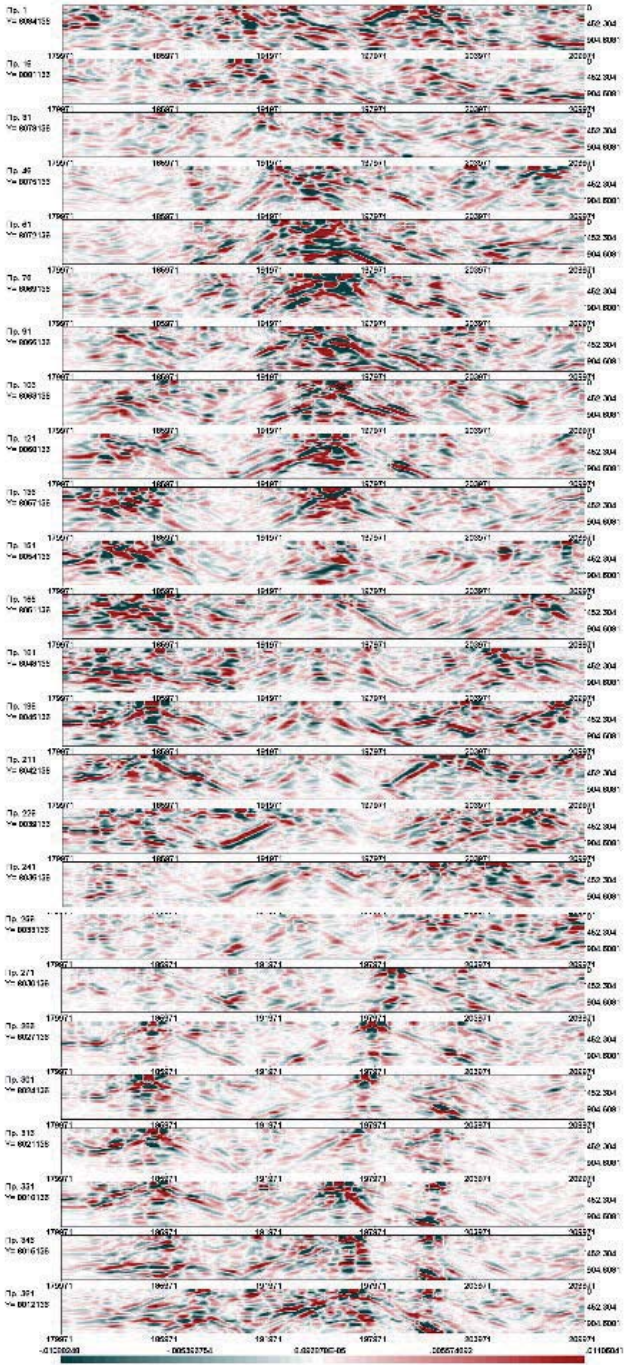
Использование градиентов магнитного поля позволяет свести к минимуму неоднозначность результатов решения поставленной задачи.

Проведение такой фильтрации с последовательным уменьшением доли высоких частот позволяет построить томографическое изображение анизотропных магнитных масс в геологическом пространстве.

Основным преимуществом анизотропной магнитной геотомографии в сравнении с результатами рудной сейсморазведки и гравиразведки, не всегда обеспечивающих однозначное разрешение малых глубин в силу близости скоростных и плотностных характеристик целевых геологических объектов, являются уникальные результаты оценки геологического строения территорий, доступных для эксплуатации месторождений.

Рис. 6.

Фрагменты глубинных магнитоанизотропных томографических разрезов по результатам цифровой аэромагнитной съемки



Демура Г.В., профессор, д-р геол.-мин. наук
Петров А.В., профессор, д-р физ.-мат. наук
«Анизотропная магнитная геотомография недр» (обоснование, алгоритмы и практическая реализация).

Формула открытия: Анизотропная магнитная геотомография использует созданную компьютерную технологию и высокоточные измерения напряженности земного магнитного поля, позволяющие получать анизотропные томографические изображения геологической среды, и этим существенно отличается от классической магниторазведки, основанной на результатах решения прямой и обратной задач, способах подбора по физико-геологическим моделям и отдельным магнитным объектам и преимущественно визуальных оценках данных.

Установлена причина образования магнитоанизотропных геологических сред, связанная с реакциями замещения в древних метаморфизованных амфибол-биотитовых, биотит-гиперстеновых, биотит-роговообманковых кристаллических сланцах гранулитовой фации с развитием тонкодисперсного жесткого магнетита за счет гиперстена и амфибола, облекающего включения биотита. Доказано, что в магнитном поле ориентированные по напластованию магнитоанизотропные объекты являются маркирующими, позволяют уникальным образом повысить геологическую эффективность и качество изучения глубинного геологического строения территорий щитов, зеленокаменных поясов и осадочных толщ, особенно на глубинах, доступных для эксплуатации месторождений. В осадочных горных породах, не подвергшихся воздействиям высоких температур и давления, магнитная анизотропия связана с ориентационной (седиментационной) намагниченностью, направленной, чаще всего, вдоль напластования. Однозначное определение местоположения таких объектов в пространстве, их размеры и элементы залегания, в том числе, и нестратифицированных (диссонансные – интрузивные, эффузивные, дайковые тела и тектонические нарушения) выделяются в анизотропных магнитных объемных изображениях с помощью компьютерной технологии статистического моделирования. Получаемые результаты позволяют решать геологоразведочные и прикладные задачи с высокой экономической эффективностью и имеют перспективы дальнейшего развития.

Особое значение это приобретает на древних щитах (Балтийском, Украинском, Алданском, Анабарском, Африканском, Австралийском, Канадском) и прилегающих к ним территориях. Известны случаи, когда на одну и ту же территорию составлялись совершенно не схожие геологические карты с различной петрографической номенклатурой, изображением геологических структур и тектонических схем, поскольку горные породы, зачастую, диагностируются субъективно, особенно, при развитии регрессивных процессов мигматизации [10]. Ранее попытки расчленения таких толщ на основе формализованного подхода и легенд геологической документации (Гренвил-проект в Канаде, Балтийский и Алданский щиты в СССР) не привели к однозначным результатам, и в большой степени – из-за отсутствия надежных маркеров.

Именно поэтому получаемые анизотропной магнитной геотомографией изображения с выделением надежных, достоверных и воспроизводимых магнитных маркеров имеют совершенно новое качество в решении этой проблемы.

Это подтверждают полученные нами эффективные результаты по территориям пустыни Калахари в ЮАР (марганцевые руды), Намибии (фланги уникальных урановых месторождений Россинг, Валенсия, Кхан, Тумас и перспективной площади Кунене), для которых построены объемные геомагнитные томографические изображения для решения прогнозных, поисковых и разведочных задач.

В частности, на ***рис. 6*** приведен фрагмент геомагнитной томографии площади одного из участков развития зон пластового окисления в палеопротерозойских образованиях, перспективных на урановое оруденение в Намибии. Площадь полностью перекрыта мощным чехлом рыхлых отложений и лишь частично опоискована крайне редкими картировочными скважинами глубиной до 100 м. В южной части площади на профиле 241 по координате 19171 вскрыта зона пластового окисления, облекающая гранитогнейсовый купол на глубине 80 м (синий цвет). Зона имеет глубинное продолжение, что позволяет использовать полученные результаты при создании глубинных воспроизводимых геологических разрезов и последующих разведочных работ.

По предлагаемой технологии впервые подсчитаны прогнозные ресурсы уральского месторождения Суроям, ее элементы использовались на многих других рудных объектах РФ.

Авторы также провели сравнение возможностей предлагаемого открытия с результатами сейсморазведки ОГТ на одной из перспективных площадей компании Роснефть, которое показало близкую сходимость местоположения анизотропных магнитных маркеров с сейсмическими границами в осадочном разрезе.

Тем самым, анизотропная магнитная томография позволяет перекрыть весь диапазон практических задач геологоразведочного процесса,

включая глубинное геологическое картирование в различных геологических условиях и масштабах, при прогнозных и оценочных работах, подсчете запасов месторождений, а также решении прикладных задач.

Дальнейшее развитие открытия связывается с возможностями получения информации по данным высокоточных цифровых магнитных съемок в беспилотном варианте с последующей ее обработкой и интерпретацией в развитой нами компьютерной технологии анизотропной геотомографии. Полученная таким путем оперативная информация позволит получить однозначные и основополагающие для геологических построений данные и провести грамотное развитие поисковых, разведочных и буровых работ на перспективных территориях с минимальными временными и экономическими затратами. Возможна и переинтерпретация имеющихся результатов высокоточных цифровых магнитных съемок с помощью созданной нами анизотропной магнитной геотомографии недр.

Адекватная оценка предлагаемого открытия требует привлечения высококвалифицированных и многоплановых специалистов и длительного времени для его окончательной оценки. Эти обстоятельства побуждают авторов открытия, изложить имеющиеся результаты в открытой печати с целью их скорейшего внедрения в практику геологоразведочного процесса. XXI

Литература

1. Демура Г.В. Пути повышения эффективности и качества геофизических работ на рудных месторождениях // Недропользование XXI век. 2013. № 6. С. 33.
2. Демура Г.В. Возможности высокоточной аэрогамма-спектрометрической и магнитной съемок при глубинном картировании древних магнитоанизотропных пород // Геофизика. 2009. № 3.
3. Демура Г.В. Геологическое картирование с использованием геофизических методов в условиях сильной мигматизации пород // Известия вузов. Геология и разведка. 1971. № 5.
4. Демура Г.В. Магнитные исследования ферромагнетиков флогопитсодержащих кристаллических сланцев Эльконского слюдоносного поля // Известия вузов. Геология и разведка. 1971. № 10.
5. Демура Г.В. Возможности термомагнитного анализа при диагностике горных пород // Известия вузов. Геология и разведка. 1976. № 5.
6. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации. М. 2008.
7. Петров А.В. Алгоритм адаптивной энергетической фильтрации профильных геофизических наблюдений. Геология и разведка // Известия вузов. 1994. № 1.
8. Петров А.В. Адаптивная фильтрация геополей // Геоинформатика. 1996. № 6.
9. Петров А.В., Солоха Е.В. Технология анализа геополей в скользящих окнах «живой формы» / Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 33-й сессии международного семинара им. Д.Г. Успенского. Екатеринбург. 2006. С. 271–275.
10. Ронинсон Б.М. Пути повышения достоверности крупномасштабных геологических карт // Геология и разведка. 1971. № 11.
11. Тархов А.Г., Демура Г.В., Никитин А.А., Лукина О.П. Выделение геофизических аномалий с помощью самообучающихся фильтров // Известия вузов. Геология и разведка. 1973. № 9.

Подписка на журнал «Недропользование XXI век»

Вы можете оформить в любом почтовом отделении России:

81974 – в каталоге «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать»
86297 – в Объединенном каталоге «Пресса России»

ОФОРМЛЕНИЕ ПОДПИСКИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ ЧЕРЕЗ СБЕРБАНК

НА 1 НОМЕР – 200 руб.
ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД – 1200 руб.
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД – 1200 руб.

1. Заполните квитанцию (извещение) с указанием почтового индекса доставки
2. Произведите оплату в любом отделении Сбербанка России

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:
ИНН 7706559442
КПП 772501001
Получатель НП «НАЭН»
Банк получателя АКБ «РОСЕВРОБАНК» (ОАО) Г. МОСКВА
Сч. № 40703810507000460305
БИК 044585777
Корр. сч. № 30101810800000000777

ОФОРМЛЕНИЕ ПОДПИСКИ ДЛЯ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ
Отправьте заявку по электронной почте **info.naen@mail.ru**

ЦЕНЫ НА ПОДПИСКУ НА 2014 год ДЛЯ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

НА 1 НОМЕР	2000 руб.
ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД	12000 руб.
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД	5400 руб.

В заявке, оформленной в произвольной форме, укажите:
подписной период, почтовый адрес для доставки, ИНН/КПП организации, юридический и фактический адреса, контактное лицо, факс, телефон, e-mail.
Редакционная подписка производится с любого месяца текущего полугодия.