



ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЧАЙКИНСКОЙ ПЛОЩАДИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ

О. Г. Садур, С. С. Долгушин, В. В. Марков, В. Н. Якимов

На базе авторской методики моделирования полей намагниченности разработан и опробован новый способ, позволяющий проводить поиски нефтегазовых структур с использованием высокоточных магниторазведочных съемок. Способ основан на определении характерных элементов поля намагниченности, создаваемых углеводородной залежью, и апробирован на территории Западной и Восточной Сибири. В Западной Сибири по геотраверсу 20 на региональном этапе выделены площади под детализационные работы по минимальным значениям расчетной намагниченности чехла. В результате детальных работ оконтурен участок, пространственно совпадающий с Тарасовским газонефтяным месторождением. В Восточной Сибири для повышения достоверности результатов изучения Чайкинской площади в качестве эталона выбрана смежная площадь с однотипным геологическим строением, на которой располагается крупное Талаканское месторождение. На основании проведенных работ сделаны выводы о том, что на Чайкинской площади не может быть крупных скоплений углеводородов. Это было подтверждено скв. 367.

Ключевые слова: магниторазведка, поля намагниченности, моделирование, нефтегазоносность, Чайкинская площадь.

PETROLEUM POTENTIAL ASSESSMENT OF THE CHAIKINSKAYA AREA BASED ON MAGNETIC FIELDS MODELLING

O. G. Sadur, S. S. Dolgushin, V. V. Markov, V. N. Yakimov

The authors have developed and tested a new magnetic field modeling method, which applies high-precision magnetic survey in prospecting for oil and gas bearing structures. The method is based on search for specific attributes of magnetic fields caused by hydrocarbon accumulations. The method was tested in Western and Eastern Siberia. Areas for detailed study were outlined along the geotraverse 20 in Western Siberia during the regional survey, and detailed works resulted in distinguishing the area spatially corresponding to the well-known Tarasovskoye gas-oil field. In Eastern Siberia the search for promising structures was made in the Chaikinskaya area. To raise the validity of results, the adjacent area with similar geology, which includes the well-known Talakanskoye large field, was chosen as a reference. Based on the study results the authors concluded that there are no any large hydrocarbon accumulations in the Chaikinskaya area, which was proved by the well #367 data.

Keywords: magnetic survey, magnetic fields, modeling, oil and gas content, Chaikinskaya area.

Поиски залежей УВ при комплексировании геофизических методов наиболее бурно развивались в 1970-х гг. В состав комплекса входили сейсморазведка, гравиразведка, электроразведка и радигеохимические методы [4]. Однако магниторазведка с использованием методов подбора не применялась вообще.

В данной статье показан положительный опыт применения авторской методики моделирования полей намагниченности на основе использования материалов высокоточной магниторазведки. В результате значительно повышается надежность стратегии обнаружения углеводородов и, следовательно, сокращается количество поисковых скважин.

Авторская методика [5] базируется на формировании геомагнитной и/или плотностной модели по наблюдаемым значениям магнитного или гравитационного поля. Основной инструмент методики – авторская программа GEOLAB, с помощью которой конструируются цифровые модели полей плотности и/или намагниченности в трех- или двумерном вариантах. Расчетная часть программы основана на решении прямых и обратных задач

грави- и магниторазведки и объединяет формализованные процедуры подбора объектов (их формы, плотности и/или намагниченности) путем решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Для решения СЛАУ в алгоритме принят модернизированный метод Флетчера-Ривса [2]. Содержательная часть задачи определяется полным использованием априорной геолого-геофизической информации и составлением исходной модели начального приближения. Качество решения оценивается среднеквадратичной невязкой наблюдаемого и модельного полей. Обратная задача решается в два этапа.

На первом этапе подбор осуществляется в «грубом» приближении. Подбираются плотность и/или намагниченность крупных объектов (блоков) и далее с вычисленной плотностью и/или намагниченностью автоматизированно – форма нижних и верхних их границ. Для учета эквивалентности при решении обратных задач форма блоков подбирается так, чтобы физические свойства, аппроксимирующие однотипные породы, не выходили за пределы их петрофизических характеристик.

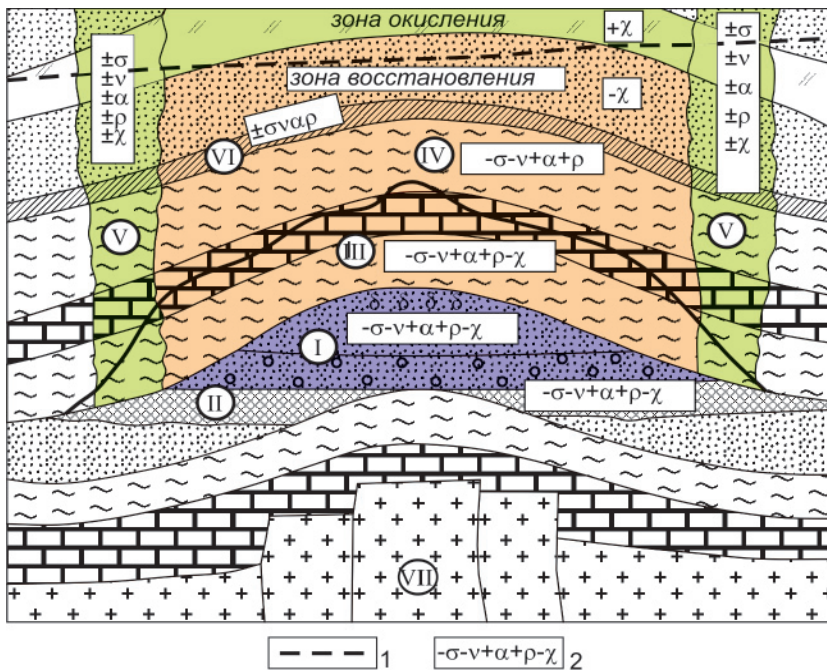


Рис. 1. Обобщенная модель УВ залежи (по В. М. Березкину и др., 1978). Схема распределения физических свойств пород в пределах нефтегазоносных структур платформенного типа

1 – граница между зонами окисления и восстановления; 2 – состояние физических свойств пород относительно пород законтурной части залежи (σ – плотность, ν – скорость сейсмических волн, α – поглощение сейсмических волн, ρ – удельное сопротивление, χ – магнитная восприимчивость); I – залежь нефти и газа; II – запечатывающий слой; III – ореол вторжения; IV – зона разуплотнения в своде структуры; V – субвертикальные зоны неоднородностей (разнонапряженных состояний); VI – опорные границы между породами с различными физическими свойствами; VII – фундамент

Среднеквадратическая погрешность (СКП) между вычисленной и наблюдаемой кривыми магнитного и/или гравитационного поля на этом этапе не должна превышать утроенной погрешности съемки. На втором этапе на основе эвристического алгоритма определяется пространственное изменение плотности и намагнитченности в пределах каждого блока. Отличительная черта приведенного алгоритма состоит в том, что он не определяется заранее заданной функциональной зависимостью, а зависит от изменчивости гравитационного или магнитного полей. СКП между вычисленной и наблюдаемой кривыми на окончательном этапе не должна превышать погрешности съемки.

Результат подбора определяется правильно-стью построения модели начального приближения, информативностью, достоверностью и точностью исходных материалов.

Окончательная модель формируется в формате DAT-файла, восстанавливается с учетом рельефа в заданной регулярной сети в формате GRID-файла и затем преобразуется в SRF-файл по стандарту программы Surfer. Далее следует геологическая интерпретация.

Новый способ поисков нефтегазовых структур на основании предлагаемой авторской методики, в отличие от других, базируется на том, что в процессе интерактивного решения обратных задач магниторазведки непосредственно формируется конструкция магнитной модели разреза и далее на основе сопоставления с обобщенной петромагнитной моде-

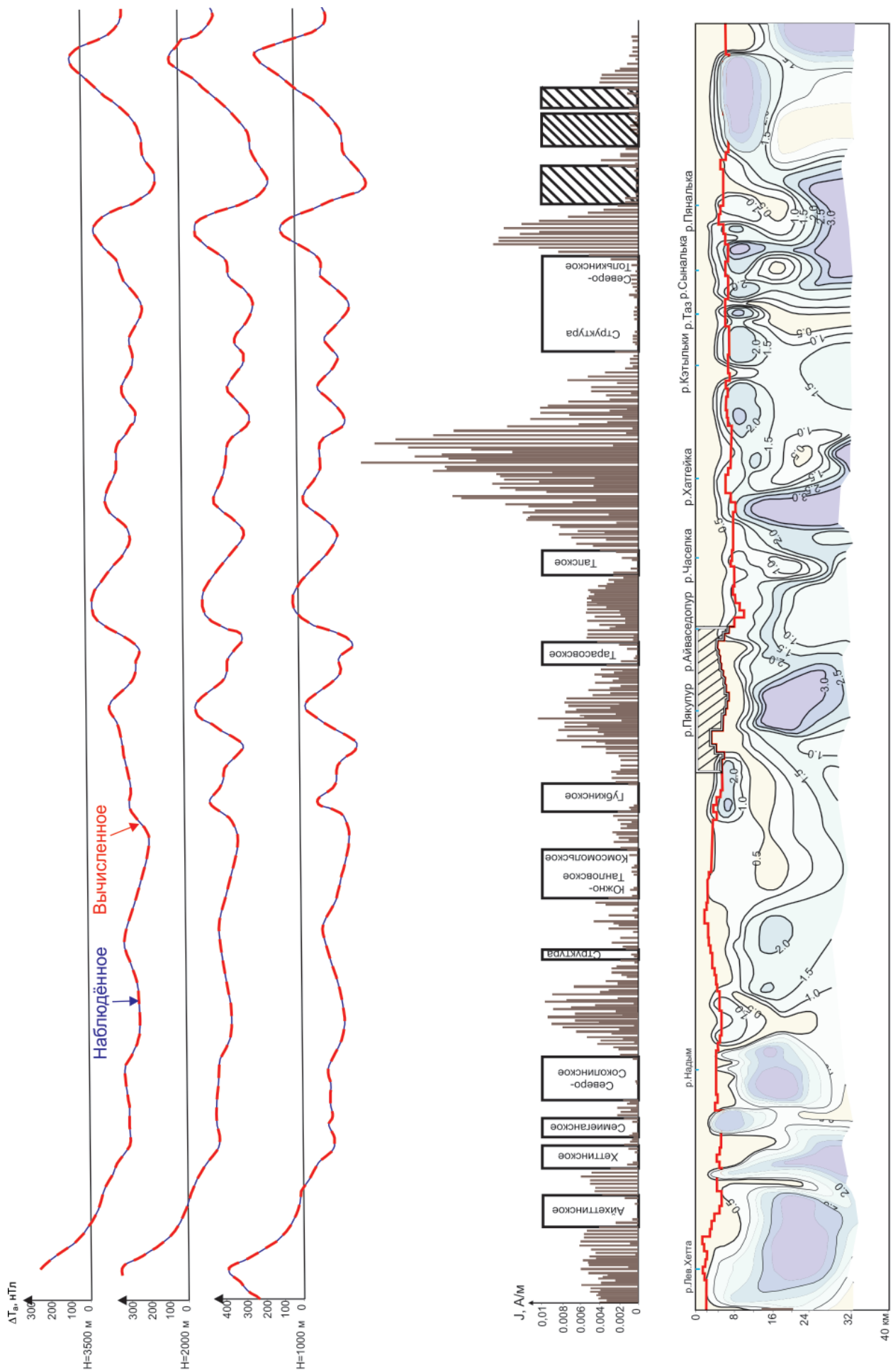
лью залежи УВ (рис. 1) делается окончательный вывод о вероятном наличии или отсутствии залежи УВ.

Однако на региональном этапе подход к выявлению перспективных площадей несколько иной, о чем будет сказано далее.

Поисковые работы на углеводороды на основе моделирования полей намагнитченности первоначально проводились нами на 750-километровом эталонном **геотраверсе 20** в Западной Сибири (рис. 2). На первом этапе методика поисковых работ опробовалась в региональном варианте с использованием материалов разновысотной аэромагнитной съемки (использовано три высоты: 3500, 2000 и 1000 м). По результатам решения обратных задач магниторазведки по данным повысотных аэромагнитных профилей и учетом общих геологических сведений о строении региона была создана структурная схема намагнитченности чехла и фундамента, причем намагнитченность чехла по вертикали предполагалась однородной. Кроме того, была определена глубина залегания палеозойского фундамента и его рельеф и по минимальным значениям расчетной намагнитченности чехла выделены 13 площадей под детализационные работы, 10 из которых в западной части разреза совпали с известными месторождениями, а в неразведанной восточной части выделены 3 перспективные. Дальнейшая детализация полученных данных – продолжение региональных работ.

Методика детализационных работ основана на следующем эффекте [1, 6]: каждая залежь гене-

Рис. 2. Структура намагнитченности осадочного чехла, метаморфических и магматических комплексов фундамента северной части Западно-Сибирской плиты (геотраверс 20) с выделением перспективных на углеводороды площадей 1 – наблюдаемая и вычисленная кривые ΔT_a ; расчетная намагнитченность: 2 – верхнего слоя модели (чехла), 3 – в плоскости разреза, А/м; 4 – поверхность фундамента по данным моделирования; 5 – известные нефтеносные структуры; 6 – перспективные структуры по данным моделирования; 7 – участок детализации (Тарасовское месторождение и прилегающие участки)





рирует в вышележащие слои летучие соединения углеводородов, азота, водорода, сероводорода и др. В результате эманационных воздействий на породы происходит закономерное изменение их плотностных и магнитных характеристик в зависимости от окислительно-восстановительных условий среды.

Согласно имеющейся обобщенной модели (см. рис. 1) в поле намагниченности строение разреза, содержащего углеводородную залежь, представляется в следующем виде (снизу вверх):

- немагнитная или слабомагнитная залежь углеводородов;
- выше, вплоть до уровня грунтовых вод, – немагнитная или слабомагнитная зона восстановления;
- выше уровня грунтовых вод магнитная или сильномагнитная зона окисления (в отдельных случаях может отсутствовать);
- по флангам, вплоть до поверхности, залежь оконтуривается магнитной зоной субвертикальных неоднородностей.

Следует особо отметить, что магнитные аномалии от самой залежи на линии наблюдений не проявляются, а общий эффект от разреза, содер-

жащего углеводородную залежь, составляет единицы, реже десятки нТл.

В целом методика моделирования полей намагниченности [3] на базе высокоточных (1 нТл и менее) съемок (наземных, аэромагнитных и скважинных, совместно или раздельно) позволяет расчетным путем на основе решения прямых и обратных задач получать вектор намагниченности, строить модели распределения намагниченности и использовать эти модели при поисках залежей углеводородов по их магнитным характеристикам.

В качестве примера нами выбран участок детализации в центральной части профиля в пределах **Тарасовского** газонефтяного месторождения (см. рис. 2). По профилю протяженностью 180 км на базе решения прямых и обратных задач построена геомагнитная модель чехла. На разрезе отмечаются (рис. 3) четыре локальных минимума:

1) в контуре изолинии 0,05 А/м (координаты 171 км, абс. отм. –2 км), по местоположению нижней границы зоны восстановления находится на глубине 1,5–2,0 км (по разведочным данным вскрыты две залежи на глубине 1,0 и 2,5 км);

2) в контуре изолиний 0,025 А/м (176 км, –4 км), определен нами как перспективный;

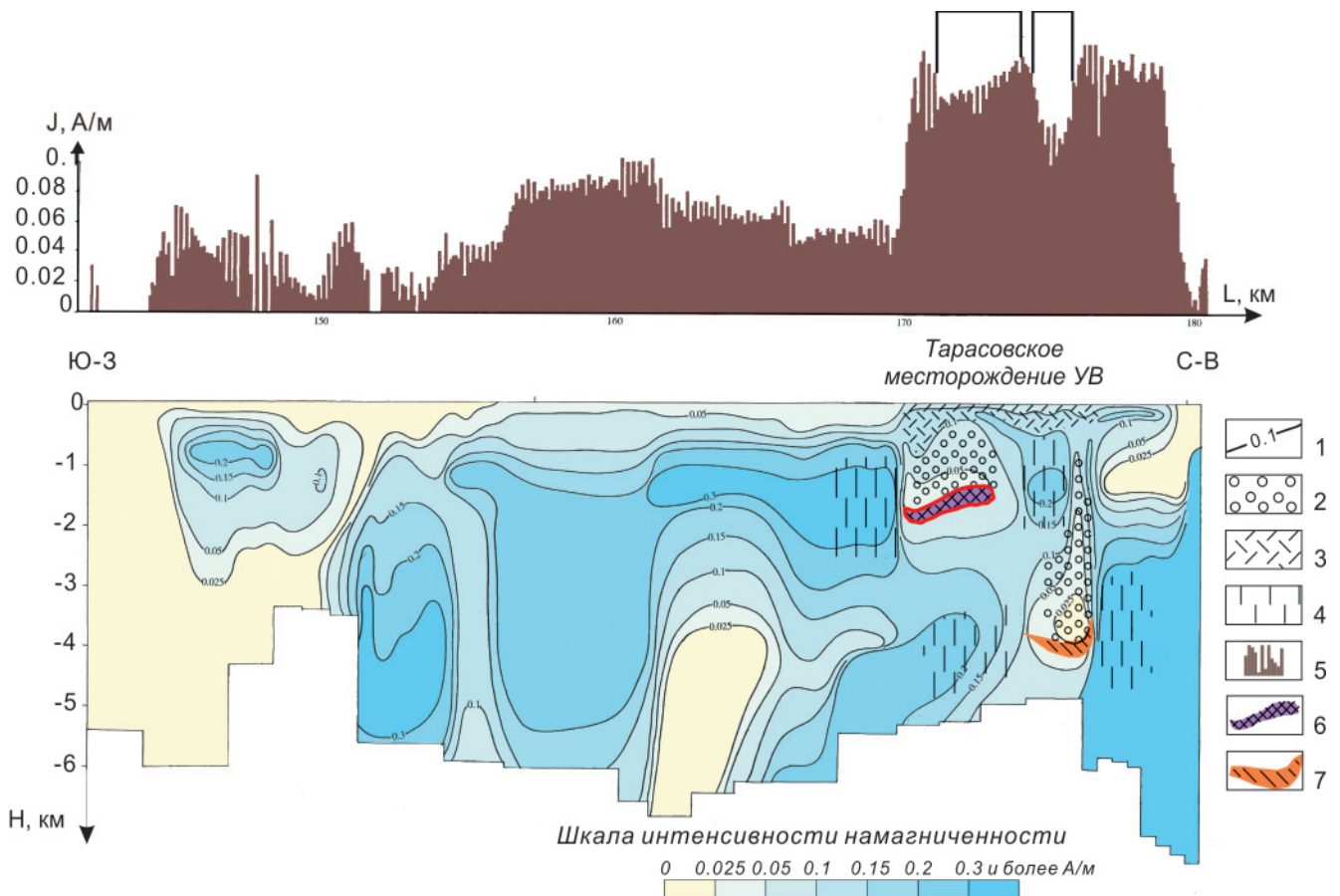


Рис. 3. Структура расчетной намагниченности осадочного чехла в пределах Тарасовского месторождения и прилегающих участков

1 – изолинии вычисленной намагниченности, А/м; зоны: 2 – восстановления, 3 – окисления, 4 – субвертикальных неоднородностей; 5 – расчетная намагниченность, А/м; 6 – известная газонефтяная залежь Тарасовского месторождения (контур показан по данным моделирования); 7 – УВ залежь, прогнозируемая по данным моделирования

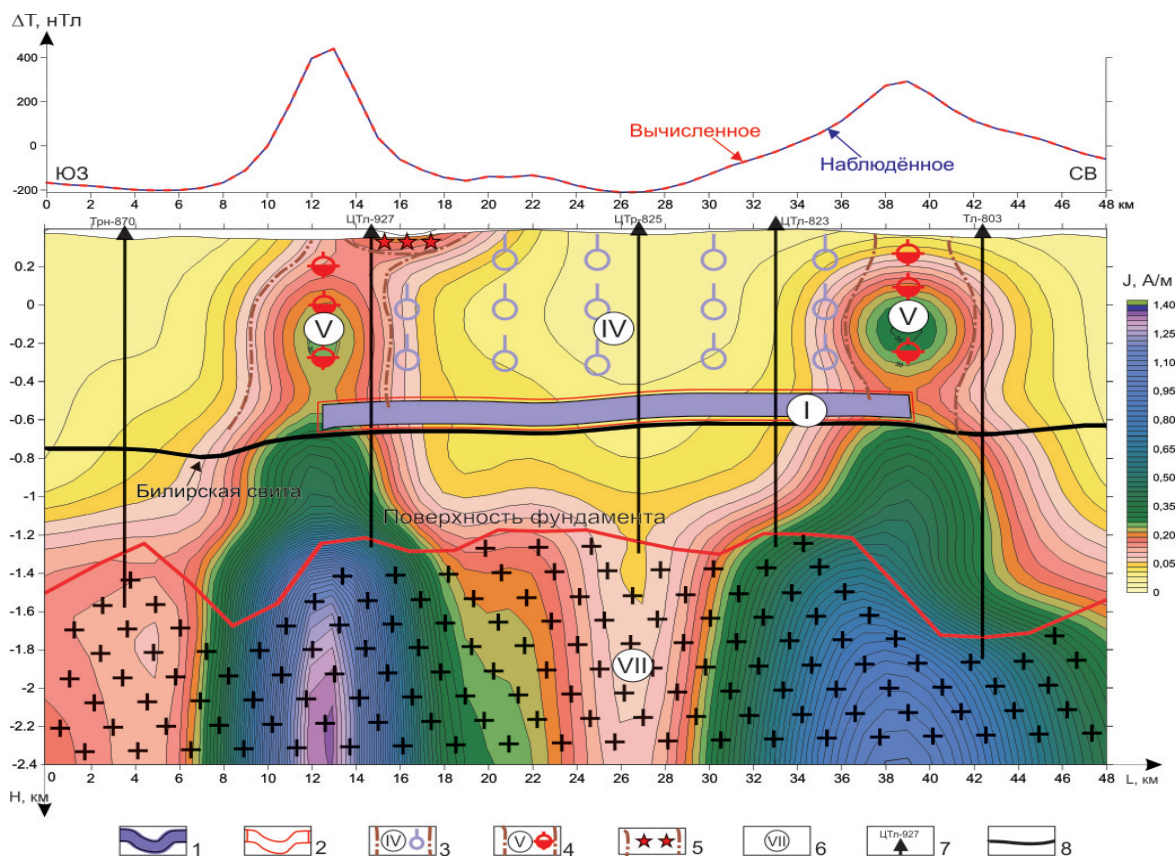


Рис. 4. Магнитная модель по РП 5 (Талаканское месторождение УВ)

1 – залежь по данным буровых работ; 2 – залежь по данным моделирования; зоны: 3 – восстановления, 4 – субвертикальных неоднородностей, 5 – окисления; 6 – фундамент по данным буровых работ и моделирования; 7 – разведочная скважина и ее номер; 8 – поверхность билирской свиты

3) наиболее крупная область пониженных значений намагниченности 0,025–0,05 А/м (163 км, –4 км) «уходит» в фундамент; на рис. 1 видно, что область третьего локального минимума является окончанием линейной полого падающей слабомагнитной зоны (со значениями расчетной намагниченности менее 0,5 А/м);

4) локальный минимум (179 км, –1 км) находится на северо-восточном окончании профиля, но из-за возможного наличия краевого эффекта нами не рассматривается.

В Восточной Сибири поиски нефтегазоперспективных структур нами проводилось на **Чайкинской площади**. Повышенный интерес к этому району объясняется однотипностью геологического строения с близрасположенной Талаканской площадью, на которой находится одноименное крупное нефтегазовое месторождение. Чайкинская скв. 279 дала незначительный приток газа, чем еще больше привлекла внимание геологов к этому району. Были проведены аэромагнитная (м-ба 1:50 000) и аэрогравитационная (м-ба 1:100 000) съемки, охватывающие Талаканскую и Чайкинскую площади. Поэтому, учитывая наличие имеющейся геолого-геофизической информации, для получения более достоверных результатов на Чайкинской площади в качестве эталона нами была выбрана Талаканская площадь.

На **Талаканской площади** нами построено восемь геомагнитных моделей по субпараллельным профилям с расстоянием между ними 5 км, пересекающих вкрест простирания всё месторождение. Выборочно модель по РП 5 показана на рис. 4.

Схематически геологическое строение Талаканского месторождения следующее.

1 Осадочный чехол мощностью 1200–1400 м, сложенный преимущественно доломитами и доломитизированными известняками.

2. На глубине 700–730 м – продуктивный осинский горизонт, содержащий углеводородную залежь (30–40 м).

3. Над этой залежью через слой мощностью 30 м – пачка (250 м) засоленных доломитов и солей.

4. На глубине 1200–1400 м – кристаллический фундамент, на котором залегают песчаники и аргиллиты венда, местами маломощный (20–30 м) слой песчаников рифея.

На основании выполненного моделирования составлена магнитная модель Талаканского месторождения для юрегинской свиты, позволяющая при ее сравнении с обобщенной моделью (см. рис. 1), во-первых, подтвердить наличие на моделируемой площади углеводородной залежи (см. рис. 4), а во-вторых, локализовать ее в пространстве (рис. 5).

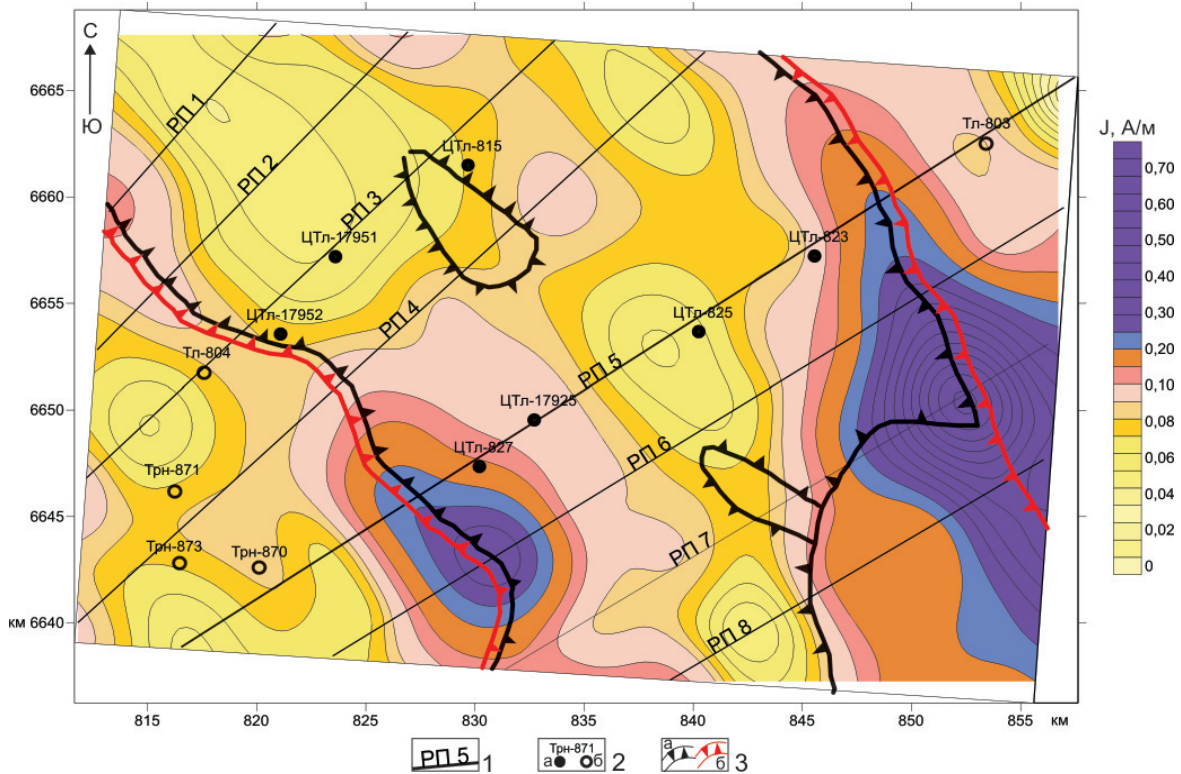


Рис. 5. Магнитная модель кровли юрегинской свиты с проекцией углеводородной залежи (Талаканское месторождение)

1 – расчетный профиль и его номер; 2 – скважины (выборочно) и их номера: а – с УВ, б – пустые; 3 – контур углеводородной залежи по данным разведки (а) и моделирования (б)

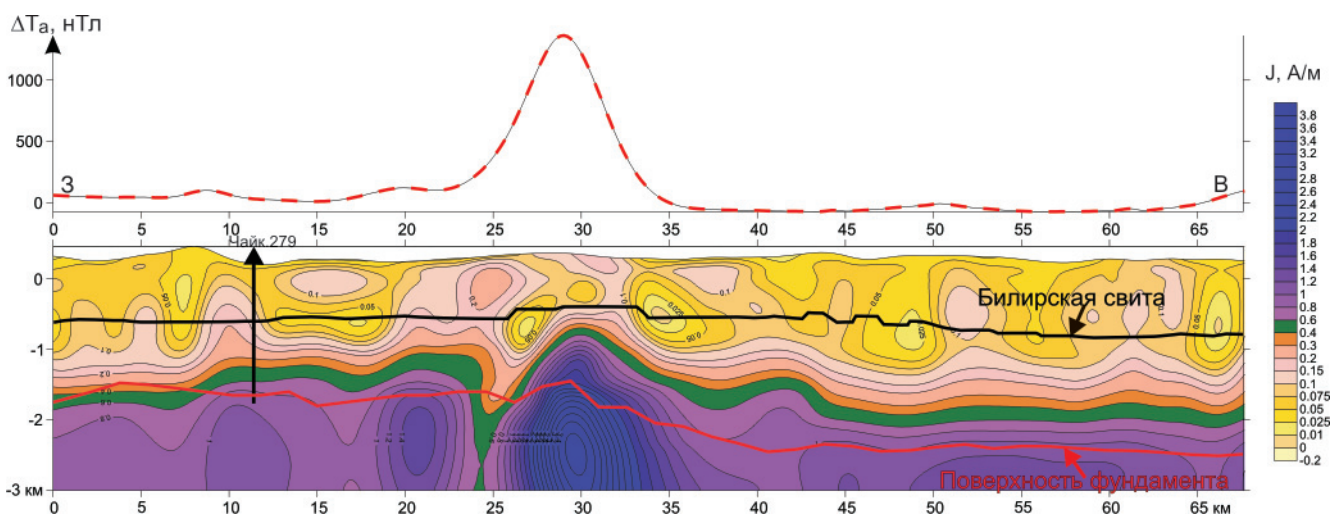


Рис. 6. Магнитная модель по РП 4 (Чайкинская площадь)

Усл. обозн. см. на рис. 4

Магнитная модель применительно к задачам моделирования площадей с оценкой их возможной нефтегазоносности – один из главных результирующих документов моделирования. Учитывая, что она является в определенном смысле элементом новизны в методике поисков и оценки перспектив площадей, приводим краткие сведения о ней.

На Талаканском месторождении «зоны субвертикальных неоднородностей» (V), ограничивающие залежь по флангам, сопровождаются относительно высокими аномальными значениями расчетной намагниченности (0,3–0,4 А/м). «Зона восстано-

ления» (IV), в целом обладая пониженными значениями расчетной намагниченности (0–0,1 А/м), имеет достаточно сложное строение с изолиниями преимущественно субвертикального направления. Ниже продуктивного осинского горизонта изолинии становятся преимущественно субгоризонтальными. В общем значение намагниченности песчаников и аргиллитов билирской, паршинской свит и рифея невысокие (от 0,1 до 0,6 А/м). «Зона окисления» проявляется не повсеместно и обнаруживается только в районе скв. ЦТл-825 со значениями расчетной намагниченности выше 0,5 А/м (см. рис. 4).

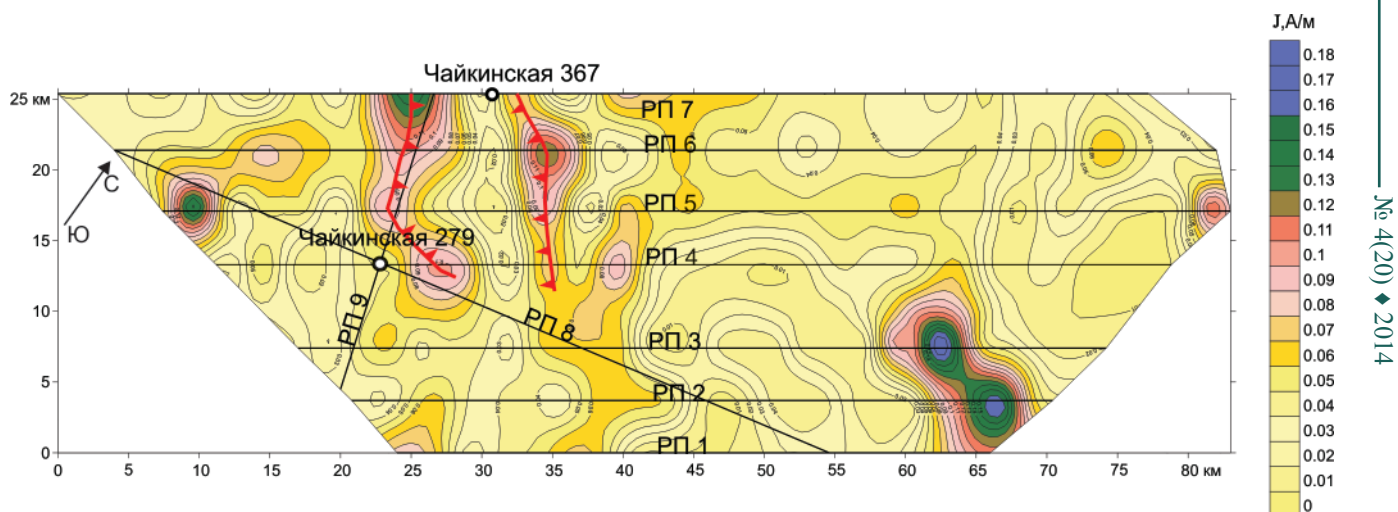


Рис. 7. Магнитная модель кровли юрегинской свиты (Чайкинская площадь)

Усл. обозн. см. на рис. 5

В плане проекция залежи согласно имеющейся обобщенной модели может быть выполнена на любой высотной отметке, расположенной выше залежи. Поэтому площадное распределение расчетной намагниченности было выполнено по кровле юрегинской свиты (см. рис. 5). Контуры залежи, установленные разведочным бурением, ограничиваются осями аномальных зон повышенных значений расчетной намагниченности («субвертикальные зоны неоднородностей»).

Следует отметить, что в юго-восточной части исследуемой площади контуры разведанной залежи несколько не соответствуют контурам, полученным в результате моделирования. Это можно объяснить наличием участка пород, экранирующих миграционные потоки над залежью.

На **Чайкинской площади** было построено девять магнитных моделей (модель по РП4 приведена на рис. 6) по пяти параллельным расчетным профилям и двум секущим (рис. 7). Основная задача моделирования – расчленение пород чехла и фундамента на основе их плотностных и магнитных характеристик, а также (по возможности) выделение вероятного расположения залежей УВ.

При моделировании по плотностным свойствам с опорой на данные параметрических скважин выделяются следующие петроплотностные границы геологического разреза: поверхность фундамента, поверхность рифея, поверхность терригенного венда, подошва кембрия (поверхность карбонатного венда) и подошва терригенного кембрия.

Моделирование по магнитным свойствам, как и на Талаканской площади, осложняется тем, что намагниченность пород по скважинам не измерялась. На основе общих представлений о породах осадочного чехла мы считаем, что слабая намагниченность однотипных пород чехла (аргиллитов, алевролитов, песчаников, доломитов и т.п.) должна быть если не тождественной, то близкой. Низкая намагниченность пород чехла не позволяет выпол-

нить его расчленение по магнитным свойствам, поэтому нанесенные на магнитных моделях границы раздела чехла заимствованы из плотностной модели. В то же время плотностные характеристики чехла и фундамента довольно близки, а намагниченности чехла и фундамента довольно контрастны, поэтому граница чехла и фундамента обозначена на основе моделирования по магнитным данным.

По результатам работ на магнитных моделях Чайкинской площади, как и на рис. 6, едва намечаются специфические области (зона восстановления, зона субвертикальных неоднородностей и зона окисления), характеризующие углеводородную залежь в поле расчетной намагниченности. Сравнивая рис. 4 и рис. 7, видим, что на Талаканском месторождении наблюдается хорошо проработанная зона восстановления (область IV) с пониженными значениями намагниченности (0,05–0,1 А/м), зона субвертикальных неоднородностей (V) с повышенными значениями намагниченности (до 0,4 А/м), а на Чайкинской площади эти области едва заметны. При сопоставлении площадных моделей по юрегинской свите (см. рис. 5, 7) наблюдается некоторое подобие распределения областей расчетной намагниченности, определяющих контуры залежей УВ. При этом размеры контуров залежей несопоставимы: размеры залежи Чайкинской структуры существенно меньше, что позволяет сделать вывод об отсутствии здесь крупного месторождения, а с учетом низкой степени проработки летучими соединениями залежи вышележащих слоев данная площадь может характеризоваться лишь незначительными скоплениями углеводородов. Это противоречит прежним представлениям о высокой перспективности этой площади на УВ. Наши выводы подтверждаются результатами бурения скв. 367.

Выводы

Положительный опыт применения методики моделирования полей намагниченности с исполь-



зованием материалов высокоточной магниторазведки при поисках УВ позволяет утверждать: ее можно использовать как экспрессный метод, дающий возможность прогнозировать наличие или отсутствие залежей УВ и, главное, обозначать площади, на которых возможна постановка других (более дорогостоящих) геолого-геофизических работ, а это, в свою очередь, позволит сократить расходы на поисковые работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березкин, В. М.** Метод полного градиента при геофизической разведке [Текст] / В. М. Березкин. – М. : Недра, 1988.
2. **Гилл, Ф. Е.** Практическая оптимизация [Текст] / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. Пер. с англ. – М. : Мир, 1985.
3. **Использование** методики моделирования полей намагниченности при поисках залежей углеводородов по материалам высокоточных магнитных съемок [Текст] / О. Г. Садур, С. С. Долгушин, В. В. Марков, Л. Г. Селезнева // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 3(11). – С. 56–62.
4. **Кунин, Н. Я.** Комплексирование геофизических методов при геологических исследованиях [Текст] / Н. Я. Кунин. – М. : Недра, 1972. – 272 с.
5. **Садур, О. Г.** Моделирование геологических сред на основе вычисления их плотности и магнитных характеристик в классе сложного распределения масс при решении различных геологических задач [Текст] / О. Г. Садур // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 96–101.
6. **Физико-химические** основы прямых поисков залежей нефти и газа [Текст] / Под ред. Е. В. Каруса. – М. : Недра, 1986.

REFERENCES

1. Berezkin V.M. *Metod polnogo gradienta pri geofizicheskoy razvedke* [Full gradient method in geophysical prospecting]. Moscow, Nedra Publ., 1988. 188 p. (In Russ.).
2. Gill P.E., Murray W., Wright M. *Practical optimization*. Academic Press, London, 1981.
3. Sadur O.G., Dolgushin S.S., Markov V.V., Selezneva L.G. [Application of magnetic fields modelling method for hydrocarbon accumulations prospecting using high-sensitivity magnetic survey]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral resources of Siberia*, 2012, no. 3 (11), pp. 56–62. (In Russ.).
4. Kunin N.Ya. *Kompleksirovanie geofizicheskikh metodov pri geologicheskikh issledovaniyakh* [Integrating geophysical methods in geological study]. Moscow, Nedra Publ., 1972. 272 p. (In Russ.).
5. Sadur O.G. [Modelling of geological environments based on calculation of their density and magnetization in class of complex mass distribution for various geological problems]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri – Geology and Mineral resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 96–101. (In Russ.).
6. Karus E.V., eds. *Fiziko-khimicheskie osnovy pryamykh poiskov zalezhey nefti i gaza* [Physical and chemical basis of direct search for oil and gas accumulations]. Moscow, Nedra Publ., 1986. 336 p. (In Russ.).

© О. Г. Садур, С. С. Долгушин,
В. В. Марков, В. Н. Якимов, 2014

САДУР Олег Гареевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, ст. науч. сотр.

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru

ДОЛГУШИН Сергей Степанович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зав. лабораторией, д. г.-м. н.

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru

МАРКОВ Валерий Васильевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, ст. науч. сотр.

E-mail: markov@sniiggims.ru

ЯКИМОВ Владислав Николаевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, инженер

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru

SADUR Oleg, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia,

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru

DOLGUSHIN Sergei, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia,

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru

MARKOV Valeriy, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia,

E-mail: markov@sniiggims.ru

YAKIMOV Vladislav, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: sadur.oleg@sniiggims.ru