

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНАХ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

А. А. Аузин, О. М. Муравина

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 28 февраля 2013 г.

**Аннотация.** Рассматривается одна из возможностей оптимизации комплексов геофизических исследований в скважинах при поисках месторождений полезных ископаемых, которая может быть реализована при условии организации оперативной предварительной интерпретации материалов геофизических исследований непосредственно на скважине.

**Ключевые слова:** геофизические исследования в скважинах, месторождения рудных полезных ископаемых, оперативная интерпретация.

**Abstract.** One of possible ways of optimization of complexes of geophysical borehole investigations by researches of ore deposits is considered. Such opportunity can be realized at realization of operative interpretation of materials of geophysical investigations directly on field.

**Key words:** geophysical borehole investigations, ore deposits, operative interpretation

Геофизические исследования в скважинах (ГИС) играют важнейшую роль при решении многих геологических задач на любой стадии геолого-разведочного процесса – от мелкомасштабных поисково-съёмочных работ до завершающих этапов эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Притом, практически ни одна из этих задач не может быть с достаточной степенью надёжности решена каким-либо одним геофизическим методом. Это обстоятельство определяет принципиальную необходимость, как комплексного применения различных геофизических методов, так и комплексной интерпретации данных многометодных исследований.

Для решения различных геологических задач в типичных геологических условиях разработаны соответствующие  *типовые комплексы*  ГИС, содержащие, как правило, избыточное количество геофизических методов, информация которых может частично дублировать друг друга.

Одним из важнейших факторов, определяющих результативность исследований, является оптимизация применяемого комплекса геофизических исследований. Для этого, с целью решения определенных задач на конкретном геологическом объекте, разрабатывается  *рациональный (оптимальный)*  комплекс геофизических исследований,

который обеспечивает наиболее полное решение поставленных задач, входящим в него набором методов при минимизации материальных и временных затрат на их выполнение.

Обычно рациональный комплекс строится на основе  *типового*  с учетом конкретной геологической обстановки в пределах площади исследований, в частности – физических свойств изучаемого разреза и их дифференциации, структурно-текстурных параметров пород и руд, геометрических характеристик изучаемых объектов, характера контактных поверхностей, уровня помех и т.п. Однако на практике при определении набора методов, составляющих рациональный комплекс, приходится учитывать и, в известной мере, субъективные факторы, в числе которых основными являются:

– скважинные условия – диаметры и режимы бурения, состояние стенок и глубина скважин, густота скважинной сети, характер среды, заполняющей скважины, наличие и характеристики обсадных колонн;

– сезонность и лимит времени, отведенный на проведение исследований;

– аппаратно-технические, кадровые и экономические возможности исполнителей работ.

Как правило, для исследований, выполняемых геологическими организациями ведущими долгосрочными и планомерными поисковыми и поисково-

съемочные работы, характерна хорошая разработанность комплексов ГИС обеспечивающих, прежде всего, литологическое расчленение вскрытых скважинами геологических разрезов и их корреляцию, а также выявление продуктивных подсечений. При этом часто оказывается, что для скважин, которые не вскрыли оруденение, а таковых может оказаться большинство, набор методов комплекса явно избыточен и получаемая информация не столько дополняет, сколько дублирует друг друга, оставаясь по большей части не востребованной. Очевидно, что составляющая комплекса, целевым образом ориентированная на изучение вскрываемого скважиной оруденения, без всякой потери информативности исследований может не выполняться в безрудных скважинах. Необходимо отметить, что в некоторых, достаточно простых в геологическом плане, случаях, такое сокращение комплекса предусматривается и успешно реализуется на практике. В сложных геологических ситуациях подобная вариативность геофизических работ может быть обеспечена только при соблюдении ряда условий – определенной последовательности проведения исследований и осуществлении оперативной комплексной геологической оценки (прединтерпретации) геофизических данных, полученных ограниченным набором методов, которые выполняются первыми.

В качестве основного инструмента полевой прединтерпретации геофизических данных может быть использована программа, предназначенная для установления структурно-параметрических соотношений между геологическими характеристиками разреза и параметрами измеряемых геофизических полей [1, 4]. В программе используется метод группового учета аргументов, основанный на идее индуктивного моделирования, теоретические основы которого изложены в работах [2, 3].

Структурно-параметрические соотношения, определяющие физико-геологическую модель исследуемого объекта, имеют полиномиальный вид (1) и строятся на основе анализа входной таблицы данных, состоящей из геологических параметров и отвечающих им атрибутов геофизических полей.

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_1 \cdot X_2 + \dots, \quad (1)$$

где  $Y$  – значение вектора зависимой переменной, соответствующее интерпретируемой точке разреза (ее литологическому индексу);  $X_1 \dots X_M$  – переменные-аргументы, представляющие собой векторы преобразованных значений измеренных геофизических параметров. Количество перемен-

ных-аргументов ( $M$ ) соответствует количеству методов ГИС привлекаемых к моделированию. Размерность вектора зависимой переменной ( $Y$ ) и переменных-аргументов отвечает числу точек наблюдений по скважине ( $N$ ). То есть, входные данные представляют собой таблицу размерностью  $(M+1) \cdot N$ .

Таким образом, с математической точки зрения, физико-геологическая модель объекта исследования представляет собой уравнение, подставив в которое значения геофизических параметров, можно рассчитать литологический индекс, определив тем самым тип породы. Модели рассчитываются по эталонной скважине или эталонной части разреза, геологическое строение которых хорошо известно. Оптимальная модель выбирается из множества вариантов по минимальным значениям внешних критериев. Полученную модель можно использовать для интерпретации данных ГИС по другим скважинам. При этом, в случае непрогнозируемых изменений разреза, значения литологических индексов выходят за рамки установленных классификационных диапазонов, что может служить диагностическим признаком смены геологической ситуации и свидетельствовать о необходимости корректировки используемого модельного уравнения.

В качестве примера рассмотрим результаты использования данной программы для выявления в разрезе пород трапповой формации, представленных долеритами и долерито-базальтами, залегающих среди терригенно-карбонатных образований – песков, песчаников, алевролитов, доломитов и мергелей.

В соответствии с общей характеристикой разреза и поставленной задачей были выделены два литотипа пород: долериты (долерито-базальты), которым был присвоен индекс “10”, и терригенно-карбонатные породы, которым был присвоен индекс “3”. При моделировании были использованы данные 8 методов ГИС, которые входили в состав реализованного комплекса.

Применительно к поставленной задаче модельное уравнение, полученное по эталонной скважине, описывается уравнением (2):

$$Y = a_0 + a_1X_7 + a_2X_8 + a_3X_7 \cdot X_8, \quad (2)$$

где  $Y$  – индекс литотипа горной породы,  $X_7$  – величина магнитной восприимчивости породы, определяемая по данным каротажа магнитной восприимчивости (КМВ);  $X_8$  – значение модуля индукции магнитного поля, определяемое по данным скважинной магниторазведки (СМ).

Модель, полученная после первого уровня селекции, отличается глубиной минимума критерия отбора (рис. 1), что свидетельствует о высоком качестве идентификационного уравнения. При переходе во второй уровень, несмотря на увеличе-

ние сложности уравнений, значение критерия селекции ухудшается почти на порядок по отношению к моделям первого ряда. Это означает, что в процессе моделирования получена модель оптимальной сложности [2, 3].

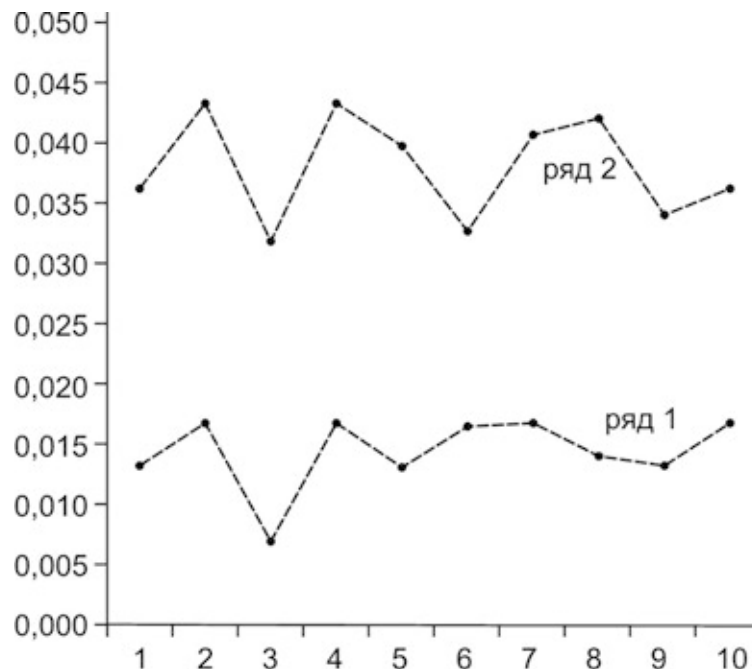


Рис. 1. Графики критерия отбора после 1-го уровня селекции (ряд 1) и после 2-го уровня селекции (ряд 2)

Необходимо обратить внимание на то, что для уверенного решения поставленной задачи оказалось достаточным привлечение информации только лишь двух методов из всего комплекса – КМВ и СМ.

На рис. 2 показано сопоставление результатов использования модельного уравнения для определения литологических характеристик разрезов скважин и данных по расчленению тех же разрезов по геолого-геофизическим данным, выполненного вручную. Все три скважины расположены на одном прямолинейном профиле последовательно, в соответствии со своими номерами. При этом 1-я и 3-я скважины являются рядовыми, а 2-я – опорной (по ней строилось модельное уравнение).

Приведенные материалы свидетельствуют, что по скв. 1 полученное модельное уравнение позволяет уверенно выделить интервал долерито-базальтов, чего нельзя сказать о результатах обработки данных по скв. 3. Подобный эксцесс свидетельствует об изменении геологической обстановки на участке между скв. 2 и 3 и необходимости привлечения для расчленения разреза материалов исследований другими методами ГИС.

В геологическом плане невозможность однозначного выделения долерито-базальтов в скв. 3 с

использованием модельного уравнения, построенного на результатах исследований методами КМВ и СМ, может быть вызвана целым рядом причин, в том числе – иной, по сравнению с подсечениями в скв. 1 и 2, намагниченность. Различная намагниченность пород трапповой формации может быть обусловлена их разновозрастностью, трещиноватостью, гидротермальной проработкой и иными причинами.

С практической точки зрения наиболее перспективным представляется использование методики идентификационного моделирования не для тривиального расчленения разреза (траппы – осадочные породы и т.п.), которое в хорошо изученных районах обычно проблем не вызывает, а для выявления областей изменения геологической ситуации, вынуждающей корректировать комплекс ГИС.

В перспективе, предлагаемый авторами подход может быть учтен при создании специализированной комплексной скважинной геофизической аппаратуры, в частности – при формировании минимального набора реализуемых сборкой скважинных приборов геофизических методов. Реализацию “дополнительных” методов комплекса рационально осуществлять другой сборкой, которая будет использована только в случае необходимости.

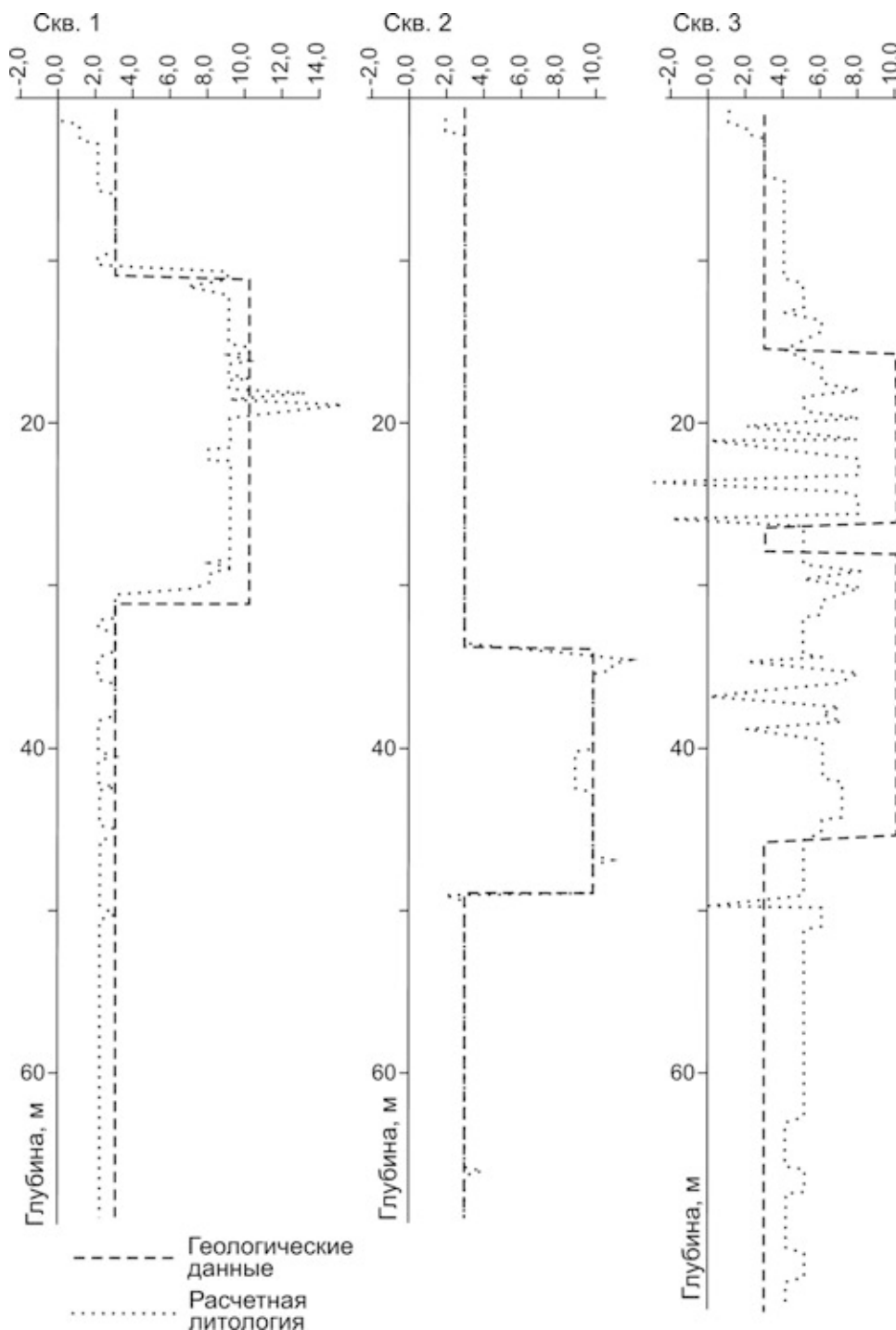


Рис. 2. Результаты моделирования литологической характеристики разрезов скважин (горизонтальная шкала оцифрована в литологических индексах)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аузин А. А. Статистический анализ данных каротажа методом группового учета аргументов / А. А. Аузин, О. М. Муравина. – Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология. – 2011. – № 2. – С. 150–154.

2. Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко. – Киев : Наук. думка, 1982. – 296 с.

3. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский. – М. : Радио и связь, 1987. – 120 с.

4. Муравина О. М. Возможности метода группового учета аргументов при статистической обработке петрофизических данных / О. М. Муравина. – Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия : Геология. – 2009. – № 2. – С. 150–154.

*А. А. Аузин, О. М. Муравина*

*Воронежский государственный университет*

*А. А. Аузин, кандидат технических наук, доцент  
кафедры геофизики геологического факультета*

*Тел. 8 (473) 220-83-85*

*AAuzin@yandex.ru*

*Voronezh State University*

*A. A. Auzin, the Candidate of Technical Science, docent  
of the Geophysical department of Geological faculty*

*Tel. 8 (473) 220-83-85*

*AAuzin@yandex.ru*

*О. М. Муравина, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики геологического факультета*

*Тел. 8 (473) 220-83-85*

*Omur@bk.ru*

*O. M. Muravina, the Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, docent of the Geophysical department of Geological faculty*

*Tel. 8 (473) 220-83-85*

*Omur@bk.ru*