

УДК 550.8.05:550.83

DOI 10.47148/0016-7894-2024-3-51-63

Особенности геологического строения зоны сочленения Печоро-Колвинского авлакогена и Большеземельского свода в акватории Печорского моря по результатам комплексного анализа геофизических данных

© 2024 г. | О.М. Мятчин¹, Л.Н. Клещина¹, Н.А. Малышев², С.В. Горбачев¹, Е.А. Соломатина¹, К.С. Черников¹, М.А. Черенкова¹

¹ООО «РН-Шельф-Арктика», Москва, Россия; oleg.myatchin@mail.ru; kleschinaln@yandex.ru; svgorbachev@rnsha.rosneft.ru; easolomatina@rnsha.rosneft.ru; chernikovkonstantin1891@gmail.com; mariabaklan@ya.ru;

²ПАО «НК «Роснефть», Москва, Россия; n_malyshev@rosneft.ru

Поступила 02.02.2024

Доработана 08.02.2024 г.

Принята к печати 13.02.2024 г.

Ключевые слова: *Большеземельский свод; Печоро-Колвинский авлакоген; Печорское море; фундамент; магматизм; сейсморазведка; гравиразведка; магниторазведка; комплексный анализ; верхняя часть разреза; эффективность.*

Аннотация: Актуальность исследований связана с необходимостью создания более достоверной геологической модели строения акваториальной части Тимано-Печорского бассейна для прогноза перспектив ее нефтегазоносности. В статье представлены основные результаты комплексного анализа сейсмо-, грави- и магниторазведочных данных в зоне сочленения акваториальных частей Печоро-Колвинского авлакогена и Большеземельского свода. Сейсморазведочные материалы включали данные съемки 3D на одной из площадей в западной части Печорского моря. Дополнительно в интерпретацию были вовлечены региональные сейсмические профили 2D. Комплексный анализ данных позволяет расширить спектр физических свойств, характеризующих объекты, оценить их морфологию, размеры, глубины залегания пород фундамента и осадочных комплексов, получить представление о литологическом составе пород, что, в свою очередь, дает возможность снизить неопределенности наличия в разрезе в пределах акватории элементов углеводородных систем. Анализ позволил выделить в строении фундамента акваториальной части Большеземельского свода области интенсивных и пологоскладчатых деформаций, с последними связаны эрозионные останцы трех типов различного генезиса. По материалам сейсмогравимагнитного моделирования в комплексе пород фундамента были выделены объекты, связанные, предположительно, с магматическими телами. По результатам выполненных исследований сделаны также выводы об эффективности комплексирования грави-, магнито- и сейсморазведочных работ при изучении особенностей геологического строения акватории Печорского моря.

Для цитирования: Мятчин О.М., Клещина Л.Н., Малышев Н.А., Горбачев С.В., Соломатина Е.А., Черников К.С., Черенкова М.А. Особенности геологического строения зоны сочленения Печоро-Колвинского авлакогена и Большеземельского свода в акватории Печорского моря по результатам комплексного анализа геофизических данных // Геология нефти и газа. – 2024. – № 3. – С. 51–63. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-3-51-63.

Geological features of Pechora-Kolvinsky aulacogen and Bolshezemelsky arch junction zone in the Pechora Sea waters: the results of geophysical data integrated analysis

© 2024 | O.M. Myatchin¹, L.N. Kleschina¹, N.A. Malyshev², S.V. Gorbachev¹, E.A. Solomatina¹, K.S. Chernikov¹, M.A. Cherenkova¹

¹RN-Shelf-Arctic, Moscow, Russia; oleg.myatchin@mail.ru; kleschinaln@yandex.ru; svgorbachev@rnsha.rosneft.ru; easolomatina@rnsha.rosneft.ru; chernikovkonstantin1891@gmail.com; mariabaklan@ya.ru;

²Rosneft Oil Company, Moscow, Russia; n_malyshev@rosneft.ru

Received 02.02.2024

Revised 08.02.2024

Accepted for publication 13.02.2024

Key words: *Bolshezemelsky arch; Pechora-Kolva aulacogen; Pechora Sea; basement; magmatism; seismic exploration; gravimetry; magnetometry; integrated analysis; near-surface; effectiveness.*

Abstract: Relevance of the study is related to the necessity of development of geological model of Timan-Pechora basin aquatic part for hydrocarbon potential prediction. Main results of complex analysis of seismic, gravity and magnetic data within the aquatic parts of Pechora-Kolva aulacogen and Bolshezemelsky arch junction zone. Geophysical data include 3D survey within the western part of the Pechora Sea. In addition to these data regional seismic 2D lines were used. Complex data analysis allows to expand the spectrum of physical properties characterizing objects, evaluate their shape, size, depth of basement and sedimentary rocks and get an overview of lithological composition of rocks. It gives an opportunity to re-

duce uncertainties of hydrocarbon system elements. The complex analysis let to identify areas of intensive and gentle deformations within the basement of the aquatic part of Bolshezemelsky arch. Three types of erosional remnants are connected to areas of gentle deformations. Following the data of seismogravimagnetic modelling, objects associated with magmatic bodies were located within the basement. As the result of research conclusions about the effectiveness of geophysical data combination during the studying of the Pechora Sea geological features were made.

For citation: Myatchin O.M., Kleshchina L.N., Malyshev N.A., Gorbachev S.V., Solomatina E.A., Chernikov K.S., Cherenkova M.A. Geological features of Pechora-Kolvin'sky aulacogen and Bolshezemelsky arch junction zone in the Pechora Sea waters: the results of geophysical data integrated analysis. *Geologiya nefti i gaza*. 2024;(3):51–63. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-3-51-63. In Russ.

Введение

Район исследований расположен в западной части Печорского моря и в нефтегазгеологическом отношении приурочен к акваториальному продолжению Печоро-Колвинской и Хорейверской нефтегазоносных областей Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. В тектоническом отношении он относится к зоне сочленения двух крупных тектонических элементов древнего заложения — Печоро-Колвинского авлакогена и Большеземельского свода, в пределах которых докембрийский фундамент характеризуется сложной складчатой структурой. Помимо изучения осадочного чехла и фундамента сейсмическими методами, существенную эффективность при выделении неоднородностей геологического разреза в их составе демонстрируют методы грави- и магниторазведки, которые позволяют дополнять и детализировать модель строения среды и, как следствие, уточнять геологические особенности разноранговых структур в акватории Печорского моря.

В основу настоящего исследования были положены результаты комплексной интерпретации сейсмических, грави- и магнитометрических данных 3D, выполненной в 2019–2020 гг. по западной части акватории Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. Результаты позволили существенно уточнить геологическое строение нижней части осадочного чехла и верхней части фундамента и впоследствии снизить неопределенности УВ-систем региона по ряду факторов.

Комплексирование материалов сейсмо-, грави- и магниторазведки для уточнения строения фундамента

Существуют различные точки зрения относительно эволюции и строения дофанерозойских комплексов изучаемой территории, значительная часть подобных теорий изложена в работах В.А. Дедеева и И.В. Запорожцевой [1], И.В. Запорожцевой и А.М. Пыстина [2], Л.Т. Беляковой с соавторами [3], Н.А. Мальшева [4] и др. Отметим лишь некоторые важные положения и результаты этих исследований.

В структуре фундамента Тимано-Печорского бассейна выделяется ряд иерархически подчиненных структурных элементов — геоблоков, мегаблоков и блоков, разделенных крупными региональными разломами [1, 2]. Эти элементы отличаются от соседних размерами, формой, глубиной ограничивающих разломов, структурно-формацион-

ными особенностями и характером дислокаций перекрывающего осадочного чехла. Как основные геоблоки и мегаблоки, так и ограничивающие их тектонические нарушения имеют северо-западное простираение.

Исследуемая территория по поверхности фундамента находится в пределах Печороморско-Большеземельского геоблока в зоне сочленения двух крупных мегаблоков, разделенных региональным Восточно-Колвинским разломом северо-западного простираения, представляющим собой в плане серию кулисообразно расположенных по простираению разрывных нарушений. С западной стороны от разлома расположен Печоро-Колвинский мегаблок, а с востока — Денисовская складчатая зона и Хорейверский мегаблок (в центральной части которого расположен Большеземельский свод) [3].

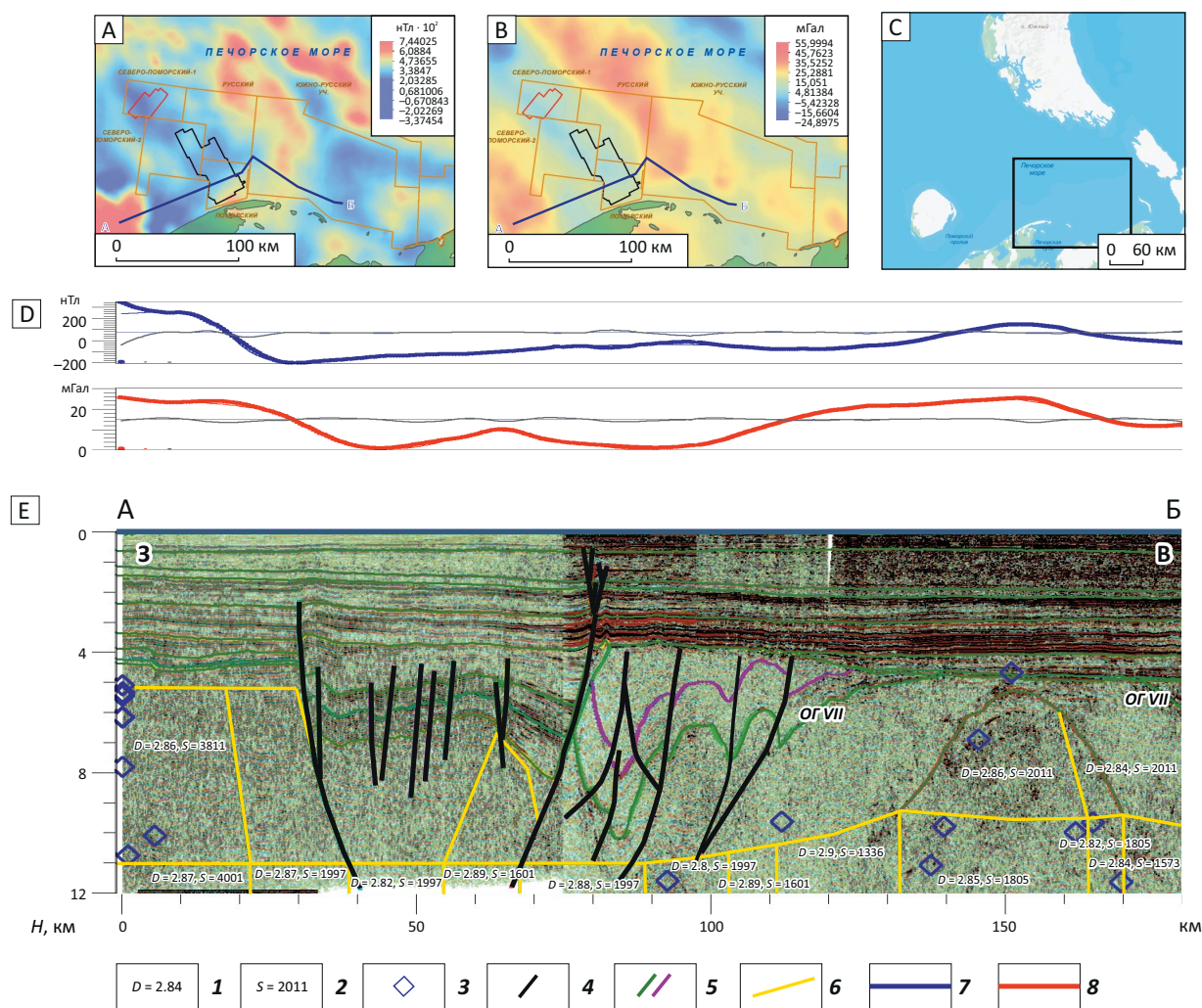
Восточно-Колвинский разлом проявлен не только в фундаменте, но и прослеживается выше в разрезе осадочного чехла. Так, он ограничивает восточный борт Печоро-Колвинского авлакогена, в пределах которого в позднем карбоне – перми в результате инверсионных движений по разлому был сформирован Колвинский мегавал [3, 4].

На ранних дивергентных этапах развития региона (средний(?) – поздний рифей) преобладал геодинамический режим растяжения, с которым связано образование отрицательных форм рельефа и разломов сбросового типа.

В более позднее время (конвергентный период) преобладали горизонтальные напряжения сжатия, обусловившие формирование привзбросонадвиговых деформаций и инверсионных структур. Крупные события в Тимано-Северорусском регионе отмечены в позднем рифее – венде (байкальская складчатость). В результате коллизионных и орогенных процессов образовались складчатые докембрийские сооружения на месте современных структур Тиманского кряжа, Ижма-Печорской впадины, Печоро-Колвинского авлакогена, Хорейверской впадины и Варандей-Адзвинской зоны [1–4]. Их формирование было связано с финальной фазой байкальской складчатости и сопровождалось высокой магматической активностью как в эффузивной, так и в интрузивной формах. В фундаменте Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна скважинами вскрыты интрузии габбро, диоритов, гранитов (Дутовская, Носовая, Южно-Черкаюская, Седу-

Рис. 1. Результаты комплексного анализа данных сейсмо-, грави- и магниторазведки

Fig. 1. Results of integrated analysis of seismic, gravity, and magnetic data



Карты: А — магнитного поля, В — гравитационного поля (редукция в свободном воздухе), С — местоположения района исследований, D — кривые значений магнитного и гравитационного полей, E — композитный сейсмический разрез по линии А–В с вынесенными верхними кройками магнитных объектов, выделенных по технологии Euler3D [6].

1 — значения плотности, г/см^3 ; 2 — значения магнитной восприимчивости, мксГС ; 3 — верхние кройки магнитных объектов на разрезе по технологии Euler3D [6]; 4 — тектонические нарушения; 5 — отражающие горизонты; 6 — границы модельных блоков фундамента с разными значениями плотности и магнитной восприимчивости; кривые значений полей (7, 8): 7 — магнитного, 8 — гравитационного

Maps: A — magnetic field, B — gravity field (free-air anomalies), C — location of the study area, D — magnetic and gravity field graphs, E — seismic section along the slalom A–B line with the upper edges of magnetic objects identified using Euler3D method [6].

1 — density, g/cm^3 ; 2 — magnetic susceptibility, 10^{-6} CGS; 3 — upper edges of magnetic objects identified using Euler3D method [6]; 4 — faults; 5 — reflectors; 6 — borders of Basement model blocks with different values of density and magnetic susceptibility; graphs (7, 8): 7 — magnetic field, 8 — gravity field

яхинская и другие площади), а также кварцевые порфиры и пирокластические породы кислого состава (Сандивейская, Возейская и другие площади) [3].

По сейсмическим данным в фундаменте Большеземельского палеосвода прослежен ряд отражающих границ, одна из которых (рис. 1, граница VII) разделяет разрез комплекса пород фундамента на две толщи с разным рисунком сейсмической записи. В пределах Печоро-Колвинского авлакогена фундамент погружен на большие глубины и по

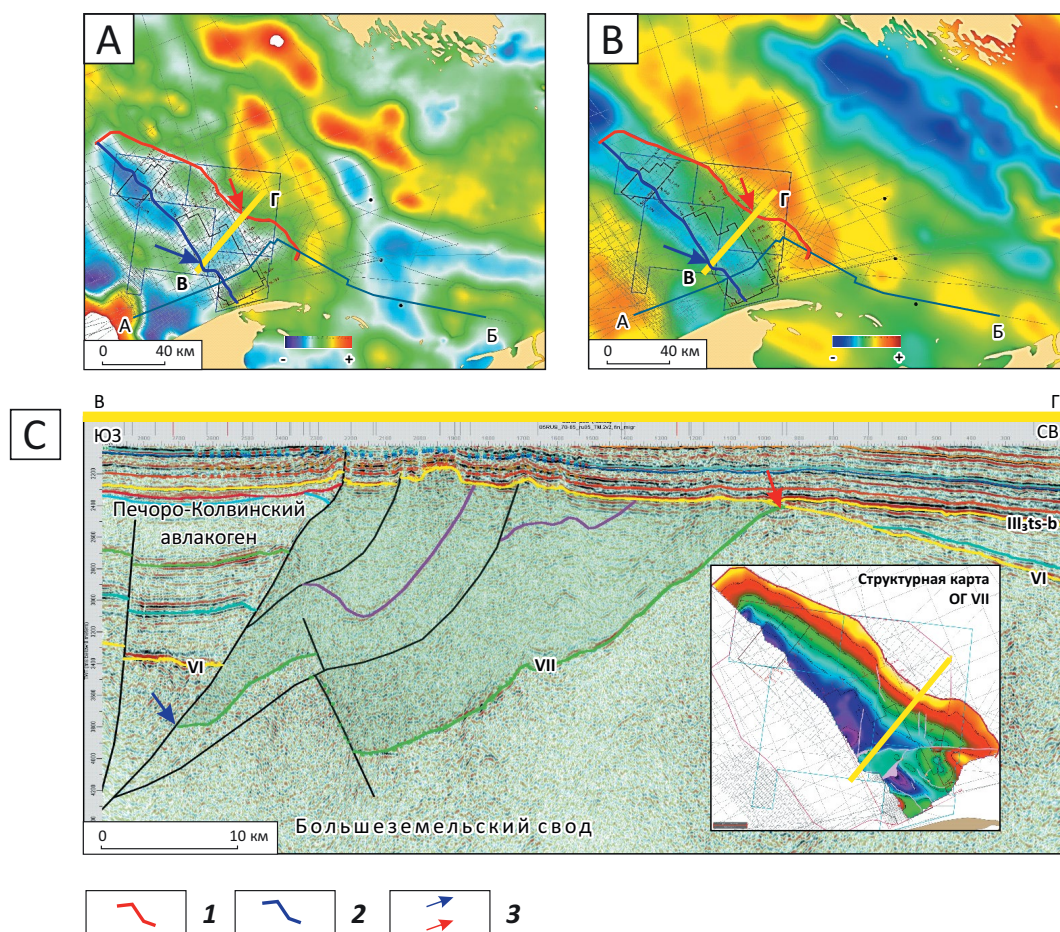
имеющимся сейсмическим данным определить его внутреннюю структуру невозможно. По этой причине авторы статьи включили в интерпретацию данные гравиметрических и магнитометрических исследований, которые позволили получить дополнительную информацию о свойствах среды и сделать более полные корректные и, скорее всего, достоверные выводы о геологическом строении изучаемого района [5].

Нижняя толща на большей части площади исследований акустически однородна за исключени-



Рис. 2. Выраженность Восточно-Колвинского палеопрогиба на временном сейсмическом разрезе и картах гравитационного и магнитного полей

Fig. 2. Evidence of East Kolvinsky paleotrough in seismic time section and gravity and magnetic field maps



Карты: А — магнитного поля, В — гравитационного поля (редукция в свободном воздухе), С — сейсмический временной разрез по линии В–Г.

1 — линия среза ОГ VII (восточный борт Восточно-Колвинского палеопрогиба); **границы (2, 3): 2** — Большеземельского палеосвода (западный борт Восточно-Колвинского палеопрогиба); **3** — распространения ОГ VII.

Остальные усл. обозначения см. на рис. 1

Maps: А — magnetic field, В — gravity field (free-air anomalies), С — seismic time section along В–Г line.

1 — line of VII Reflector truncation (eastern shoulder of East Kolvinsky paleotrough); **boundaries (2, 3): 2** — Bolshezemelsky paleo-arch (western shoulder of East Kolvinsky paleotrough); **3** — VII Reflector occurrence.

For other legend items see Fig. 1

ем отдельных непротяженных фрагментов сейсмических отражений. Лишь на отдельных участках отмечаются серии динамически ярких отражений, связанных, скорее всего, с магматическими телами, которые по акустическим свойствам резко отличаются от вмещающих отложений. Им соответствуют положительные аномалии магнитного поля (см. рис. 1). Для верхней толщи характерны складчатые деформации различной интенсивности.

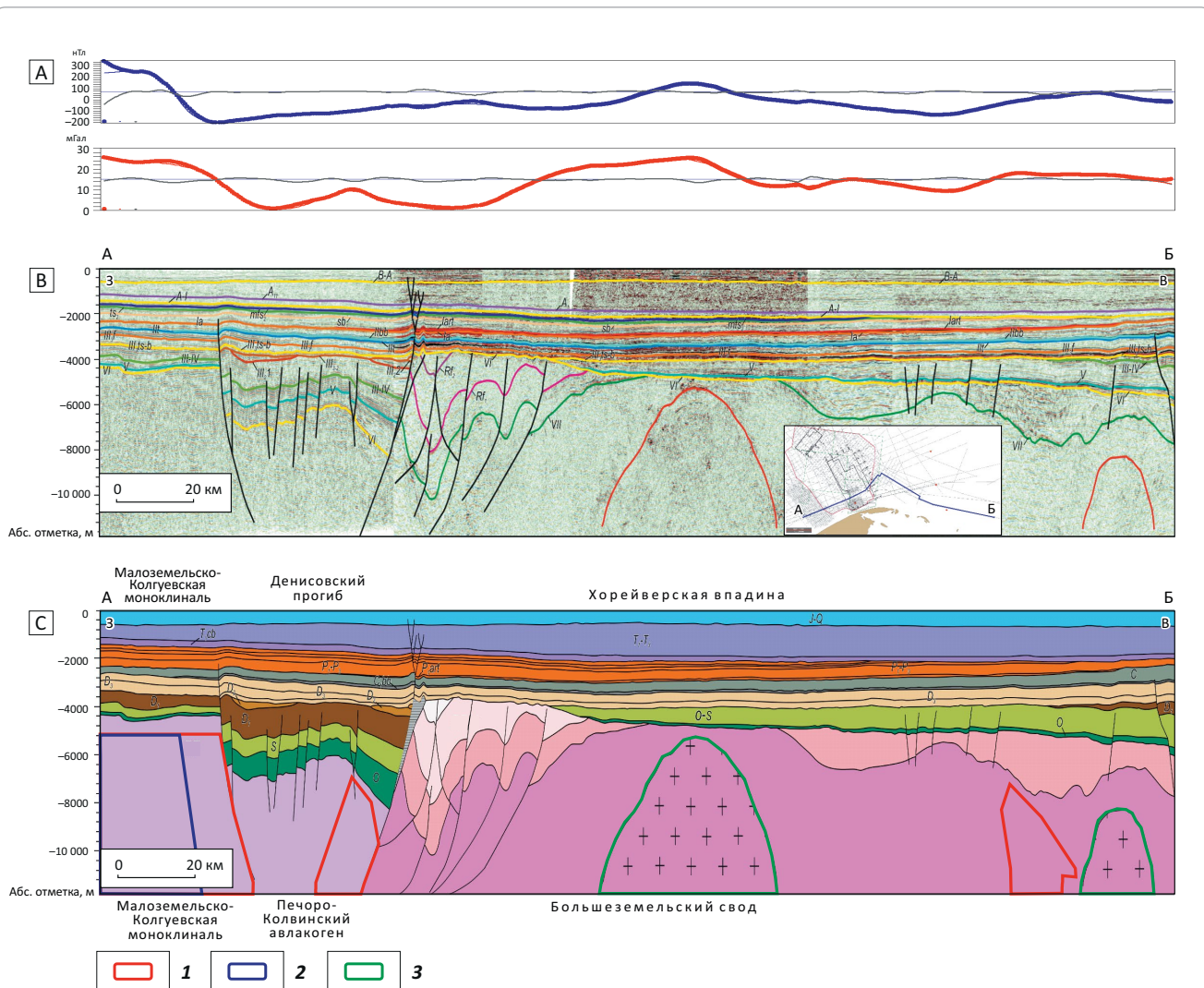
В структурном плане по ОГ VII выделяется линейный асимметричный прогиб, осевая часть которого смещена к Восточно-Колвинскому разлому (рис. 2). В соответствии с его расположением авторы статьи назвали его Восточно-Колвинским. Борт

прогиба воздымается в северном и северо-восточном направлениях. По мере подъема восточной бортовой части прогиба под поверхность регионального предордовикского размыва постепенно выходят все более древние породы фундамента со срезанием всей верхней толщи до ее подошвы (ОГ VII). Участку, где горизонт VII размыт, в гравитационном и магнитном полях соответствует полоса крупных положительных аномалий.

На исследуемом участке горизонт VII прослежен и увязан только до границы его размыва, а глубины погружения этого горизонта варьируют от 4 до 10–11 км. Результаты интерпретации сейсмических данных вдоль линии А–Б позволили про-

Рис. 3. Аномалиеобразующие объекты в комплексе пород фундамента

Fig. 3. Anomaly-causing objects in the Basement rock association



A — кривые значений магнитного и гравитационного полей; композитные разрезы: B — сейсмический по линии А-Б, С — геологический по линии А-Б.

Аномалиеобразующие объекты, выделенные по геофизическим методам (1-3): 1 — гравиразведке, 2 — магниторазведке, 3 — грави-, магнито- и сейсморазведке.

Остальные усл. обозначения см. на рис. 1

A — magnetic and gravity field graphs; slalom lines: B — seismic section along A-B line, C — geological section along A-B line.

Anomaly-causing objects identified using geophysical methods (1-3): 1 — gravimetry, 2 — magnetometry, 3 — gravimetry, magnetometry and seismic exploration.

For other legend items see Fig. 1

следить горизонт VII по другую сторону области размыва, где он погружается на восток, образуя таким образом крупную положительную структуру (рис. 3). На сейсмическом разрезе в нижней толще пород фундамента выделяется «холмообразное тело», залегающее ниже горизонта VII, ему соответствуют гравитационная и магнитная аномалии положительного знака. Далее в восточном направлении по горизонту VII выделяется еще два более мелких антиклинальных перегиба. Под одним из них (см. рис. 3, восточная часть разреза) также обо-

соблено «холмообразное тело», создающее гравитационную и магнитную аномалии.

Глубины верхних кромок аномалиеобразующих объектов, полученные по результатам моделирования гравитационного и магнитного полей, хорошо коррелируют с кровлей «холмообразных тел», выделенных на сейсмических разрезах (см. рис. 1).

По результатам комплексного анализа материалов трех геофизических методов можно предположить, что «холмообразные тела» представляют собой интрузивные массивы, образовавшиеся за

счет внедрения магмы в толщу пород фундамента одновременно с его структурной перестройкой в процессе байкальского тектогенеза (см. рис. 3). Существование подобных тел можно предположить вдоль полосы положительных аномалий, контролирующей линию размыва (см. рис. 2).

Следует отметить, что на наличие магматических тел в пределах Большеземельского свода (как интрузивных, так и эффузивных) ранее указывали многие исследователи [1–4] и, кроме того, подобные тела вскрыты скважинами на суше Тимано-Печорского бассейна.

Кроме описанных выше тел вдоль линии А–Б (см. рис. 3) в составе пород фундамента выделен еще ряд аномальных объектов, однако они проявляются только в одном, реже в двух потенциальных полях и никак не выражены на сейсмическом разрезе.

Верхняя толща пород фундамента в значительной степени подверглась складчатым деформациям в результате байкальского тектогенеза. Здесь по сейсмическим данным 3D выделены две зоны с разными типами деформаций, примыкающие к Восточно-Колвинскому разлому и разделенные разломом D (рис. 4).

Зона пологоскладчатых деформаций картируется к востоку-юго-востоку от разлома D, а северо-западнее от разлома D выделяется зона интенсивных деформаций. Для нее характерны непротяженные отражения сложной конфигурации с многочисленными амплитудными аномалиями, которые связаны, по-видимому, с магматическими образованиями.

Пологие деформации представлены складками преимущественно северо-восточной вергентности, они в значительной степени контролируются серией разломов взбросонадвигового типа, «расходящихся» от Восточно-Колвинского разлома (рис. 5). Образование взбросонадвигов и связанных с ними деформаций пород вызвано, вероятно, процессами сжатия в направлении с востока и северо-востока (в современных координатах) в байкальскую фазу складчатости.

В верхней толще пород фундамента (выше ОГ VII) выделено три интервала, которые были вовлечены в складкообразование и со значительным угловым несогласием подходят к поверхности размыва. Следует отметить, что на поверхность предордовикского размыва в рассматриваемом районе наложился два более поздних размыва — предсреднедевонский и предфранский. В результате поверхность фундамента была в значительной степени сnivelирована. Породы верхнего и нижнего интервалов в аллохтонах байкальских складок фундамента были эродированы более равномерно и не проявляются в рельефе перекрывающих отложений. Средний интервал разреза, выделенный синим цветом на рис. 5, сложен, по-видимому, более прочными породами, устойчивыми к разруше-

нию, поскольку только с ним связаны эрозионные останцы фундамента в зоне проявления пологих деформаций. По перекрывающим отложениям над останцами образовались структуры облекания. До привлечения материалов 3D-сейсморазведки к интерпретации описанные положительные формы рельефа рассматривались, предположительно, как возможные органогенные постройки франского возраста, но с получением новых более качественных данных эта версия уступила место гипотезе об эрозионных останцах пород фундамента.

Эрозионные останцы фундамента на Большеземельском своде отнесены к разным типам, исходя из следующих факторов: морфологии тел в плане и в разрезе, приуроченности к определенным тектоническим элементам структуры поверхности фундамента и выраженности в потенциальных полях. Авторы статьи выделили три типа останцов (рис. 6).

I. Выступы фундамента, которые являются частью аллохтонов взбросонадвигов и сложены осадочными или вулканогенно-осадочными породами, в разной степени метаморфизованными.

II. Останцы пород фундамента смешанного состава, предположительно состоящие из осадочных и магматических образований.

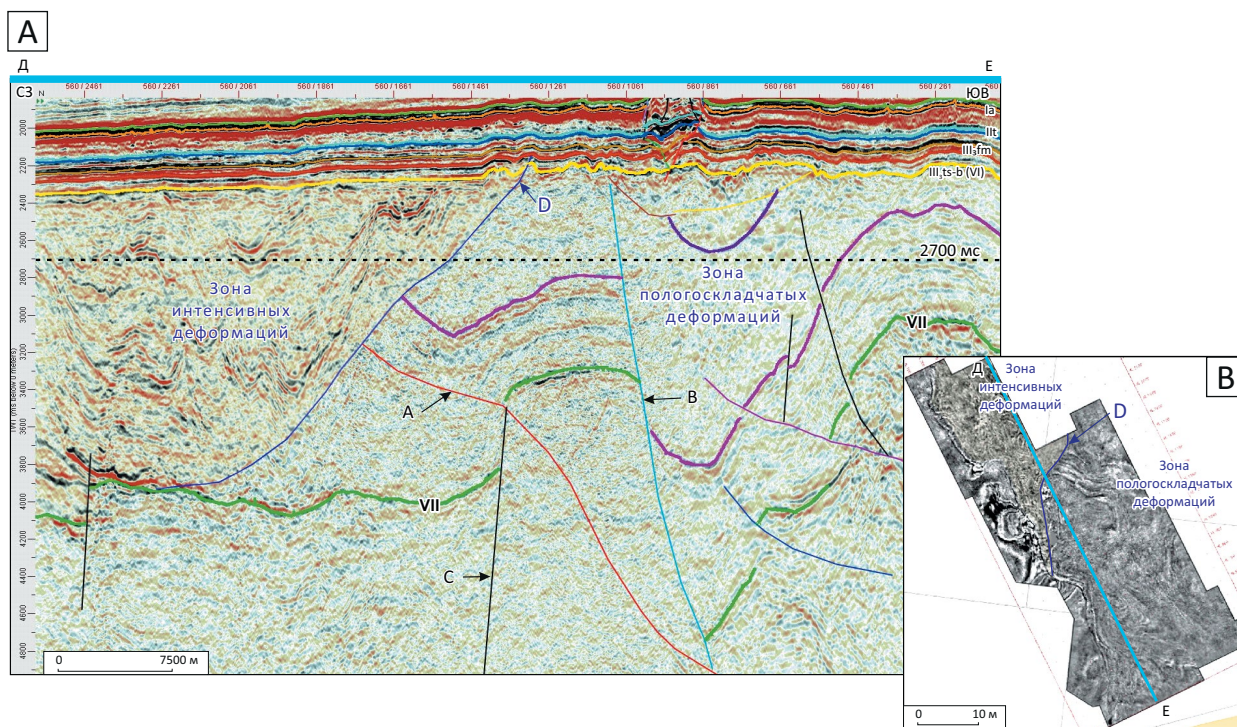
III. Останцы пород фундамента, сложенные предположительно вулканогенными образованиями, связанными, по мнению авторов статьи, с интрузивным вулканизмом.

Применение комплексного анализа для выделения тел магматического генезиса

Образование привзбросонадвиговых дислокаций на Большеземельском палеосводе происходило, по-видимому, синхронно с формированием Восточно-Колвинского прогиба, осевая часть которого постепенно вовлекалась в погружение. В его юго-восточной части быстрому погружению препятствовали древние поперечные структуры, а в северо-западной части оно происходило более интенсивно. Здесь по мере погружения осевой части прогиба возникали зоны растяжения. В ослабленных зонах образовывались трещины и разломы, а местами, возможно, «тектонические окна», через которые проникала магма, образуя как интрузивные, так и эффузивные тела различной формы [7]. Большую роль в формировании магматических тел могла сыграть также близость к «горячим точкам» (магматическим очагам), которым соответствуют положительные аномалии магнитного поля. По результатам 2D и 3D-сейсмогравиомагнитного моделирования в комплексе пород фундамента были выделены объекты с повышенной магнитной восприимчивостью и плотностью, связанные, предположительно, с магматическими телами. На сейсмических разрезах им соответствуют высокоамплитудные отражения, а в магнитном поле — локальные положительные аномалии (рис. 7). С помощью моделирования удалось также уточнить форму магнитного объекта и предположить его генезис.

Рис. 4. Типы складчатых деформаций пород фундамента

Fig. 4. Types of the Basement rock folding

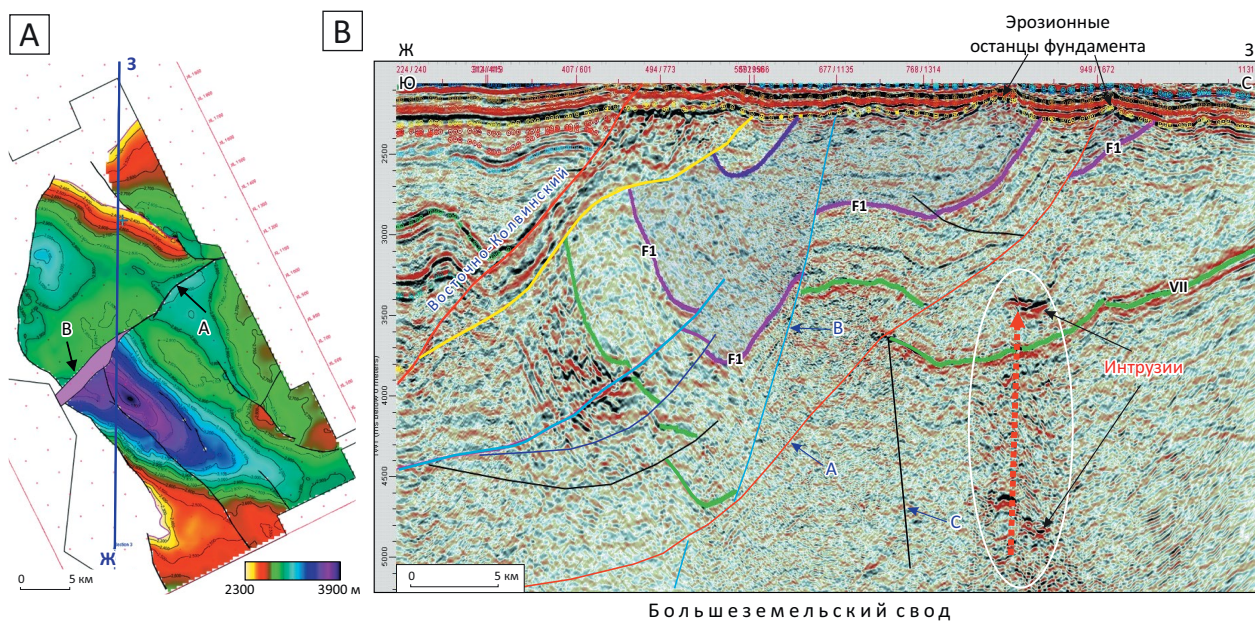


A — сейсмический временной разрез по линии Д–Е, В — срез куба амплитуд на времени 2700 мс

A — seismic time section along D–E line; B — slice from amplitude cube at 2700 ms

Рис. 5. Строение зоны пологих деформаций

Fig. 5. Structure of gentle deformations



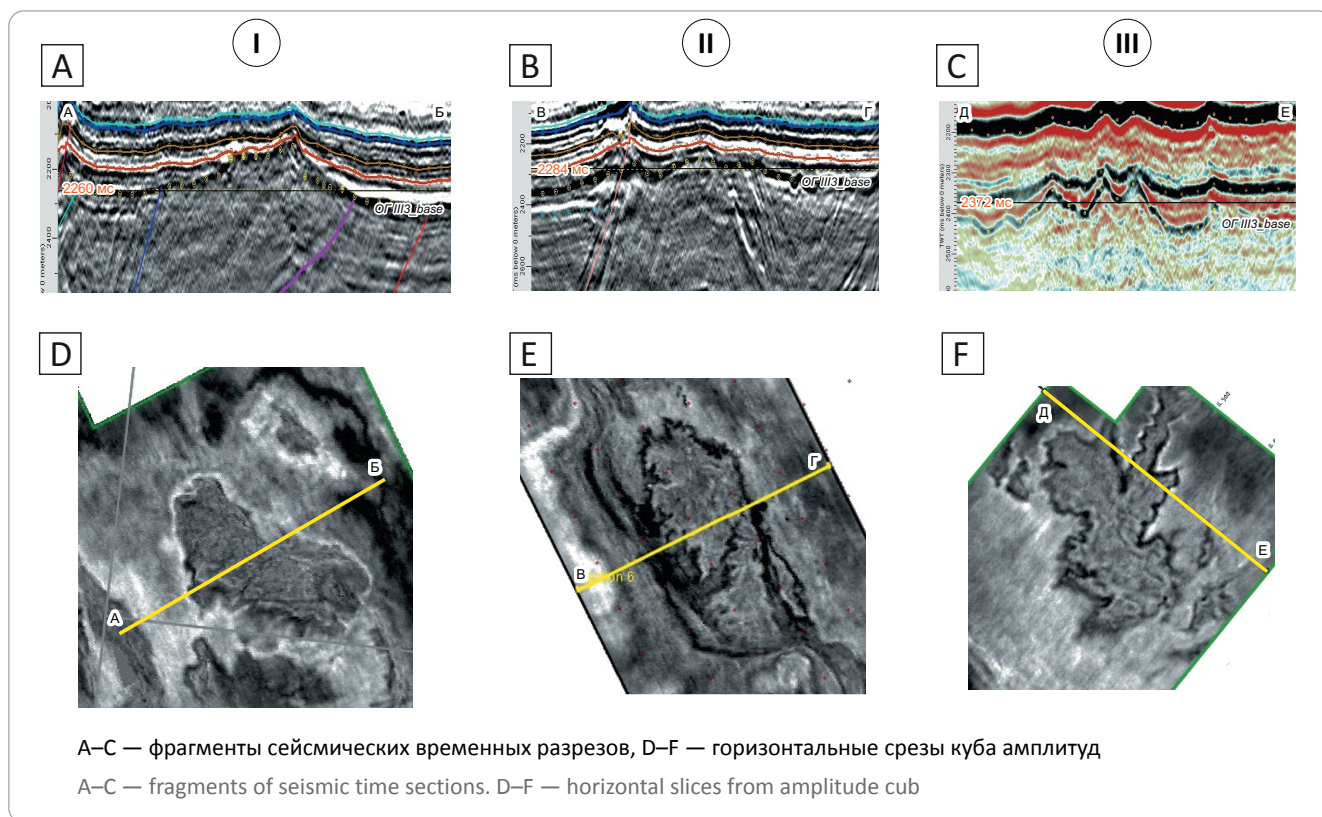
A — структурная карта по ОГ F1, В — сейсмический временной разрез по линии Ж–З

A — depth map of F1 Reflector, B — seismic time section along Zh–3 line



Рис. 6. Типы эрозионных останцов фундамента

Fig. 6. Types of the Basement erosion remnants



Он представляет собой интрузию, внедрившуюся по плоскости Восточно-Колвинского разлома, которая пространственно совпадает с расположенной выше аномальной сейсмической зоной в разрезе тиманско-саргаевских отложений верхнего девона и по результатам сейсмического моделирования интерпретируется как пласт базальтов мощностью около 40 м (рис. 8). Такие пласты базальтов вскрыты скважинами на суше Тимано-Печорского региона (Шапкина-Юрьяхинский вал, Печоро-Кожвинский мегавал и др.). Известно, что к границам мегаблоков и, в частности, к Восточно-Колвинскому разлому, приурочены линейные интрузии преимущественно основного и ультраосновного составов [2, 4]. Из-за отсутствия достоверных данных о магнитной восприимчивости пород форму и размеры магнитных тел авторы статьи определили с некоторой долей условности.

Применение комплексного анализа для интерпретации данных в верхней части осадочного разреза

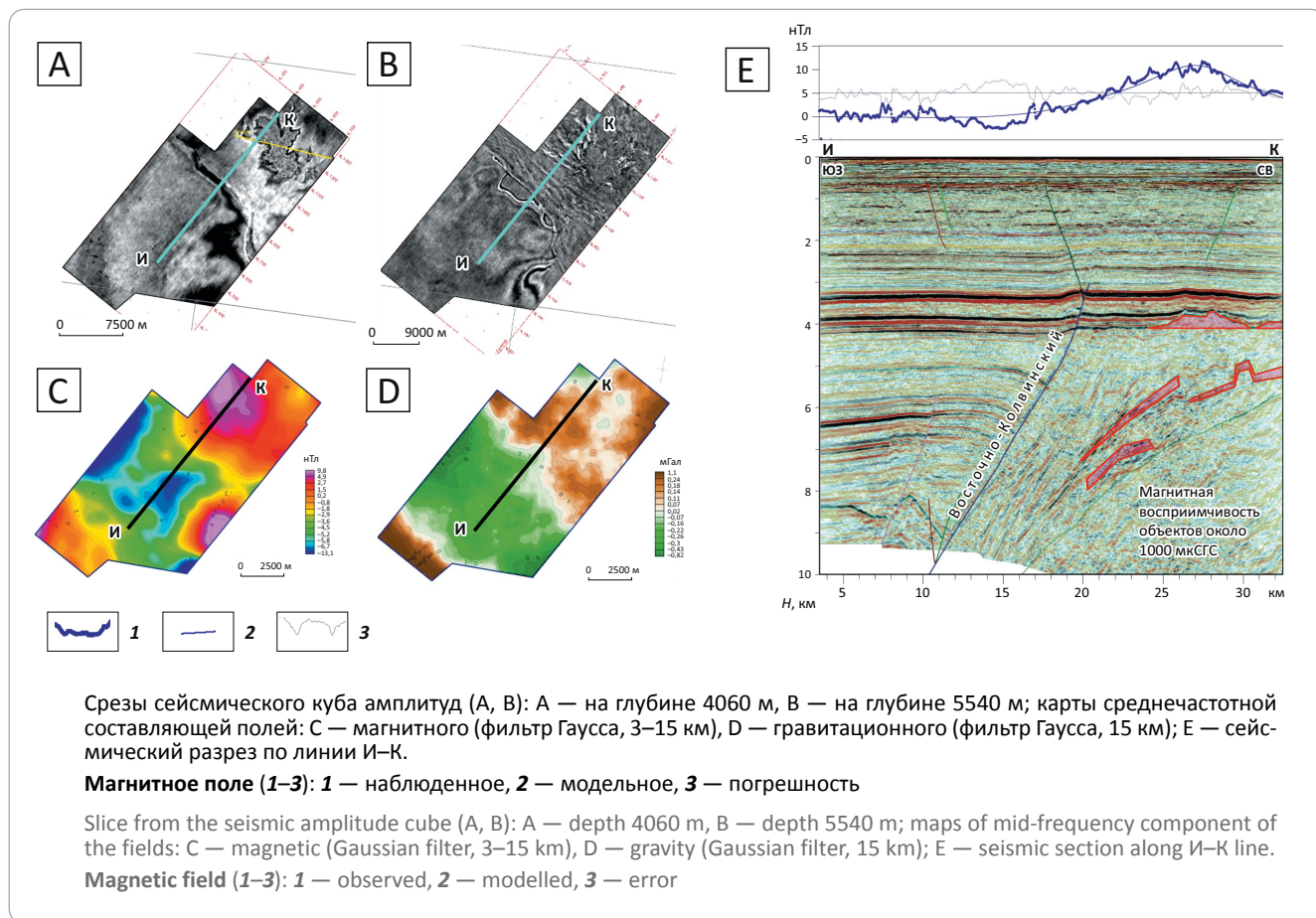
Помимо локализации и уточнения генезиса объектов в толще пород фундамента и нижней части осадочного чехла, гравиметрические и магнитометрические данные привлекались также для комплексной интерпретации материалов по верхней части разреза исследуемого района для выделения опасных геологических процессов и явлений [8]. В ходе комплексной интерпретации

данных по верхней части разреза были выделены аномалии, связываемые с палеоврезами, областями распространения газонасыщенных отложений, разрывными нарушениями. Некоторые палеоврезы, выделенные по данным сейсморазведки 3D, переобработанным специально для детализации строения верхней части разреза, совпадают с цепочками локальных аномалий магнитного поля амплитудой до 20 нТл (рис. 9). Это может быть связано с их контрастным литологическим составом. Комплексный анализ имеющихся данных может быть эффективным для дополнительного изучения верхней части разреза с целью планирования размещения объектов бурения и обустройства [8].

Эффективность применения грави- и магниторазведки в комплексе с сейсморазведкой

Одним из результатов интерпретации комплексных геофизических работ может быть возможность оценки геологических рисков нефтегазоперспективных объектов. Известно, что при этом часто применяется семикомпонентная система оценки, учитывающая факторы наличия и качества коллектора, ловушки, флюидоупора и нефтегазоматеринской толщи, генерации УВ, соотношения времени формирования ловушки и миграции УВ, а также их сохранности в возможных залежах. Безусловно, основой оценки рисков являются результаты геологической интерпретации сейсморазведочных данных, однако гравиметри-

Рис. 7. Магматические тела в комплексе пород фундамента, выделенные по результатам сейсмогравимагнитного моделирования
Fig. 7. Magmatic rock bodies in the Basement rock association identified using the seismic, gravity, and magnetic modelling results



ческие, магнитометрические и другие типы геофизических данных могут вносить существенный вклад в эту оценку.

В зависимости от геологического строения района работ, грави- и магнитометрические данные могут влиять на разные факторы геологического риска. В настоящей статье авторы статьи выделили следующие факторы и неопределенности, по которым в результате комплексирования геофизических данных были снижены риски.

1. **Наличие коллектора.** По данным комплексной интерпретации разнородных данных было существенно детализировано строение верхней части толщи пород фундамента, и те объекты, которые ранее по материалам сейморазведки 2D ассоциировались с органогенными постройками, по текущей модели авторы статьи с большей степенью достоверности связали с останцами пород фундамента.

2. **Наличие ловушки и вероятность сохранности залежи УВ.** По результатам моделирования магнитного поля в районе исследований были выделены магматические тела, развитые по ослабленным тектоническим зонам вдоль разломов. Наличие жестких магматических тел вдоль плоскостей разломов улучшает их экранирующие свойства, спо-

собствуя лучшей изолированности ловушек и сохранности в них возможных залежей УВ, чем в случае наличия только лишь разрывного нарушения.

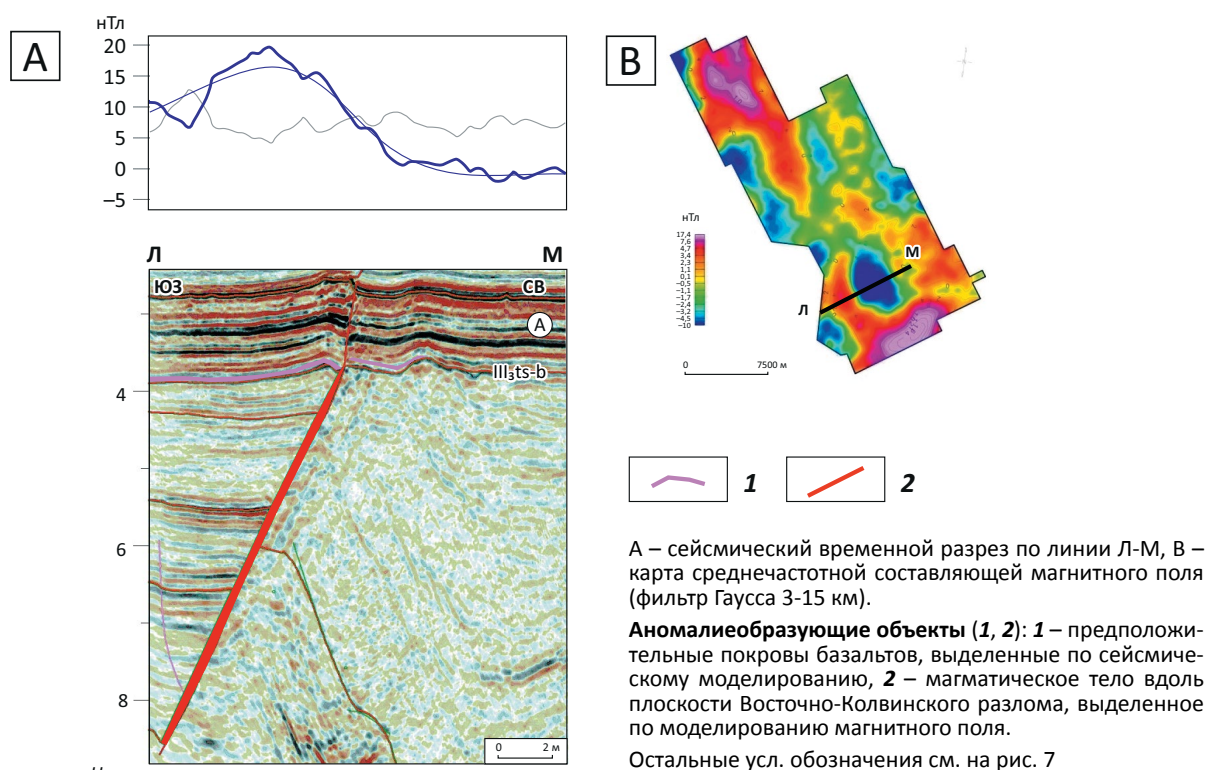
3. **Миграция УВ и заполнение ловушки.** Новая геологическая модель объектов (от предполагаемых органогенных построек к останцам пород фундамента) повлияла на результаты анализа соотношения времени формирования ловушек и миграции в них УВ. С останцами пород фундамента, в свою очередь, могут быть связаны также коры выветривания, и исходя из региональных представлений о миграции и аккумуляции УВ, существует вероятность заполнения УВ-ловушек в отложениях кор выветривания.

На основе использованной авторами методики оценки геологического риска, был сделан вывод о том, что снижение геологической неопределенности за счет применения материалов грави- и магниторазведки в комплексе с данными сейморазведки составило по разным объектам до 12 % (на основании уточнения коэффициентов упомянутой выше семикомпонентной методики по результатам выполненного комплексного анализа; подробнее методика расчета эффективности изложена в работе [5]). При этом необходимо отметить,



Рис. 8. Магматические тела, приуроченные к Восточно-Колвинскому разлому, выделенные по результатам сейсмогравимагнитного моделирования

Fig. 8. Magmatic rock bodies associated with East Kolvin sky fault identified using the seismic, gravity, and magnetic modelling results



A – seismic time section along Л-M line; B – map of mid-frequency component of the magnetic field (Gaussian filter, 3-15 km).

Anomalous objects (1, 2): 1 – proposed basaltic beds identified by seismic modelling, 2 – magmatic rock body along East Kolvin sky fault identified by magnetic field modelling.

For other Legend items see Fig. 7

что стоимость выполнения сопутствующих гравиметрических и магнитометрических исследований в комплексе с сейсморазведкой 2D и 3D составляет лишь около 3–5 % стоимости всего объема работ (сейсмо-, грави- и магниторазведка). Кроме этого, в ходе общей оценки рисков не учитываются дополнительные данные, полученные за счет применения несейсмических методов для выделения аномалий в верхней части разреза, которые могут быть использованы для прогноза инженерно-геологических условий при выборе и размещении объектов бурения и их последующего обустройства в случае открытия месторождений УВ.

Выводы

На основании комплексного анализа сейсмических, грави- и магнитометрических данных впервые представлена структурно-тектоническая модель строения байкальского фундамента в акваториальной части Большеземельского свода. Выделены две области с разным строением фундамента – область полого-складчатых деформаций и область интенсивных деформаций. По результатам сейсмогравимагнитного моделирования в области интенсивных деформаций выделены аномалие-

образующие объекты, предположительно связанные с магматическими телами.

Наличие складок северо-восточной вергентности, связь структурообразующих нарушений с Восточно-Колвинским разломом, а также примыкающей к нему зоной интенсивных деформаций позволяет предположить существование коллизионной складчато-надвиговой структуры, которая была сформирована в байкальскую фазу тектогенеза на месте современного Печоро-Колвинского авлакогена. Ее образование предположительно связано с горизонтальными движениями, распространявшимися с востока. Одновременно со складкообразованием формировался крупный Восточно-Колвинский прогиб, генетически связанный с коллизионной структурой и осложненный деформациями более мелкого порядка. С юго-запада и северо-востока коллизионную структуру, по-видимому, контролировали крупные встречные разломы взбросо-надвигового типа, на месте которых впоследствии на ранних этапах развития Тимано-Печорского бассейна образовались Восточно-Колвинский и Шапкинский сбросы.

Гравиметрические и магнитометрические данные применимы также и для детализации стро-

Рис. 9. Сопоставление результатов интерпретации сейсморазведки 3D для верхней части разреза и высокочастотной составляющей магнитного поля

Fig. 9. Comparison of 3D seismic data interpretation in the near-surface and high-frequency component of magnetic field



А — схема распространения опасных геологических процессов и явлений в интервале 100–1000 м по грунту по переобработанным для детализации строения верхней части разреза данным сейсморазведки 3D, В — карта графиков высокочастотной составляющей магнитного поля (фильтр Гаусса, 3 км).

Вероятность обнаружения опасных геологических процессов и явлений (1–3): 1 — высокая, 2 — средняя, 3 — низкая; **типы опасных геологических процессов и явлений (4–8):** 4 — палеоврезы (низкая степень риска), 5 — области распространения газонасыщенных отложений (высокая степень риска), 6 — неидентифицированные аномалии (средняя степень риска), 7 — разрывные нарушения (низкая степень риска), 8 — локальные аномалии магнитного поля

A — scheme of geohazards occurrence in 100–1000 m subsoil interval according to 3D seismic data reprocesses for detail studies of near-surface, B — map of magnetic field high-frequency component (Gaussian filter, 3 km).

Probability of geohazard detection (1–3): 1 — high, 2 — medium, 3 — low; **geohazard types (4–8):** 4 — paleochannels (low risk), 5 — areas of gas saturated deposit occurrence (high risk), 6 — unexplained anomalies (medium risk), 7 — faults (low risk), 8 — local anomalies of magnetic field

ения верхней части разреза. Некоторые выделенные по переобработанным сейсмическим данным палеоврезы проявлены в потенциальных полях, что может говорить об их контрастном литологическом составе.

Применение гравиметрических и магнитометрических исследований позволяет снизить геологические неопределенности по ряду факторов УВ-систем при достаточно низкой стоимости работ.

Литература

1. Дедеев В.А., Запорожцева И.В. Земная кора Европейского Северо-Востока СССР. — Ленинград : Наука, 1985. — 85 с.
2. Запорожцева И.В., Пыстин А.М. Строение дофанерозойской литосферы Европейского Северо-Востока России. — СПб. : Наука, 1994. — 112 с.
3. Белякова Л.Т., Богацкий В.И., Богданов Б.П., Довжикова Е.Г., Ласкин В.М. Фундамент Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. — Киров : Кировская областная типография, 2008. — 288 с.
4. Малышев Н.А. Разломы европейского северо-востока СССР в связи с нефтегазоносностью. — Л. : Наука, 1986. — 112 с.
5. Черников К.С., Горбачев С.В., Голованов Д.Ю., Клещина Л.Н., Мазекина А.В., Ульянов Г.В., Мятчин О.М. Геологическая и экономическая эффективность применения гравиразведки и магниторазведки на разных стадиях геолого-разведочных работ // Геология нефти и газа. — 2020. — № 2. — С. 107–120. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-2-107-120.
6. Reid A.B., Allsop J.M., Granser H., Millett A.J., Somerton I.W. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution // Geophysics. — 1990. — T. 55. — С. 80–91. DOI:10.1190/1.1442774.

7. *Белякова Л.Т., Кушнарева Т.Н.* Магматические образования в нефтегазоносных комплексах Тимано-Печорской провинции // Закономерности размещения зон нефтегазоаккумуляции в Тимано-Печорской провинции : сб. науч. тр. – Л. : ВНИГРИ, 1986. – С. 57–66.

8. *Терехина Я.Е., Соловьева М.А., Хлебникова О.А., Токарев М.Ю., Горбачев С.В., Нурмухамедов Т.В., Мятчин О.М.* Особенности интерпретации 2D/3D сейсмических данных для решения инженерно-геологических задач на мелководье Печорского моря // ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях : труды IV международной геолого-геофизической конференции и выставки. – Т. 1. – М. : EAGE, 2021.

References

1. *Dedeev V.A., Zaporozhtseva I.V.* Zemnaya kora Evropeiskogo Severo-Vostoka SSSR [Earth's crust of the European North-East USSR]. Leningrad: Nauka; 1985. 85 p. In Russ.
2. *Zaporozhtseva I.V., Pystin A.M.* Stroenie dofanerozoiskoi litosfery Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii [Structure of the pre-Phanerozoic lithosphere of the European Northeast of Russia]. St. Petersburg: Nauka; 1994. 112 p. In Russ.
3. *Belyakova L.T., Bogatskii V.I., Bogdanov B.P., Dovzhikova E.G., Laskin V.M.* Fundament Timano-Pechorskogo neftegazonosnogo basseina [Foundation of the Timan-Pechora oil and gas basin]. Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya; 2008. 288 p. In Russ.
4. *Malyshev N.A.* Razlomy evropeiskogo severo-vostoka SSSR v svyazi s neftegazonosnost'yu [Faults in the European northeast of the USSR due to oil and gas potential]. Leningrad: Nauka; 1986. 112 p. In Russ.
5. *Chernikov K.S., Gorbachev S.V., Golovanov D.YU., Kleshchina L.N., Mazekina A.V., Ul'yanov G.V., Myatchin O.M.* Geological and economic efficiency of the use of gravity and magnetic exploration at different stages of geological exploration. *Geologiya nefti i gaza*. 2020;(2):107–120. DOI: 10.31087/0016-78942020-2-107-120. In Russ.
6. *Reid A.B., Allsop J.M., Granser H., Millett A.J., Somerton I.W.* Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*. 1990;55:80–91. DOI:10.1190/1.1442774.
7. *Belyakova L.T., Kushnareva T.N.* Magmaticheskie obrazovaniya v neftegazonosnykh kompleksakh Timano-Pechorskoi provintsii. In: *Zakonomernosti razmeshcheniya zon neftegazonosnosti v Timano-Pechorskoi provintsii*. Leningrad : VNIGRI, 1986. pp. 57–66. In Russ.
8. *Terekhina Ya.E., Solov'eva M.A., Khlebnikova O.A., Tokarev M.Yu., Gorbachev S.V., Nurmukhamedov T.V., Myatchin O.M.* Approach to Geohazard Assessment Based on 2D/3D Seismic Data on The Pechora Sea Shelf. In: *EAGE Engineering and Mining Geophysics 2021*. V. 1. Moscow: EAGE; 2021. pp. 1–6. DOI: 10.3997/2214-4609.202152201.

Информация об авторах

Мятчин Олег Михайлович

Менеджер

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: oleg.myatchin@mail.ru

Scopus ID: 57189388255

AuthorID: 1244847

Клещина Людмила Николаевна

Старший геофизик

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: kleschinaLn@yandex.ru

Scopus ID: 56358538300

Малышев Николай Александрович

Доктор геолого-минералогических наук,

заместитель директора

ПАО «НК «Роснефть»,

115054 Москва, ул. Дубининская, д. 31а

e-mail: n_malyshev@rosneft.ru

Scopus ID: 24450420600

AuthorID: 65738

Горбачев Сергей Викторович

Кандидат технических наук,

начальник управления

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: svgorbachev@rnsha.rosneft.ru

Scopus ID: 56122782300

AuthorID: 1164040

Information about authors

Oleg M. Myatchin

Manager

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: oleg.myatchin@mail.ru

Scopus ID: 57189388255

AuthorID: 1244847

Lyudmila N. Kleshchina

Senior Geophysicist

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: kleschinaLn@yandex.ru

Scopus ID: 56358538300

Nikolai A. Malyshev

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

Deputy Director

Rosneft Oil Company,

31a, ul. Dubininskaya, Moscow, 115054, Russia

e-mail: n_malyshev@rosneft.ru

Scopus ID: 24450420600

AuthorID: 65738

Sergei V. Gorbachev

Candidate of Technical Sciences

Head of Administration

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: svgorbachev@rnsha.rosneft.ru

Scopus ID: 56122782300

AuthorID: 1164040

Соломатина Елена Александровна

Главный специалист

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: easolomatina@rnsha.rosneft.ru

Черников Константин Сергеевич

Кандидат технических наук,

главный специалист

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: chernikovkonstantin1891@gmail.com

Scopus ID: 56786505600

Черенкова Мария Алексеевна

Ведущий специалист

ООО «РН-Шельф-Арктика»,

119049 Москва, ул. Шаболовка, д. 10, корп. 2

e-mail: mariabaklan@ya.ru

Scopus ID: 57219178675

AuthorID: 1209818

Elena A. Solomatina

Chief Specialist

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: easolomatina@rnsha.rosneft.ru

Konstantin S. Chernikov

Candidate of Technical Sciences

Chief Specialist

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: chernikovkonstantin1891@gmail.com

Scopus ID: 56786505600

Mariya A. Cherenkova

Leading Specialist

RN-Shelf-Arctic,

10/2, ul. Shabolovka, Moscow, 119049, Russia

e-mail: mariabaklan@ya.ru

Scopus ID: 57219178675

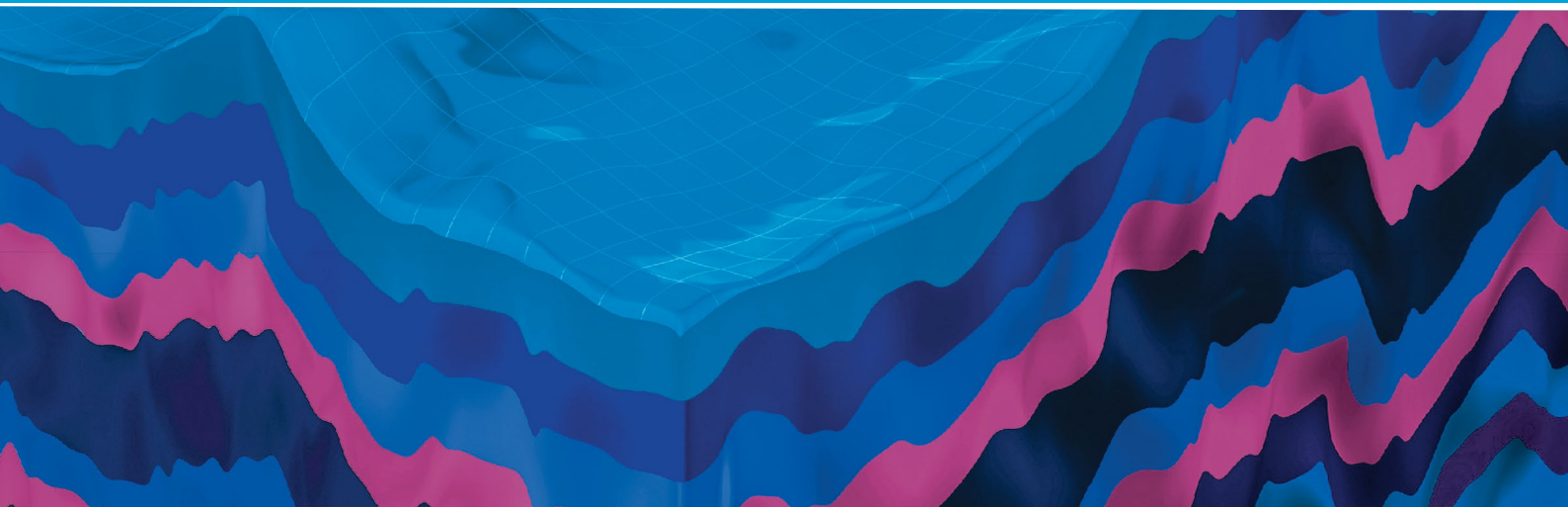
AuthorID: 1209818



Геомодель 2024

26-я конференция по вопросам геологоразведки
и разработки месторождений нефти и газа

НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ



Темы научных сессий

1. Нефтегазовая и рудная геология
2. Региональные сессии
3. Сейсморазведочные исследования
4. Несейсмические и дистанционные методы поисков: гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, геохимия и др.
5. Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных
6. Методы промысловой геофизики и петрофизики, рок-физика, геомеханика
7. Практика количественного анализа геолого-геофизической информации
8. Разработка месторождений
9. Алгоритмы и современные математические методы в геонауках
10. Вызовы XXI века
11. Гибридизация физических моделей и машинного обучения в задачах нефтегазовой отрасли

9-12 СЕНТЯБРЯ 2024 Г. / ГЕЛЕНДЖИК, РОССИЯ

www.geomodel.ru