



УДК 550.838.012/.013:553.98

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ПРИ ПОИСКАХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ВЫСОКОТОЧНЫХ МАГНИТНЫХ СЪЕМОК

О. Г. Садур, С. С. Долгушин, В. В. Марков, Л. Г. Селезнева

Рассмотрено использование методики моделирования полей намагниченности при поисках залежей углеводородов по характеру изменения магнитных свойств вышележащих горных пород. Эти изменения обусловлены воздействием на породы летучих соединений от углеводородных залежей.

Ключевые слова: залежь углеводородов, магниторазведка, прямая задача, обратная задача.

APPLICATION OF MAGNETIC FIELDS MODELLING METHOD FOR HYDROCARBON ACCUMULATIONS PROSPECTING USING HIGH-SENSITIVITY MAGNETIC SURVEY

O. G. Sadour, S. S. Dolgushin, V. V. Markov, L. G. Seleznyova

The application of magnetic fields modelling method for hydrocarbon accumulations prospecting by the change of magnetic properties of overlying rocks is examined. Given changes are caused by influence of volatile compounds from hydrocarbon accumulations to these rocks.

Key words: hydrocarbon accumulation, magnetic exploration, direct problem, inverse problem.

Методика использована для поисков залежей нефти и газа, по [1, 3], генерирующих в вышележащие слои летучие соединения углеводородов, азота, водорода, сероводорода и др. В результате эманационных воздействий на породы происходит закономерное изменение их магнитных и плотностных характеристик в зависимости от окислительно-восстановительных условий среды.

Согласно имеющейся обобщенной модели строения разреза, содержащего углеводородную залежь, представляется в следующем виде: немагнитная или слабомагнитная залежь углеводородов; выше, вплоть до уровня грунтовых вод, – немагнитная или слабомагнитная зона восстановления; далее, до поверхности, – относительно магнитная или сильномагнитная зона окисления. Фланги залежей оконтуриваются зоной субвертикальных неоднородностей с повышенными или высокими значениями намагниченности [1, 3, 4]. В связи с этим верхняя граница углеводородной залежи определяется нижней границей зоны восстановления, а по флангам она оконтуривается зоной субвертикальных неоднородностей.

Магнитные аномалии в наблюдаемом поле от самой залежи практически не проявляются, а общий эффект от разреза, содержащего углеводородную залежь, может составлять от первых единиц до нескольких десятков нТл.

В поле плотности углеводородная залежь имеет более сложное строение, но, к сожалению, ввиду отсутствия у нас материалов по высокоточ-

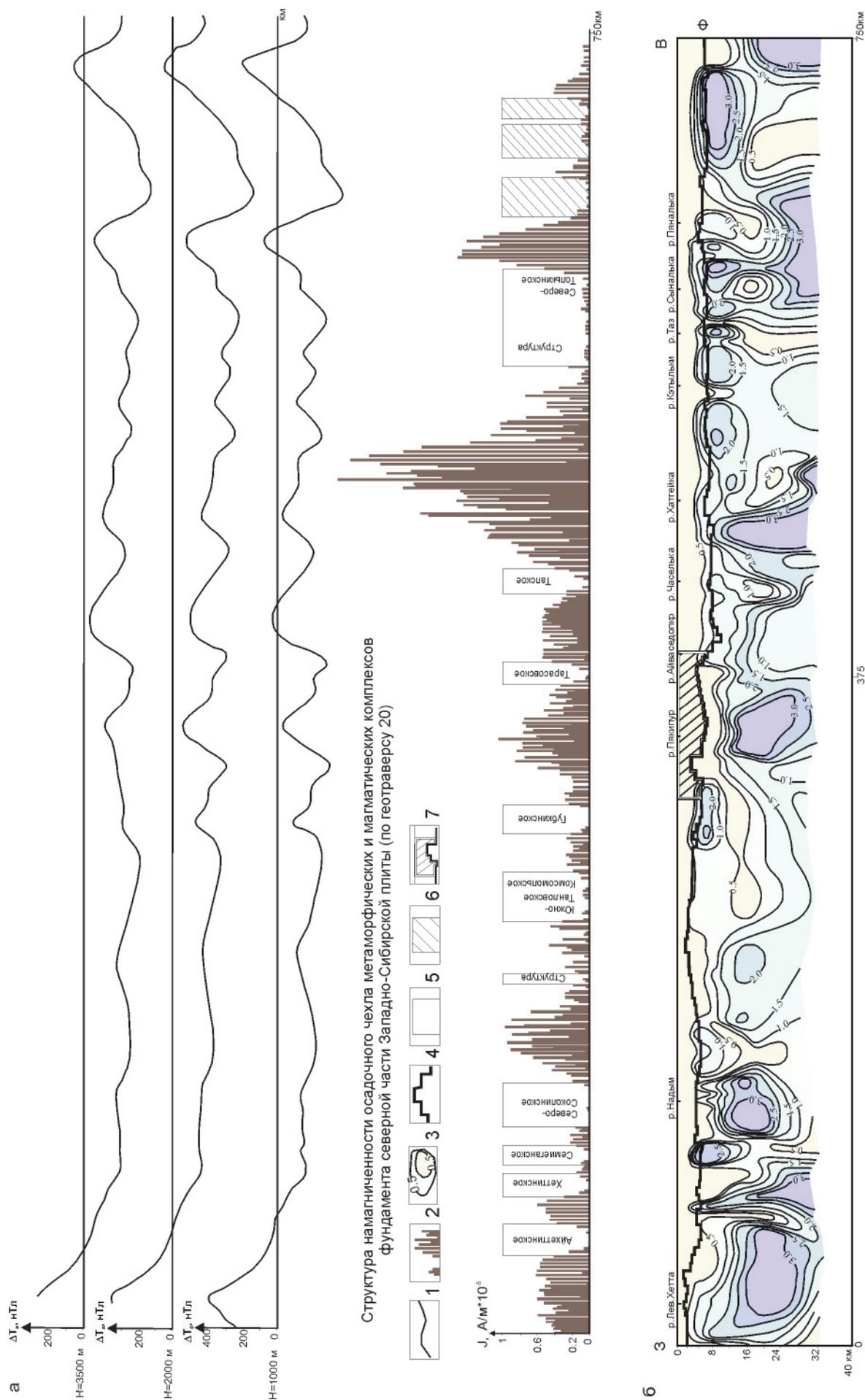
ным гравиразведочным съемкам (0,01–0,05 мГл) поиски залежей по их плотностным характеристикам нами не проводились.

Методика моделирования полей намагниченности [2] на базе высокоточных (1 нТл и менее) магнитных съемок (наземных, аэромагнитных, и скважинных) позволяет расчетным путем на основе решения прямых и обратных задач магниторазведки получать значения неоднородной намагниченности, строить модели распределения намагниченности и использовать эти модели при поисках залежей углеводородов по их магнитным характеристикам.

Работы проводились на трех участках: на геотраверсе 20 (север Западно-Сибирской плиты), на саранпаульском профиле (Западная Сибирь, Приполярный Урал) и на Талаканском газонефтяном месторождении (юго-запад Восточной Сибири).

На геотраверсе 20 (рис. 1)¹ работы по материалам разновысотной (три высоты) аэромагнитной съемки м-ба 1:50 000 проводились в два

¹Результаты моделирования при региональных исследованиях: структура намагниченности горных пород чехла и фундамента построена на основании решения обратной задачи магниторазведки с использованием повысотных аэромагнитных профилей и общих геологических предпосылок о строении региона; определены глубина залегания палеозойского фундамента, его рельеф и по минимальным значениям расчетной намагниченности выделены участки предполагаемых углеводородных залежей (в западной части – 12 залежей, совпадающих со всеми известными, в восточной неразведанной – 3 перспективных)



Структура намагниченности осадочного чехла метаморфических и магматических комплексов фундамента северной части Западно-Сибирской плиты (по геотраверсу 20)

Рис. 1. Определение глубины залегания и рельефа поверхности палеозойского фундамента с выделением перспективных площадей на углеводороды 1 – наблюдаемые и вычисленные ΔT_n ; 2 – изолинии расчетной намагниченности верхнего слоя модели; 3 – расчетная намагниченность в плоскости разреза, 4 – поверхность фундамента по данным моделирования; 5 – выявленные структуры; 6 – предполагаемые структуры; 7 – участки детализации (Тарасовское месторождение и прилегающие участки)

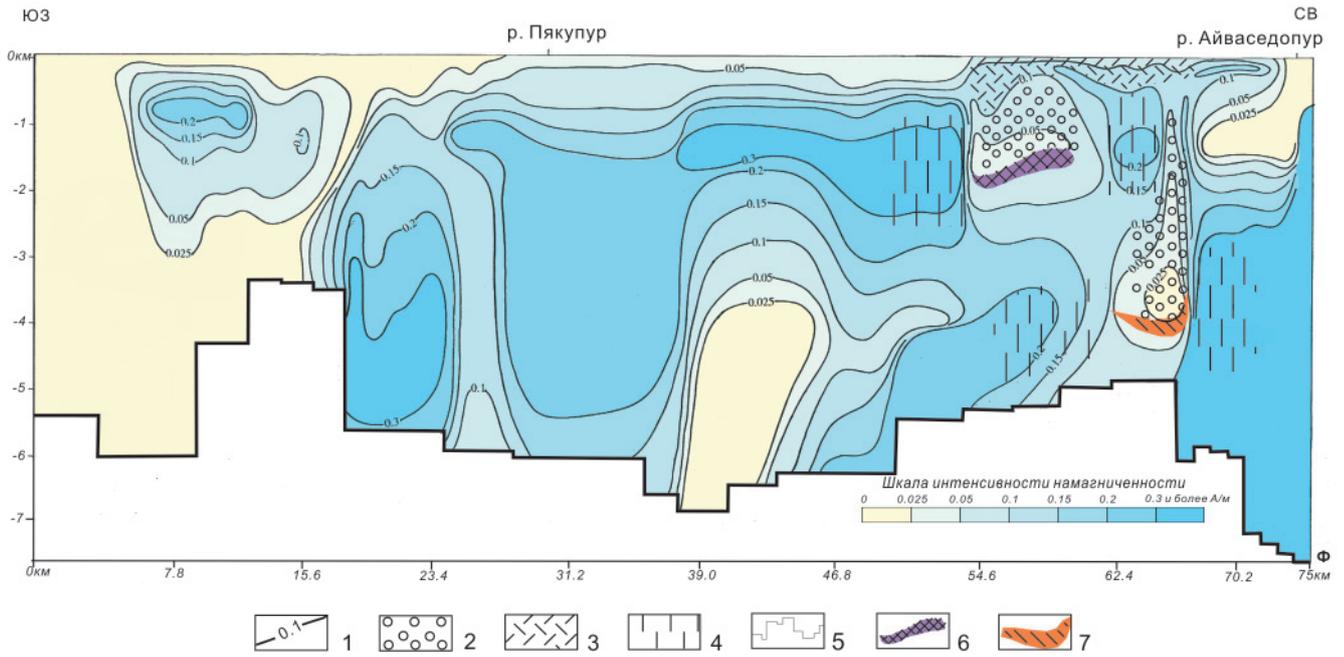


Рис. 2. Прогноз залежей углеводородов на геотраверсе 20 по структуре намагниченности осадочного чехла (Тарасовское месторождение и прилегающие участки). По данным бурения продуктивная залежь выделена в инт. 980–2500 м; по данным моделирования, кроме того, выделена новая залежь на глубине около 4000 м
1 – изолинии вычисленной намагниченности, А/м; 2 – зона восстановления; 3 – зона окисления; 4 – зона субвертикальных неоднородностей; 5 – расчетная намагниченность, А/м; 6 – известная газонефтяная залежь Тарасовского месторождения, выделенная по данным моделирования; 7 – прогнозируемая углеводородная залежь, выделенная по данным моделирования

этапа: региональный и детальный. На первом исключалось влияние магнитных пород фундамента и по минимальным значениям расчетной намагниченности чехла (см. рис. 1, а) определялись перспективные площади под проведение детальных работ. На втором этапе осуществлялась локализация предполагаемых залежей.

По результатам региональных работ на 700-километровом профиле был составлен геомагнитный разрез фундамента, выделено пять крупных магнитных блоков, соответствующих известным формационным зонам. Показано их внутреннее строение в виде изолиний расчетной намагниченности. Определена глубина и форма залегания доюрского фундамента. Проведено разделение магнитных полей, характеризующих чехол и фундамент. По наиболее низким значениям расчетной намагниченности чехла выделено 15 площадей под детализационные работы, 12 из которых совпали с известными месторождениями и рудопроявлениями, а три не попали в контур поисковых работ и требуют последующего изучения (см. рис. 1, а). Дальнейшая детализация является продолжением региональных работ.

На одной из площадей, выделенных по результатам региональных работ в пределах известного Тарасовского газонефтяного месторождения (на рис. 1, б обозначено заштрихованной площадью в пределах чехла), на профиле протяженностью 75 км по результатам решения прямых и обратных задач в отложениях чехла построена двумерная геомагнитная модель.

Как видно из рис. 2, на разрезе присутствуют четыре локальных минимума: первый – в контуре изолиний 0,05 А/м (координаты 60 км, –2 км) по местоположению соответствует Тарасовскому месторождению, а по положению нижней границы зоны восстановления находится на глубине 1,5–2,0 км (по разведочным данным выделены две залежи на глубине 1,0 и 2,5 км). Второй локальный минимум в контуре изолиний 0,025 А/м (координаты 65 км, –4 км) определен нами как перспективный.

Наиболее крупная область пониженных значений 0,025–0,05 А/м (координаты 40 км, –4 км) погружается в фундамент. На рис. 1 видно, что область третьего локального минимума определяется областью линейной полого падающей слабомагнитной зоны (со значениями расчетной намагниченности менее 0,5 А/м).

Четвертый локальный минимум (координаты 72 км, –1 км) находится на северо-восточном окончании профиля и из-за возможного наличия краевого эффекта нами не рассматривается.

На **Саранпаульском профиле** по данным сейсморазведки МОГТ выявлена антиклинальная структура, рекомендуемая под заверочное бурение на поиски углеводородов. Проектирование поисковой скважины предопределило постановку дополнительных геофизических работ, подтверждающих наличие здесь залежи углеводородов. С этой целью по профилю были проведены аэромагнитные съемки на четырех высотах с измерением ΔT_a (рис. 3, а).

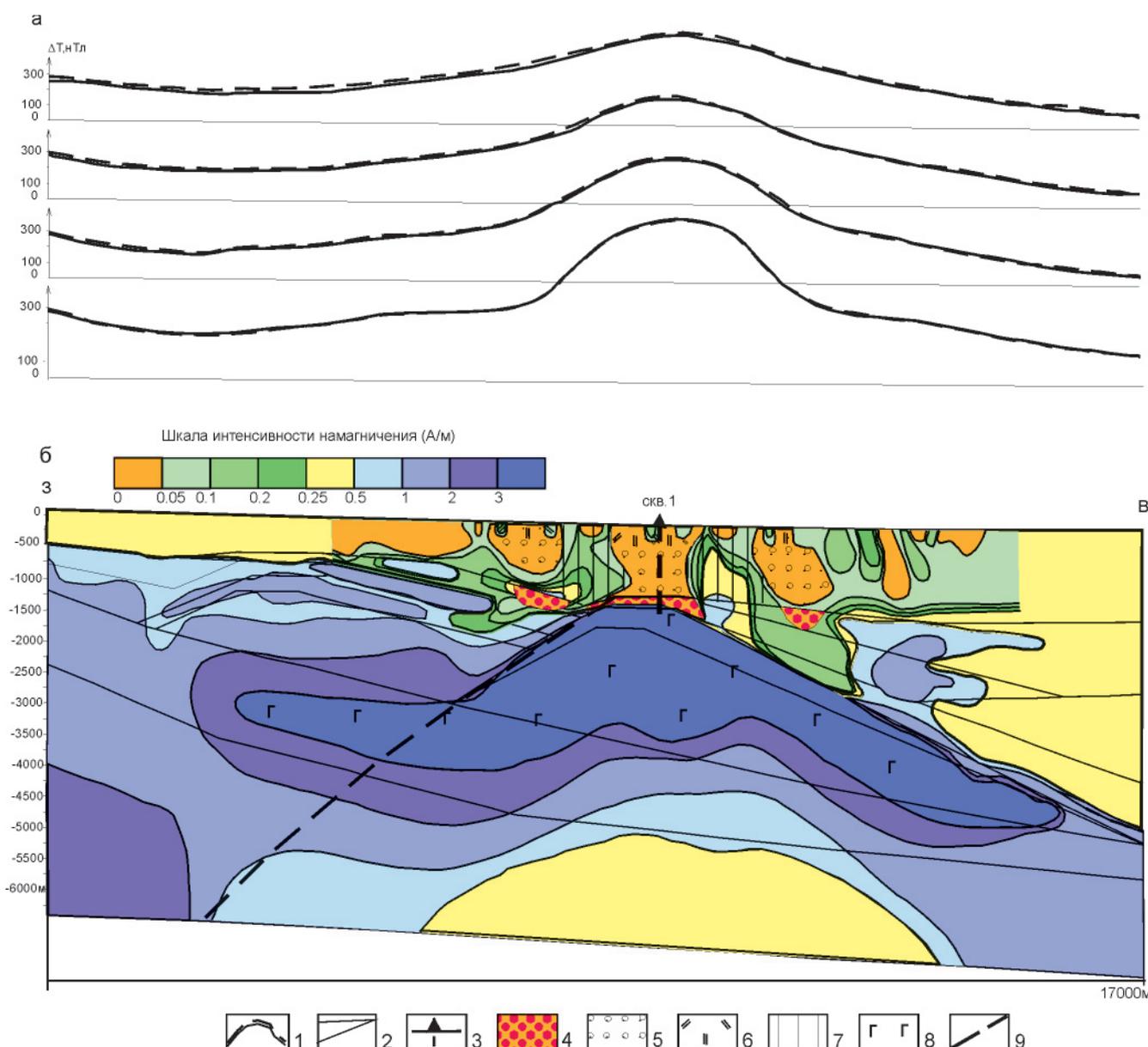


Рис. 3. План распределения расчетной намагниченности по Саранпаульскому профилю

1 – наблюдаемая и вычисленная ΔT , нТл; 2 – границы раздела по данным МОВ; 3 – проектная скважина; 4 – предполагаемая залежь углеводородов; 5 – зона восстановления; 6 – зона окисления; 7 – зона субвертикальных неоднородностей; 8 – габбро; 9 – тектоническое нарушение

В рамках сейсмической модели аналитически определялась величина неоднородной намагниченности в пределах сейсмической структуры. Как видно на рис. 3, изолинии расчетной намагниченности с достаточной степенью точности повторяют сейсмическую модель. Ядро складки в фундаменте, судя по значениям намагниченности, может быть представлено породами основного состава типа габбро.

Западная часть складки, судя по характеру поведения изолиний расчетной намагниченности, в значительной мере осложнена тектоническими нарушениями. Замковая и восточная части складки в тектоническом плане более спокойны и в меньшей степени осложнены тектоническими нарушениями.

Верхняя часть разреза представлена породами вулканогенно-осадочного комплекса и, судя по поведению изолиний намагниченности, поми-

мо субгоризонтального имеет и субвертикальное распространение. Указанные породы, согласно существующим геолого-геохимическим представлениям, являются вновь образованными аугитенными образованиями и контролируют предполагаемую углеводородную залежь, огибающую складку, которую, очевидно, с запада и востока контролируют глубинные тектонические разломы.

Три небольшие зоны восстановления (намагниченность 0–0,05 А/м) и окисления (намагниченность 0–0,15 А/м) разделены зонами субвертикальных неоднородностей (с намагниченностью 0,05–0,3 А/м), которые определяют три отдельные залежи.

Пробуренная на профиле скважина дала непромышленный приток газа.

На **Талаканской площади**, включая разведанное крупное Талаканское месторождение

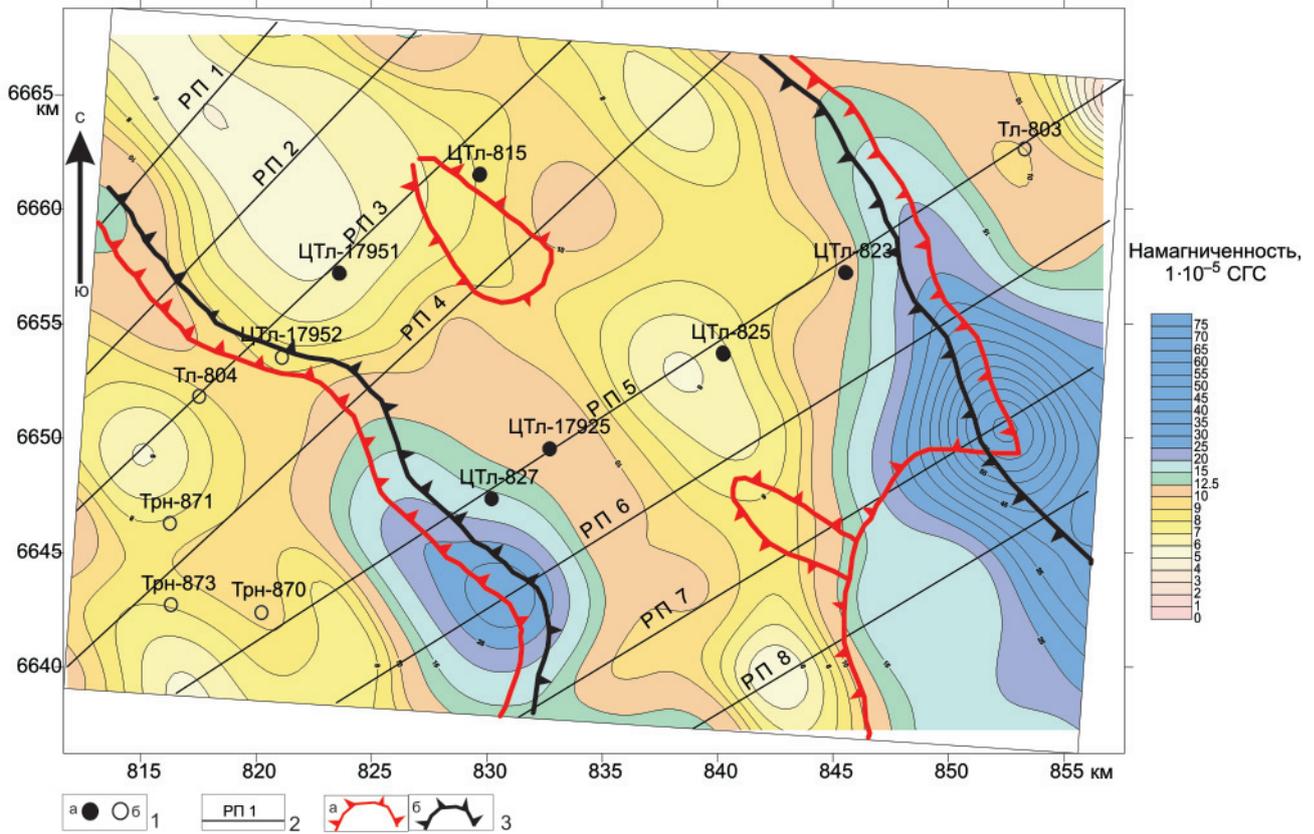


Рис. 4. Магнитная модель кровли юрегинской свиты с проекцией углеводородной залежи (Талаканское месторождение)

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

углеводородов, по материалам аэромагниторазведки м-ба 1:50 000 и аэрогравиразведки м-ба 1:100 000 нами построено восемь геомагнитных моделей по субпараллельным профилям с расстоянием между ними 5 км, пересекающим вкрест простирания все месторождение (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 мощностью 30–40 м.

3. Над этой залежью, выше слоя мощностью 30 м, находится 250-метровая пачка 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.

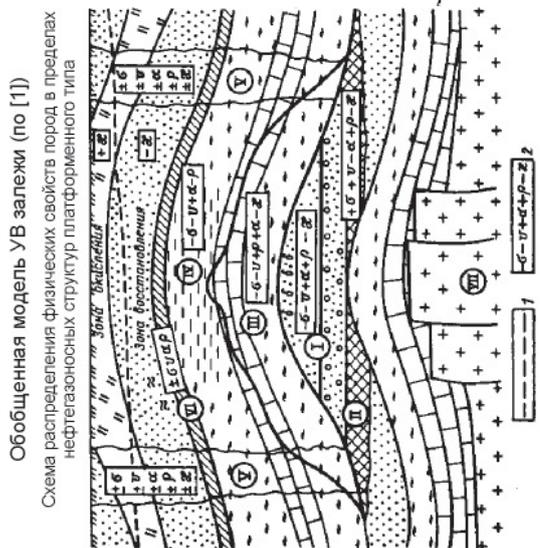
5. Вдоль юго-западного фаса месторождения протягивается ограничивающий его с этой стороны глубокий (до 400 м) прогиб, выполненный рифейскими песчаниками. Его амплитуда в чехле постепенно затухает, но в пределах осинского горизонта она составляет 150 м. Ширина прогиба около 400 м, по краям, судя по резким перепадам высот осинского горизонта, он осложнен нарушениями.

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

Магнитные модели применительно к задачам моделирования площадей с оценкой возможности их нефтегазоносности – одни из главных результирующих документов моделирования. Учитывая, что магнитная модель является в определенном смысле элементом новизны в методике поисков и оценки перспектив площадей, мы считаем необходимым кратко ее охарактеризовать.

На основе имеющейся обобщенной геомагнитной модели месторождения УВ над залежью формируются две, а иногда три специфические зоны (см. рис. 5).

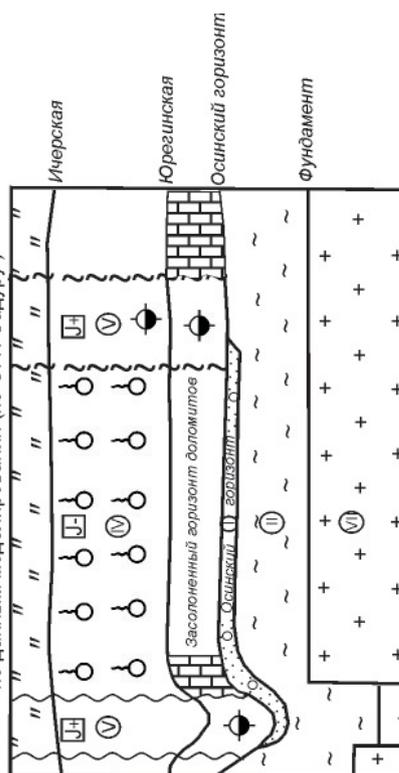
На Талаканском месторождении зоны субвертикальных неоднородностей (V), ограничивающие залежь с флангов, совпадают с глубинными разломами и сопровождаются относительно высокими аномальными значениями расчетной намагниченности $(30-40) \cdot 10^{-5}$ СГС. Зона восстановления (IV), в целом обладающая пониженными значениями расчетной намагниченности $(0-10) \cdot 10^{-5}$ СГС, имеет достаточно сложное строение с изолиниями преимущественно субвертикального направле-



Обобщенная модель УВ залежи (по [1])
 Схема распределения физических свойств пород в пределах нефтегазовых структур платформенного типа

1 — залежь нефти и газа; II — запечатывающий слой; III — ореол вторжения; IV — зона разуплотнения в своде структуры; V — субвертикальные зоны неоднородностей (разнонаправленными свойствами); VI — опорные границы между породами с различными физическими свойствами; VII — фундамент; 1 — граница между зонами окисления и восстановления; 2 — состояние физических свойств пород (относительно пород законтурной части залежи)

Модель УВ залежи Талаканского месторождения по данным моделирования (по О. Г. Садуру)



1 — состояние расчетной намагниченности относительно намагниченности законтурной части залежи; 2 — породы Билирской и паршинской свит; 3 — залежь УВ; 4 — зона восстановления; 5 — зона субвертикальных неоднородностей; 6 — фундамент.

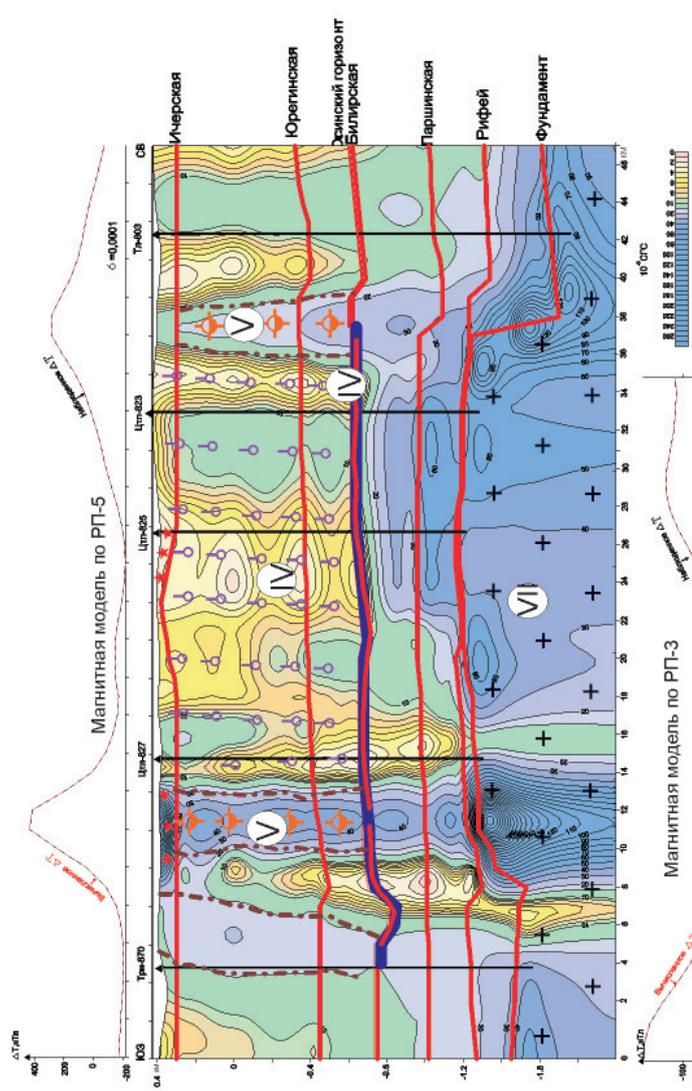
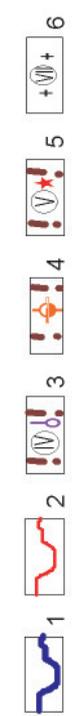
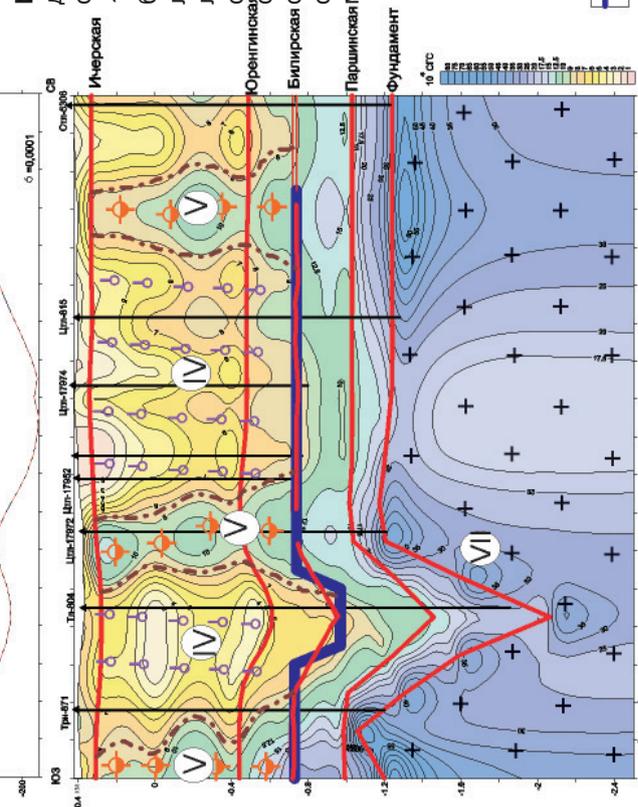


Рис. 5. Магнитная модель Талаканского месторождения УВ

1 — залежь по данным буровых работ; 2 — залежь по данным моделирования; 3 — зона восстановления; 4 — зона субвертикальных неоднородностей; 5 — зона окисления; 6 — фундамент





ния. Ниже продуктивного осинского горизонта изолинии расчетной намагниченности приобретают преимущественно субгоризонтальное направление. В общем намагниченность песчаников и аргиллитов билирской, паршинской свит и рифейских отложений невысокая – $(10-60) \cdot 10^{-5}$ СГС. Зона окисления проявляется не повсеместно, а обнаруживается только в районе скв. Цтл-825, где расчетная намагниченность выше $5 \cdot 10^{-5}$ СГС (см. рис. 5).

В плане проекция залежи согласно имеющейся модели может быть выполнена на любой высотной отметке, расположенной выше залежи. Нами площадное распределение расчетной намагниченности было выполнено по кровле юрегинской свиты (см. рис. 4). Проекция контуров залежи по данным разведки ограничивается 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 по моделированию. Очевидно, это можно объяснить наличием участка пород, экранирующих миграционные потоки над залежью.

На основании изложенного можно сделать вывод, что моделирование по материалам высокоточной магниторазведки может использоваться как метод, позволяющий прогнозировать наличие залежей УВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березкин, В. М.** Метод полного градиента при геофизической разведке [Текст] / В. М. Березкин. – М. : Недра, 1988. – 188 с.
2. **Возможности** моделирования полей плотности и намагниченности при геокартировании, поисковых и разведочных работах [Текст] / О. Г. Садур, С. С. Долгушин, В. В. Марков, О. Г. Селезнева // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры : Матер. 10-й науч.-практ. конф. Т. 2. – Ханты-Мансийск, 2007. – С. 243–249.
3. **Физико-химические** основы прямых поисков залежей нефти и газа [Текст] / Под ред. Е. В. Каруса. – М. : Недра, 1986. – 336 с.
4. **Физические** свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) : Справочник геофизика [Текст] / Под ред. Н. Б. Дортман. – М. : Недра, 1984. – С. 368–375.

© О. Г. Садур, С. С. Долгушин,
В. В. Марков, Л. Г. Селезнева, 2012