

УДК 550.3:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ВУКТЫЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Вельтистова О.М., Мотрюк Е.Н.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта,
e-mail: kmotryuk@yandex.ru

В работе рассматривается применение технологии структурно-плотностного моделирования, основанной на решении обратных задач геофизики по комплексу геолого-геофизических данных, для изучения сложнопостроенной территории Верхнепечорской впадины, в частности Вуктыльской площади. В ходе исследований были использованы сейсмические профили, геолого-геофизические разрезы, гравиметрические карты, данные о плотностных характеристиках пород основных нефтегазоносных комплексов. Основным элементом интерпретации являлось решение обратной задачи гравиразведки в классе распределения плотностей, где ключевая роль отводилась виду критерия оптимальности, который обеспечивает возможность выделения плотностных неоднородностей. В статье описаны типы и особенности выбора значений критерия оптимальности, связанные с неоднозначностью и наличием имеющейся геолого-геофизической информации. Динамическое построение начальных приближений производилось посредством созданного в ФГБОУ ВО УГТУ программного модуля Playground с использованием решения прямых задач. Полноценное плоское геолого-геофизическое моделирование осуществлялось разработанным там же комплексом GeoVIP. Особенностью полученных при моделировании геоплотностных разрезов является то, что они удовлетворяют с заданной степенью точности наблюдаемому гравитационному полю, т.е. характеризуют физическую составляющую геологической среды, а не являются отражением изучения различных преобразований потенциальных полей, поэтому могут быть использованы для выделения областей с различными петрофизическими характеристиками. В пределах исследуемых литологических комплексов Вуктыльской площади были выделены области, различные по своим петрофизическим характеристикам, обусловленные литофациальными изменениями и связанные с рифообразованием, отмечены зоны рифовых построек до-манико-турнейского возраста. Показано, что применение новых технологий и программного обеспечения в решении задач интегрированной интерпретации геолого-геофизических данных позволяет обнаруживать и выделять перспективные территории с целью поиска залежей углеводородов.

Ключевые слова: технология структурно-плотностного моделирования, Вуктыльская площадь, обратные задачи гравиразведки, критерий оптимальности, рифовые постройки

MODELING OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF VUKTYLSKAYA SQUARE USING MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES

Veltistova O.M., Motryuk E.N.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: kmotryuk@yandex.ru

Interaction in the field of geological and geophysical data, to study the complex area of the Upper Pechora Basin, in particular, Vuktylskaya Square. Seismic profiles, geological and geophysical sections, gravimetric maps, data on the density characteristics of rocks of the main oil and gas bearing complexes were used during the research. The main element of the interpretation was the solution of the inverse gravity problem in the class of density distribution, where a key role was assigned to the type of optimality criterion that provides the possibility of isolating density inhomogeneities. The article considers the types and features of the choice of the criterion of optimality associated with ambiguity and the availability of available geological and geophysical information. Dynamic construction of initial approximations was carried out by means of the Playground software module created in the State Educational Establishment «The USTU» using the solution of direct problems. A full-scale flat geological and geophysical modeling was carried out by the GeoVIP complex developed there. The peculiarity of the geo-density cuts obtained during the simulation is that they satisfy with a given degree of accuracy the observed gravitational field, i.e. characterize the physical component of the geological environment, and do not reflect the study of various transformations of potential fields, so they can be used to identify areas with different petrophysical characteristics. Within the investigated lithological complexes of the Vuktylskaya area, regions differing in their petrophysical characteristics due to lithofacial changes and associated with reef formation have been identified, zones of reef structures of the Dominican-Turney age have been noted. It is shown that the use of new technologies and software in solving problems of integrated interpretation of geological and geophysical data makes it possible to discover and allocate promising areas for the purpose of searching for hydrocarbon deposits.

Keywords: technology of structural-density modeling, Vuktylskaya square, inverse problems of gravity prospecting, criterion of optimality, reef constructions

Статья посвящена применению современных программных комплексов для решения задач моделирования геологической среды сложнопостроенной территории Верхнепечорской впадины, в частности

Вуктыльской площади, по комплексу геолого-геофизических данных.

Цель исследования: в пределах Вуктыльской площади при помощи геоплотностного моделирования на основе ком-

плексного подхода к интерпретации данных гравиразведки и сейсморазведки выделить области, различные по своим петрофизическим характеристикам и связанные с рифообразованием.

Материалы и методы исследования

Для изучения сложнопостроенных тектонических территорий требуется применение современных информационных систем, комплексов программ и технологий [1]. Наиболее точно отражают физическую природу геологической среды и соответствуют наблюдаемым полям модели, построенные на основе критериального подхода к инверсии геофизических полей. На основе обратных задач геофизики в УГТУ под руководством профессора А.И. Кобрунова разработана технология структурно-плотностного моделирования [2, 3], которая используется для построения геолого-геофизических моделей с целью решения задач прогноза и поиска запасов УВ. Она является базой для методики, использующей системный анализ геолого-геофизической информации, где построение плотностной модели сложнопостроенных и слабоизученных сред происходит с заданной степенью точности наблюдаемому гравитационному полю. Для построения начальных приближений, служащих основой для последующего решения задачи инверсии данных гравиразведки, используется программный модуль Playground [4]. Полноценное плоское и пространственное геолого-геофизическое моделирование обеспечивает комплекс программных модулей GeoVIP [5]. Вся имеющаяся априорная информация о физико-геологической модели

среды при решении задач инверсии находит отражение в интегрированных критериях оптимальности. Ядро метода составляет оптимизация параметра при условии, что полученное решение должно соответствовать интерпретируемому полю с определенной точностью. В качестве альтернативы предлагается критерий, содержащий в качестве функционала функцию принадлежности распределенных параметров [3, 6], отражающей максимальную энтропию представления данных (происходит учет меры доверия к имеющимся значениям параметра). Данный подход к интерпретации геолого-геофизических данных обеспечивает возможность изучения сложных моделей, осуществления прогноза и изучения локальных неоднородностей, связанных с рифогенными постройками, зонами разуплотнения, повышенной трещиноватостью.

Процесс моделирования включает в себя решение прямых и обратных задач гравиразведки. Формирование начального приближения физико-геологических моделей выполняется по сейсмическим данным, результатам анализа плотностей, слагающих выделенные комплексы и результатам исследования керна. Обратная задача гравиразведки в классе распределения плотностей состоит в нахождении модели среды по соответствующей модели физического поля (гравитационного).

Прямая задача гравиметрии состоит в нахождении вертикальной производной гравитационного потенциала $u_z(x_0, z_0)$, где точка (x_0) регистрируется на поверхности в E_+ ($z > 0$) с уравнением $z_0 = \psi(x_0)$ для плотностной модели, задана следующим соотношением между $u_z(x_0, z_0)$ и $\sigma(x, z)$:

$$A(\sigma(x, z)) = u_z(x_0, z_0 = \psi(x_0)) = 2 \iint_s \frac{\gamma \sigma(z - \psi(x_0)) dx dz}{[(x - x_0)^2 + (z - \psi(x_0))^2]}, \quad (1)$$

где $\gamma = 6,67408(31) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ (поле в миллигалах, расстояния в метрах, плотность в $\text{г}/\text{см}^3$) – гравитационная постоянная.

Для построения плотностной модели геологической среды решение обратной задачи гравиразведки может быть представлено в форме

$$J[\sigma(v)] = J(\sigma, \sigma^0) = \|F(\sigma - \sigma^0)\|_x = \int_v |F(\sigma(v) - \sigma^0(v))|^2 dv = \int_v \frac{[\sigma(v) - \sigma^0(v)]^2}{\tau^2(v)} dv \rightarrow \min, \\ A(\sigma) = u, \\ \sigma \in X, u \in U. \quad (2)$$

Критерий оптимальности выражен функционалом J , σ^0 – начальное приближение, σ – искомый элемент, принадлежащий некоторому функциональному пространству X , u – физическое поле, принадлежащее пространству U , величина $\tau'(v) = 1/\tau(v)$ имеет смысл априорной оценки среднеквадратического отклонения искомого решения от заданного к нему нулевого приближения [2]. Значения весового множителя варьируются в пределах от 0 до 1. Например, в пределах территории, достаточно разбуренной поисковыми скважинами, параметр критерия оптимальности берется близким к 0, а по мере удаления от таких мест – к 1. Используемый критерий оптимальности позволяет учитывать задаваемую величину отклонения параметра плотности от начального приближения, а также дает возможность вводить разную степень варьирования изучаемого параметра, в частности, в пределах изучаемого комплекса пород, согласно имеющейся априорной информации [7].

Неопределенность, нечеткость параметра $\sigma(v)$, который требуется восстановить, позволяет представить его как нечеткую величину [6] и полностью характеризуется своей функцией принадлежности $0 \leq \mu(\sigma) \leq 1$, имеющей смысл меры достоверности, что позволяет оценить количественно достоверность данных, и поэтому может использоваться для формирования критерия отбора наилучшего решения $J[\sigma(v)]$, который в (2) может быть определен так:

$$J[\sigma(v)] = \|\mu(\sigma(v))\|_X = \min_{v \in V} \mu(\sigma(v)) \rightarrow \max, \\ X = C^0(V). \quad (3)$$

Смысл критерия оптимальности (3) заключается в таком подборе $\sigma(v)$, для которого минимальное значение достоверности по пространственным координатам было бы максимальным.

В настоящее время нефтегазовые компании проявляют интерес к изучению строения складчато-надвиговых зон Верхнепечорской впадины с целью выявления новых тектонических блоков пород, связанных с ловушками углеводородов. В связи с этим в статье рассматривалось применение технологии к моделированию геологической среды Вуктыльской площади, расположенной в ее пределах (рис. 1). Выделенные по данным сейсморазведочных работ в северо-восточной части впадины рифогенные постройки являются первоочередными объектами для дальнейших исследований [8].

При применении вычислительных экспериментов были использованы сейсмические профили, геолого-геофизические разрезы, гравиметрические карты, данные о плотностных характеристиках пород основных нефтегазоносных комплексов.

Верхнепечорская впадина относится к южному окончанию северного сегмента Предуральского краевого прогиба Тимано-Печорской плиты и является структурой первого порядка [9]. В тектоническом плане впадина приурочена к краевой части Тимано-Печорской плиты. По морфологии локальных структур она разделяется на внешнюю, осевую и внутреннюю зоны, отличающиеся разной степенью влияния уральского складкообразования. Границы впадины на северо-востоке проходят по Печоро-Кожвинской зоне разломов, которая ограничивает с юго-запада Печоро-Кожвинский мегавал. Южным ограничением впадины является Полудово-Колчимская структурная зона, разделяющая Соликамскую и Верхнепечорскую впадины. С востока ограничена главным Западно-Уральском надвигом, прослеженным в виде серии кулисообразно расположенных нарушений. Западная (внешняя) зона впадины выделяется как Печоро-Ильчская моноклинал – структура второго порядка. В осевой части впадины расположена Южно-Вуктыльская синклинал. Внутренняя приуральская зона Верхнепечорской впадины осложнена серией высокоамплитудных надвигов и характеризуется чешуйчато-надвиговым строением. Складки и надвиги внутренней зоны Верхнепечорской впадины в плане образуют линейную систему дислокаций, выпуклую к западу.

К внутренней части впадины относится Вуктыльская тектоническая пластина – крупный дизъюнктив (аллохтон), меридионально ориентированный и сорванный по некомпетентным верхнедевонским отложениям. В структурном плане по нижним горизонтам осадочного чехла и по кровле фундамента этой пластине соответствует пологая моноклинал, погружающаяся в сторону Среднепечорского поперечного поднятия. Западнее, согласно принятой схеме тектонического районирования, выделена Печоро-Ильчская моноклинал, структурные планы которой, по поддоманиковым, наддоманиковым, нижнекаменноугольным и пермским отложениям значительно отличаются, что связано с наличием палеоподнятий в среднедевонское время и преддвжберским размывом, формированием рифовых банок, одиночных и барьерных рифов в позднедевонское время и с глубоким предвизейским размывом.



Рис. 1. Выкопировка из «Картограммы Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции»; тектоническая схема

Условные обозначения к рис. 1

Тектонические элементы

- 1 порядка
- 2 порядка
- границы национальных парков, заповедников

Скважины

- глубокие
- Структуры выявленные

Месторождения

- нефтяные
- газовые
- газоконденсатные

Профили

- расчётные
- отработанные РС

Тектонические элементы

H_1 – Верхнепечорская впадина; H_{1-1} – Вуктыльская тектоническая пластина; H_{1-2} – Печоро-Ильичская моноклинали

Исследуемая территория Верхнепечорской впадины представляет собой полосу пониженных значений гравитационного поля. Напряжённость поля в ней обратно пропорциональна мощности верхнего терригенного комплекса из-за его аномально низкой плотности по отношению к остальной части разреза. Эта плотность непостоянна в разрезе, она увеличивается с глубиной, вследствие уплотнения песчано-глинистой толщи от $2,45 \text{ г/см}^3$ в западной части прогиба до $2,60\text{--}2,65 \text{ г/см}^3$ в наиболее прогнутой. Подстилающие породы карбонатного комплекса имеют плотности от $2,65$ до $2,76 \text{ г/см}^3$ и меняются в зависимости от принадлежности к различным литоло-фациальным зонам, связанными с рифообразованиями. Величина перепада плотности

на границе терригенных и карбонатных пород составляет от $0,12$ до $0,15 \text{ г/см}^3$, поэтому поведение этой поверхности влияет на формирование локальных аномалий гравитационного поля. Плотностные неоднородности в виде атоллов, депрессионных областей в составе верхнедевонских отложений в аномальном поле не находят отображения, но хорошо видны при моделировании разреза при решении обратных задач гравиразведки в классе распределения плотностей.

Следующей границей, влияющей на формирование гравитационного поля, является фундамент. Его гипсометрия и разнородный состав, представленный основными и ультраосновными породами, подтверждается бурением скважин 1-Динью, 1-3. Дутово.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

При проведении моделирования расчетные профили были выбраны в пределах западной части Печоро-Ильчской моноклинали и восточного бота Вуктыльской тектонической пластины, совмещены с сейсмическими профилями 7710-02 и 11087-30 (рис. 1–3). Формирование начального приближения было проведено по сейсмическим разрезам. Поскольку на гравитационное поле оказывают влияние все комплексы горных пород, слагающие осадочный чехол, при решении обратной задачи для каждого из слоев были подобраны свои критерии оптимальности в зависимости от имеющейся информации.

Для верхней части осадочного чехла, наиболее хорошо изученной бурением и включающей терригенные отложения верхнего и нижнего отделов пермской системы, критерий оптимальности составил 0,35–0,4. Результат решения обратной задачи гравиразведки показал, что распределение плотностных характеристик здесь колеблется от 2,48 до 2,51 г/см³ (рис. 2, 3). Карбонатная часть разреза, включающая отложения нижней перми, карбона, девона, представляет поисковый интерес с точки зрения рифообразования [10]. Для него характерна латеральная изменчивость литологического состава, а следовательно, и плотностных характеристик, поэтому критерий оптимальности варьировался от 0,65 до 0,8. Как видно из рис. 3, расчетные значения плотности составили для рифов 2,67–2,70 г/см³, для депрессионных осадков – 2,59–2,62 г/см³.

Нижняя терригенно-карбонатная часть осадочного чехла, представленная отложениями силура и ордовика, не отличается разнообразием плотностных характеристик, ввиду однотипности состава отложений и глубинного фактора, влияющего на большие значения плотностей. Критерий оптимальности здесь составил 0,7–0,8. В результате решения значения плотностей лежат в пределах от 2,70 до 2,74 г/см³.

Породы фундамента, так же как и рельеф его поверхности, значительно влияют на формирование гравитационного поля Верхнепечорской впадины. Вследствие этого, в зависимости от известного и предполагаемого состава пород (для этого были использованы не только петрофизические данные бурения скважин, но и материалы магнитометрических съемок), критерий оптимальности был выбран 0,8–0,9. Расчетные плотности – 2,76–2,85 г/см³.

В целом, по результатам проведенных исследований, отмечается хорошее соответствие наблюдаемого и рассчитанного полей. Невязка по профилю 7710-02 составила 1,15 мГал, по профилю 11087-30 – 1,8 мГал. Как видно из рис. 3, максимальные значения гравитационного поля до 9 мГал в западной части профиля обусловлены породами фундамента и его составом. Вуктыльский надвиг слабо отображается в аномальном поле. Уменьшение поля силы тяжести до минус 12 мГал в восточном направлении обусловлено увеличением мощности терригенной толщи и изменением гипсометрии фундамента.

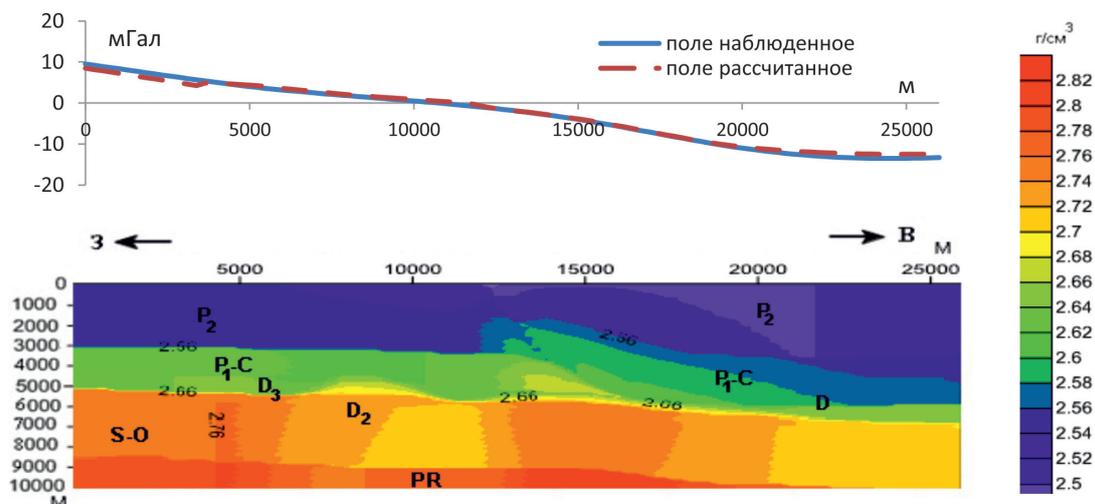


Рис. 2. Решение обратной плотностной задачи гравиразведки.
Геоплотностная модель по линии вдоль профиля 7710-02. Невязка 1,15 мГал

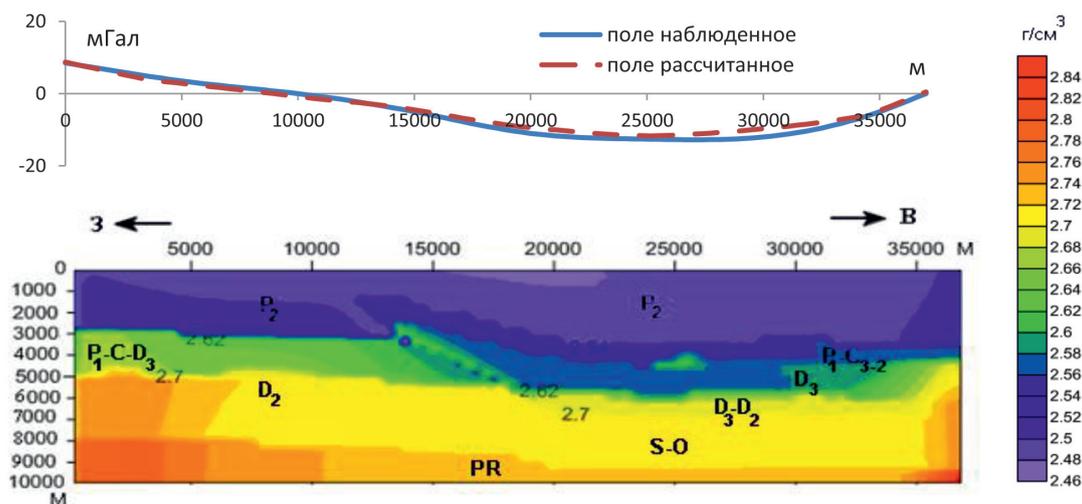


Рис. 3. Решение обратной плотностной задачи гравиметрии.
Геоплотностная модель по линии вдоль профиля 11087-30. Невязка 1,8 мГал

Заклучение

Было проведено опробование разработанной технологии структурно-плотностного моделирования на основе инверсии гравитационного поля для выделения зон, различных по своим петрофизическим характеристикам, обусловленных литофациальными изменениями и связанных с рифообразованием. При анализировании полученных геоплотностных моделей отмечены зоны рифовых построек доманиково-турнейского возраста: по профилю 11087-30 в пределах пикетов 6000–10000, 24000–26000; по профилю 7710-02 – 7000–11000 с плотностями 2,67–2,71 г/см³.

Применение новых технологий и программного обеспечения в решении задач интегрированной интерпретации геолого-геофизических данных позволит расширить перспективные территории с целью поиска залежей углеводородов. Результаты применения интегрированной интерпретации данных сейсморазведки и гравиметрии, основанной на решении обратных задач в рамках критериального подхода, позволяют рекомендовать ее для решения задач выявления перспективных в нефтегазовом отношении объектов.

Список литературы

1. Вельтистова О.М. Современные отечественные программные комплексы интерпретации гравимагнитных данных / О.М. Вельтистова, Е.Н. Мотрюк // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2013. – № 3 (15) – С. 70–80.
2. Кобрунов А.И. Математические методы моделирования в прикладной геофизике. Избранные главы / А.И. Ко-

брунов // Учебное пособие. Часть 2. Системный анализ и моделирование в условиях неопределенности. – Ухта: УГТУ, 2014. – 154 с.

3. Кобрунов А.И. Математические основы системного анализа геолого-геофизических данных / А.И. Кобрунов // Геофизический журнал. – 2012. – № 3. – С. 22–31.

4. Куделин С.Г. Технология интегрированного физико-геологического моделирования на основе системной инверсии / С.Г. Куделин, М.И. Барабанов, А.И. Кобрунов // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2012. – № 4/269. – С. 13–21.

5. Кобрунов А.И. Программный комплекс создания и поддержки геолого-геофизических моделей среды «GeoVIP» и его функциональные возможности / А.И. Кобрунов, С.Г. Куделин, М.И. Барабанов // Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность: II Научно-практическая молодежная конференция (Москва, 6–7 октября 2010 г.). – М., 2010. – С. 18.

6. Кобрунов А.И. Использование функций принадлежности параметров модели и критерии оптимальности при решении обратных задач гравиметрии / А.И. Кобрунов, Е.Н. Мотрюк // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 196–201.

7. Мотрюк Е.Н. Моделирование геологических структур на основе комплекса геолого-геофизических данных / Е.Н. Мотрюк, О.М. Вельтистова // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы Международного семинара им. Д.Г. Успенского (Казань, 22–26 января 2018 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – С. 42–43.

8. Данилов В.Н. Перспективы восполнения сырьевой базы Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения / В.Н. Данилов // Вести газовой науки: Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих регионов России. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. – № 1 (25). – С. 72–85.

9. Прищепа О.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской провинции / О.М. Прищепа, В.И. Богацкий, В.Н. Макаревич [и др.] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. – Т. 6, № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/40_pdf (дата обращения: 17.06.2018).

10. Богданов Б.П. Карбонатные постройки перми-карбона севера Тимано-Печорской провинции и их свойства / Б.П. Богданов, Ю.С. Кузьменко // Нефтегазовая геология.

Теория и практика. – 2014. – Т. 9, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/11/38_pdf (дата обращения: 17.06.2018).

References

1. Vel'tistova O.M. Sovremenny'e otechestvenny'e programmny'e komplekсы' interpretacii gravimagnitny'x danny'x / O.M. Vel'tistova, E.N. Motryuk // *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN*. – 2013. – № 3 (15) – pp. 70–80.
2. Kobrunov A.I. Matematicheskie metody' modelirovaniya v prikladnoj geofizike. Izbranny'e glavy' / A.I. Kobrunov // *Uchebnoe posobie. Chast' 2. Sistemny'j analiz i modeli-rovaniye v usloviyax neopredelennosti*. – Uxta: UGTU, 2014. – 154 p.
3. Kobrunov A.I. Matematicheskie osnovy' sistemnogo analiza geologo-geofizicheskix danny'x / A.I. Kobrunov // *Geofizicheskij zhurnal*. – 2012. – № 3. – pp. 22–31.
4. Kudelin S.G. Teknologiya integririvannogo fiziko-geologicheskogo modelirovaniya na osnove sistemnoj inverzii / S.G. Kudelin, M.I. Barabanov, A.I. Kobrunov // *Trudy Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta nefti i gaza imeni I.M. Gubkina*. – 2012. – № 4/269. – pp. 13–21.
5. Kobrunov A.I. Programmny'j kompleks sozdaniya i podderzhki geologo-geofizicheskix modelej sredi' «GeoVIP» i ego funkcional'ny'e vozmozhnosti / A.I. Kobrunov, S.G. Kudelin, M.I. Barabanov // *Novy'e tekhnologii v gazovoj otrasli: opyt i preemstvennost': II Nauchno-prakticheskaya molodyozhnaya konferenciya «»* (Moskva, 6–7 oktyabrya 2010 g.). – M., 2010. – pp. 18.
6. Kobrunov A.I. Ispol'zovanie funkcij prinadlezhnosti parametrov modeli i kriterii optimal'nosti pri reshenii obratny'x zadach gravimetrii / A.I. Kobrunov, E.N. Motryuk // *Uspexi sovremennoj nauki i obrazovaniya*. – 2017. – Т. 5, № 2. – pp. 196–201.
7. Motryuk E.N. Modelirovaniye geologicheskix struktur na osnove kompleksa geologo-geofizicheskix danny'x / E.N. Motryuk, O.M. Vel'tistova // *Voprosy' teorii i praktiki geo-logicheskoy interpretacii geofizicheskix polej: materialy' Mezhdunarodnogo seminara im. D.G. Uspenskogo (Kazan', 22–26 yanvarya 2018 g.)*. – Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 2018. – pp. 42–43.
8. Danilov V.N. Perspektivy' vospolneniya sy'r'evoy bazy' Vuktyl'skogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya / V.N. Danilov // *Vesti gazovoj nauki: Problemy' resursnogo obespechi-vaniya gazodoby'vayushhix regionov Rossii*. – M.: Gazprom VNIIGAZ, 2016. – № 1 (25). – pp. 72–85.
9. Prishhepa O.M. Novy'e predstavleniya o tektonicheskom i neftegazogeologicheskome rajoniro-vanii Timano-Pechorskoj provincii / O.M. Prishhepa, V.I. Bogaczkiy, V.N. Makarevich [i dr.] // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. – 2011. – Т. 6, № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/40_pdf (дата обращения: 17.06.2018).
10. Bogdanov B.P. Karbonatny'e postrojki permi-karbona severa Timano-Pechorskoj provincii i ix svojstva / B.P. Bogdanov, Yu.S. Kuz'menko // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. – 2014. – Т. 9, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/11/38_pdf (дата обращения: 17.06.2018).