

рождением в желоба или крупные депрессии, как считали К.В. Боголепов [4], П.К. Куликов, О.Г. Жеро, В.С. Сурков и др. Имеющиеся сейсмогеологические материалы свидетельствуют о том, что данный рифтогенез не имеет никакого отношения к талассогенезу или формированию синеклиз на платформах.

Развитие тафрогенных и дейтероорогенных грабенов-рифтов на сводовых поднятиях, охватывавших как бы амфитеатром с юга Западно-Сибирскую геосинеклизу, служило причиной поступления в бассейн седиментации огромного количества обломочного материала, ставшего коллектором с песчаностью разреза до 60 %. ландшафт в пределах геосинеклизы имел вид аккумулятивной равнины, временами заливавшейся морем.

1. Крылов Н.А. Общие особенности тектоники и нефтегазоносности молодых платформ. — М.: Наука, 1971. — 156 с.
2. Бочкарев В.С. Тектонические условия замыкания геосинклиналей и ранние этапы становления молодых платформ. — М.: Недра, 1973. — 129 с.
3. Соболевская В.Н. Тектоника и общие закономерности становления и развития эпипалеозойских плит. — М.: Наука, 1973. — 258 с.
4. Боголепов К.В. Мезозойская тектоника Сибири. — М.: Наука, 1987. — 230 с.
5. Малютин Н.Б., Смирнов Е.П., Дегтева М.Н. Геологическое строение складчатого фундамента в Среднем Зауралье. — М.: Недра, 1977. — 223 с.
6. Хаин В.Е. Общая геотектоника. — М.: Недра, 1964. — 479 с.

ГЕОФИЗИКА

УДК 502(203); 629.13

ГЕОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОПЛОТНОСТНОЙ И ГЕОМАГНИТНОЙ МОДЕЛЕЙ ВДОЛЬ УЧАСТКА РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МОГТ № 106 ЮГА УРЕНГОЙСКОГО ВАЛА*

Г. Д. Исаев
(ТПУ),

О. Г. Садур
(СНИИГГиМС),

В. Н. Бородкин
(ОАО "СибНАЦ")

В настоящей статье предлагается новый подход к интерпретации материалов маршрутной аэромагнитной высотной съемки на семи высотах, площадной среднemasштабной гравиметрической съемки, а также приводятся новые данные региональных геологических исследований по ачимовской толще. В работе констатируется возможность диагностики на профиле различных элементов геофлюидных систем: областей эмиграции, латеральных и субвертикальных зон флюидомиграции, карбонатизации и областей с различной степенью газоконденсатонасыщения.

In this article a new approach to interpretation of a magnetic survey (7 altitudes' horizons) and areal scale-average gravimetrical survey, as well as new regional geological investigations of Achimov strata are shown. A capability to diagnose different elements of fluid systems (emigration zones, lateral and subvertical zones of fluid migration, carbonatization zones and areas with a different degree of gas condensate saturation) is pointed out.

Месторождения углеводородов в США, как показал В.А. Каштанов [5], связаны с магнитными аномалиями, обусловленными наличием в перекрывающих толщах вторичного магнетита, который формируется в результате восстановительных химических реакций в присутствии УВ газов. Для территории Западной Сибири также характерно повышение намагниченности пород над залежами нефти и газа, что обусловлено развитием в преобразованных зонах магнетита, титаномангнетита и сидерита [5]. Над нефтяными залежами эти значения не очень велики, зато над газовыми и газоконденсатными они резко возрастают [4]. Это объясняется наличием в зонах флюидомиграции

частой смены окислительно-восстановительных обстановок вследствие массовой проницаемости УВ через осадочные толщи. Присутствие в субвертикальных зонах, кроме магнитных минералов, немагнитного пирита можно объяснить химическими реакциями соединения серы и железа в результате просачивания УВ [7]. Сера в сульфидных минералах образовалась из двух источников: из нефти и вследствие деятельности сульфатредуцирующих бактерий.

В зонах вертикальной миграции УВ могут образовываться минералы с магнитными свойствами как химическим, так и биологическим путем. К ним относятся различные виды окиси железа и сернистого железа, например грейцит и диагенетический магнетит (Fe_3O_4), которые обычно рассматриваются как

* Статья публикуется в порядке дискуссии.

источники магнитных аномалий над нефтяными месторождениями. Кроме того, к ним можно отнести и обломочные минералы окиси железа и титана, и даже слабомагнитный сидерит с сопутствующими минералами окиси железа. Даже минералы немагнитного пирита могут сильно влиять на намагниченность пород. Например, процесс пиритизации при замещении обломочных магнитных окислов Fe может существенно уменьшить намагниченность.

Сульфиды с магнитными свойствами являются продуктом восстановления сульфата бактериями, которые получают свою энергию из органического вещества [1]. Причем в качестве источника питания могут быть как УВ и их вторичные продукты, так и наносные растительные остатки и пелитовое органическое вещество, широко распространенное в разрезах ачимовской толщи Уренгойского вала.

В субвертикальных зонах деструкции авторы наблюдали высокую трещиноватость, катаклиз, брекчирование, признаки пластического течения, явления скольжения. Наличие в этих зонах диагенетического магнетита свидетельствует, во-первых, о перемагничивании пород при деформации и, во-вторых, о его образовании из УВ флюидов, которые приобрели подвижность вследствие тектонических процессов. Конкретная же геохимическая обстановка над месторождениями УВ зависит от соотношения скорости подтока углеводородов и интенсивности их окисления. Сама нефть является диамагнетиком, однако в пластовых условиях иногда приобретает парамагнитные свойства [4], что обусловлено приуроченностью железа и его окислов к органическим компонентам флюидной системы, а также изменяющейся концентрацией этих соединений в зонах флюидомиграции [3].

Часто субвертикальная трещиноватость, зоны флюидомиграции фиксируются повышением намагниченности и представляют собой ореолы внедрения (АВПД). Под воздействием сверхвысокого пластового давления в залежи при субвертикальной миграции флюидов давление передается перекрывающим глинистым толщам (по керну наблюдалась субвертикальная трещиноватость), при этом давление в них может быть выше, чем в самой залежи. В ореоле вторжения увеличиваются пористость и трещиноватость, уменьшается плотность, повышается битумо- и газоносность, уменьшается скорость сейсмической волны.

Осветление пород баженовской свиты в пределах Уренгойского вала обусловлено замещением высокоуглеродистых образований продуктами слюдисто-кварцевого и кварцевого метасоматоза и дефлюидизации (отдачи жидких УВ) путем газогенизации реликтового углерода и превращения шунгитового и битумкеритового рассеянного вещества в нефть [4]. Подобные участки в баженовской свите развиты не повсюду, а в 10 % случаев вскрытия свиты и всегда сопровождаются "смятием" пород и интенсивной трещиноватостью. Эти объекты следует рассматривать как очаги генерации УВ. Аналогичные объекты наблюдались и в

ачимовской толще, и в юрских отложениях. В пределах регионального профиля и вблизи него в качестве примера приведем скв. 359 — Южно-Уренгойскую, интервал 3734...3736 м; скв. 673 — Уренгойскую, 3655...3667 м; скв. 409 — Уренгойскую, 3693...3695 м; скв. 423 — Уренгойскую, 3712...3715 м.

Наличие интенсивных охр железа и окремнения наблюдается в скв. 359 — Южно-Уренгойской на глубине 3882...3885 м, а в скв. 410 — Уренгойской — в интервале 5175...5420 м. Эти объекты следует интерпретировать как источники первичных флюидов. К транспортным артериям или каналам флюидомиграции авторы относят зоны открытой трещиноватости и тектонической дезинтеграции (с дроблением пород), отмечаемые по керну некоторых скважин. Например, по скв. 414 — Уренгойской в интервале 3485...5425 м, по скв. 409 — по всему разрезу ачимовской толщи, по скв. 410 — Уренгойской — две зоны (секущие) на глубине 5175...5180 м и 5416...5419 м, по скв. 673 — Уренгойской — на глубине 3775 и 5482 м (наклонные зоны трещиноватости).

Региональная зональность УВ скоплений в пределах Уренгойского вала обусловлена закономерной локализацией залежей и эволюцией структур в сторону возрастающей роли локальных поднятий в качестве продуктивных для газоконденсата и большей роли пологих структур для нефти. Эти соотношения раскрывают генетическую связь нефти, газа и конденсата и хорошо согласуются с идеями сквозной вертикальной (сквозь чехол) и интенсивной латеральной миграции газовых потоков, с представлениями о пассивной роли нефти в миграционных зонах, о крайне небольших масштабах вертикальной и латеральной миграции нефти после накопления ее в ловушках.

О сложности сочетания субвертикальной проницаемости с пологими субсогласными в чехле латеральными зонами трещиноватости свидетельствуют такие факты, как вертикальные перемещения флюидов с одного стратиграфического уровня на другой, закономерности размещения АВПД, пластовых вод с низкой и высокой минерализацией, наличие "вертикальных столбов" [4] разгрузки глубинных растворов, например зоны карбонатизации (по скв. 414). Кропоткин П.Н. [6] приводит факты наличия вертикальных метасоматических колонн, проницаемых зон через мощные слоистые толщи практически во всех нефтегазоносных районах. Кроме того, с ними он связывает округлые в плане геохимические и тепловые аномалии. Уместно отметить новые данные [2] о существовании в нефтегазоносных районах вертикальных колонн размагничивания пород над нефтяными залежами (вследствие восстановления окисных форм железа).

В пределах юга Уренгойского вала авторы детально исследовали участок, где были проведены сейсмические работы и построен разрез МОГТ № 106. Здесь имелись материалы профильной разновысотной аэромагнитной съемки и данные гравиметрической съемки.

Построенная модель распределения намагниченности и плотности в створе скв. 359, 410, 414 и 673 (рис. 1—3) является составной частью комплексной геоплотностной и геомагнитной региональной модели вдоль сейсмического профиля МОГТ № 106. Над профилем проводились маршрутная аэромагнитная съемка на семи высотах (100, 200, 400, 750, 1000, 2000, 3500 м), а также площадная гравиметрическая съемка масштаба 1:200 000. При конструировании модели в качестве модели "нулевого" приближения использовались сейсмические материалы КМПВ и ОГТ (горизонты Г, М, Б, Т₄, П_п и частично П_п). В качестве дополнительной модели, которая компенсирует региональный фон, была выбрана модель с параметрами на отметках -20...-42 км. Из-за отсутствия информации о физических свойствах пород пределы намагниченности и плотности задавались исходя из опыта аналогичных работ по территории Западной Сибири. Заданные первичные значения намагниченности и плотности для "нулевой" модели (снизу вверх) представлены в таблице.

Намагниченность, А/м·10 ²		Плотность, г/см ³		Сейсмические границы
min	max	min	max	
0	500	2,67	3,2	П _п П _п Т ₄ Б М Г
0	500	2,67	3,1	
0	100	2,6	3,0	
0	6	2,1	2,4	
0	5	2,0	2,3	
0	4	2,0	2,2	
0	3	1,9	2,1	
0	2	1,9	2,0	

Моделирование проводилось по авторской методике, основанной на комплексном определении неоднородных плотностных и магнитных характеристик горных пород в их естественном залегании, а также геометрических параметров элементарных тел, аппроксимирующих блоки. Под блоком понимаем сложно построенное геометрическое тело, составленное из совокупности объемных элементарных тел, квазиоднородных по расчетной намагниченности или плотности. В целом геофизическое понятие блока должно быть адекватно геологическому. Конструкция блоков составлена таким образом, что они полностью, без остатка, заполняют все исследуемое пространство, т. е. образуют сплошные среды. Расчетная часть этой методики базируется на решении трехмерных прямых и обратных задач магнито- и гравитразведки и реализуется с помощью авторской программы МИГ-15.

Содержательная часть моделирования базируется на трех типах вспомогательных моделей: блоковой, детализационной и комплексной.

Конструирование блоковой модели по своей сути не отличается от традиционных и обычно использу-

ется при решении обратных задач магнито- и гравитразведки. Эта модель позволяет последовательно оценить количественно пространственное положение и форму верхних и нижних границ физических объектов, а также плотностные и магнитные характеристики отдельных блоков, составляющих эти объекты — в пределах заданных интервалов. Оценка этих параметров выполняется методом подбора. Оценка пространственных параметров в первом приближении может осуществляться с одновременным подбором намагниченности и плотности, а форма блоков подбирается при известных (закрепленных) значениях намагниченности и плотности.

Основным недостатком разработанной блоковой модели является несколько упрощенный подход к ее конструкции, а именно: однородность петрофизических характеристик каждого блока. В природе отсутствуют объекты с однородной плотностью или намагниченностью. Это в значительной мере сужает область применимости метода. Однако, в отличие от существующих методов, он позволяет рассматривать геологический разрез как сплошную среду, состоящую из сложно построенных тел.

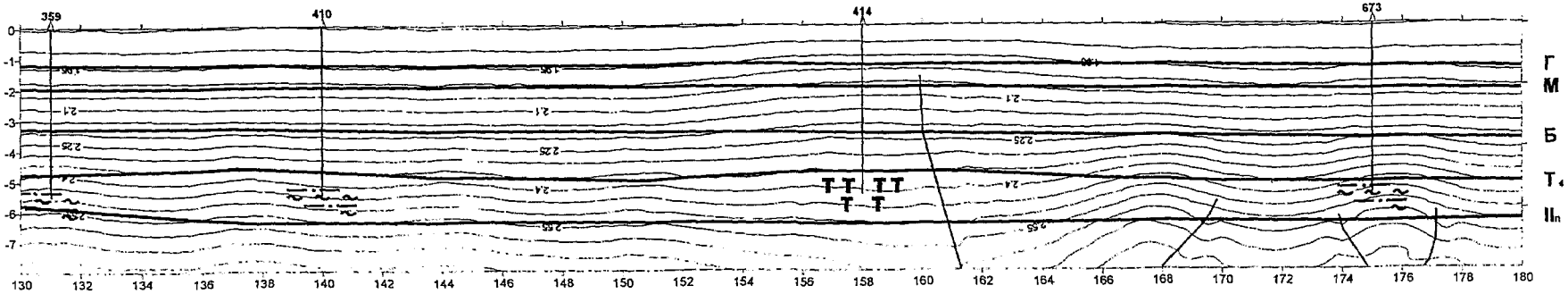
Детализационная модель. Учитывая недостатки блоковой модели, в которой намагниченность (плотность) каждого блока принимается постоянной, авторами разработан эвристический алгоритм, позволяющий определять изменение намагниченности (плотности) в каждом блоке. Существенным отличием этого алгоритма от известных является тот факт, что он не определяется заранее заданной функциональной зависимостью, а полностью зависит лишь от изменчивости магнитного или гравитационного поля. Если графически вычисленную намагниченность (плотность) представить в виде изолиний, то они как в структурно-морфологическом, так и в тектоническом плане позволяют по-новому судить об особенностях физических сред.

Основным недостатком детализационной модели является наличие практической и теоретической эквивалентности при отсутствии знаний о форме объектов, участвующих в формировании аномальных магнитного и гравитационного полей.

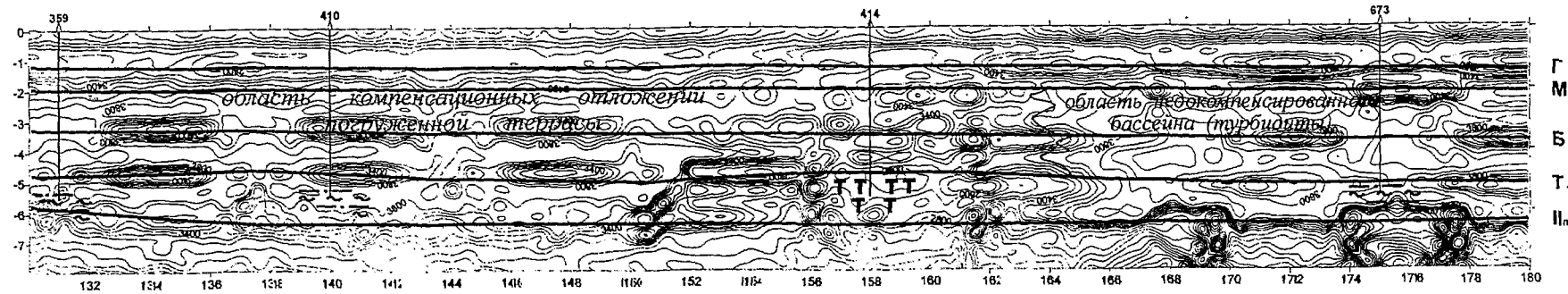
Используемая вспомогательная комплексная модель в значительной мере нивелирует недостатки, свойственные двум предыдущим, за счет итерационного перехода свойств одной модели в другую. Практически это реализуется на основании следующей технологической схемы:

- составление "нулевой" модели;
- расчет блоковой модели;
- расчет детализационной модели;
- построение изолиний распределения намагниченности и плотности;
- составление геолого-геофизического разреза;
- составление "нулевой" модели на основе геолого-геофизического разреза и т. д. — до изоморфного соответствия изолиний расчетной намагниченности и (или) плотности и формы блоков.

I. Распределение плотности



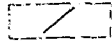
II. Модуль градиента плотности



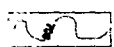
Условные обозначения



Скважина и ее номер



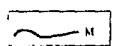
Зоны глубинных разломов



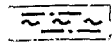
Изолинии плотности, намагниченности и их градиентов



Трахиандезиты



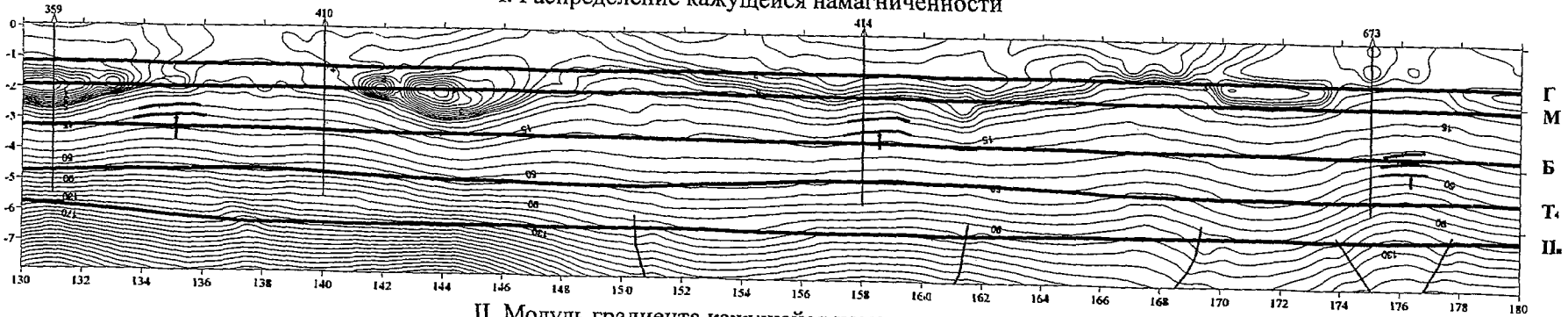
Отражающий горизонт



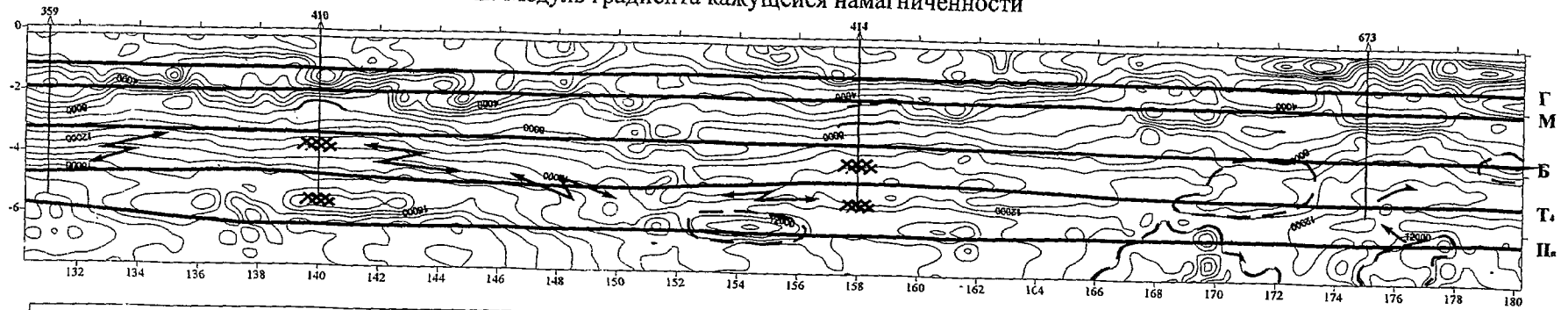
Терригенные отложения триаса

Рис. 1. Плотностная модель горных пород в естественном залегании (фрагмент профиля № 106). Масштаб 1:200 000

I. Распределение кажущейся намагниченности



II. Модуль градиента кажущейся намагниченности



Условные обозначения

	Скважина и ее номер		Субвертикальная зона сверхуплотнения и карбонизации
	Изолинии плотности, намагниченности и их градиентов		Генерирующие объекты
	Отражающий горизонт		Предполагаемые зоны геодинамических напряжений в породах
	Система миграции УВ флюидов		Зоны глубинных разломов
	Направление миграции УВ флюидов		Области предполагаемой миграции первичных флюидов

Рис. 2. Модель кажущейся намагниченности горных пород в естественном залегании (фрагмент профиля № 106). Масштаб 1:200 000

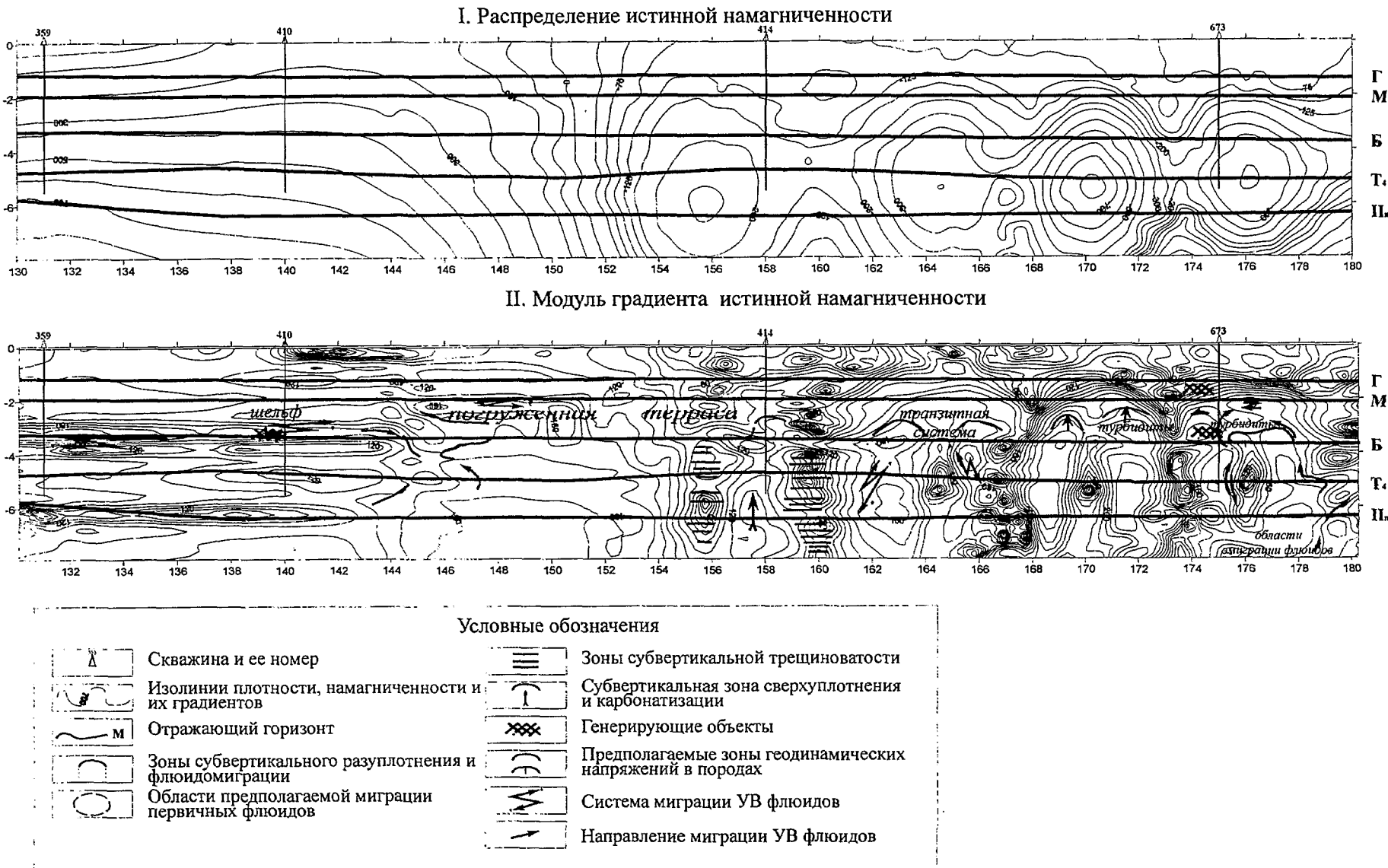


Рис. 3. Модель истинной намагниченности горных пород в естественном залегании (фрагмент профиля № 106). Масштаб 1:200 000

Изучение южной части Уренгойского месторождения проводили на основе детальных геологических, фациальных и флюидодинамических исследований по скв. 673, 674, 423, 410, 414, 424, 409, 359 (и другим в пределах юга Уренгоя), а также по сверхглубокой скв. СГ-6.

Региональный профиль № 106 пересекает южную часть месторождения (рис. 4) на уровне неокома — в латеральной смене фаций: от шельфовых (скв. 359 в южной части) к литофациям погруженной террасы (субшельф — более 200 м) в районе скв. 410—414 и далее к литофациям недокомпенсированного бассейна (турбидитовый комплекс), которые за скв. 673

замещаются эвксинными глубоководными отложениями неокома. В данном регионе главным источником углеводородов являются породы баженовской свиты — скв. 424 (вблизи скв. 414), скв. 423 (вблизи скв. 410), скв. 673 и 359. По составу пелитового ОВ в баженовской свите преобладает гумусовый тип. Поэтому здесь преобладают газоконденсатные залежи в продуктивных горизонтах мела. В пределах скв. 414 и 410 выделяются две зоны сверхуплотнения и карбонатизации, локализованная (пикеты 154-160 по скв. 414) и плоскостная (по скв. 410). Наиболее хорошо это выражено в поле градиента истинной намагниченности.

Наличие региональных плоскостных тектонических зон, а также субвертикальных зон сверхуплотнения и карбонатизации играет главную роль в распределении флюидов по стратиграфическому разрезу от палеозоя до мела. Большое значение имеют зона латеральной флюидомиграции и наличие нефтематеринских пород по скв. 410 в нижне-среднеюрских отложениях, субвертикальная зона флюидомиграции вблизи скв. 673, а также в триасовых отложениях (и на границе с палеозоем), которые можно рассматривать в качестве источника первичного флюида.

Используя эти данные применительно к модели распределения плотности и намагниченности горных пород в их естественном залегании, по профилю № 106 (детализационный участок, скв. 359—673) намечены предполагаемые зоны эмиграции первичных флюидов на глубине, например между скв. 414 и 673 в нижне-, средне-, верхне-неокомских отложениях, в районе скв. 673 в отложениях мела, юры и, возможно, триаса, между скв. 410—414 в области погруженной террасы — отложения мела, а также в более погруженной области, на глубине 4...6 км. Наиболее хорошо это видно в полях распределения намагниченности, особенно в полях градиентов намагниченности (см. рис. 3), так как, по-видимому, их образование происходило совместно с образованием магнитных минералов. Анализируя разрез полного нормированного градиента по его интенсивности, можно предположить несколько градаций записи. Субвертикальная зона вблизи скв. 673 и области разгрузки флюидов северо-западнее скважины, возможно, связаны с аккумуляцией нефти в ловушках западной зоны Уренгойского вала. Различный характер градиентного поля по скв. 673, 410 и

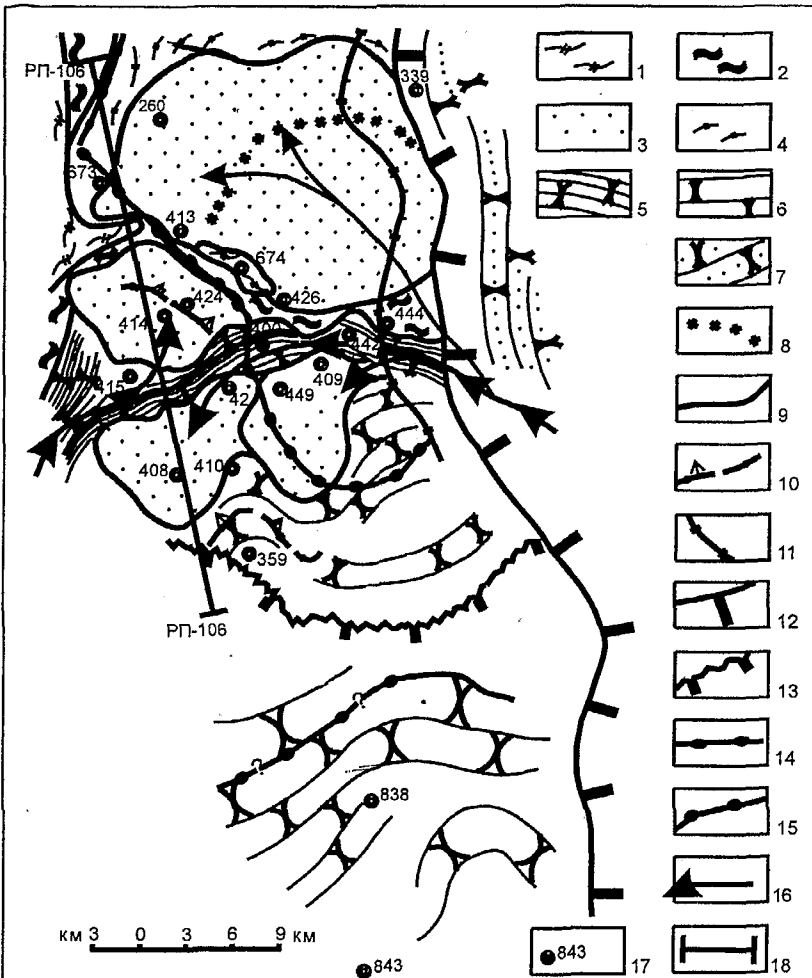


Рис. 4. Схема распределения литофаций клиноформы БП₁, А₄₁₅; литофации недокомпенсированного бассейна: 1 — осадки пелагитов и гемипелагитов, 2 — осадки контурных течений (вдольсклоновых) — контуритов; литофации режима недокомпенсации: 3 — отложения турбидитовых конусов выноса, 4 — отложения заполнения вреза; отложения режима компенсации: 5 — осадки заполнения каньонов, 6 — литофации аккумулятивной неглубокой равнины (осадки продольно-поперечных течений), 7 — отложения относительно мелководного шельфа. Границы: 8 — потоков внутри конусов выноса, 9 — литофаций, 10 — литофаций в подошве пласта А₄₁₅ с направлением миграции в пространстве, 11 — действия штормов и турбидитной абразии вдоль шельфа, 12 — передового края шельфа, 13 — транзитной области (либо области сноса). Границы фазового состояния флюидов: 14 — нефть — газоконденсат, 15 — вода — газоконденсат; 16 — направление турбидитных потоков (оси каньонов транзита турбидитных осадков); 17 — скважины, вскрывшие ачимовские отложения; 18 — линия регионального профиля РП-106 (фрагмент)

414 на уровне горизонта Б, видимо, обусловлен уровнем интенсивности притоков воды по субвертикальным (скв. 414) и латеральным (скв. 673 и 410) зонам флюидомиграции. Высокоинтенсивная аномалия градиентного поля между скв. 414 и 673 связана с высоким уровнем газоконденсатности (?) разреза (в пластах БУ). Менее интенсивная по характеру латеральная зона флюидомиграции расположена южнее скв. 410. Именно здесь в пределах Нохо-Яхинской площади имеется небольшая залежь газоконденсата.

Таким образом, новый способ обработки разновысотных аэромагнитных съемок и гравиметрических данных совместно с использованием детальных геологических, фациальных и флюидодинамических материалов позволяет прогнозировать потенциальные области эмиграции первичных флюидов, направление и ориентировку зон или каналов флюидомиграции, области разгрузки флюидов и аккумуляции углеводородов. Геофлюидодинамический анализ как метод расшифровки в литосфере всех элементов флюидной системы должен опираться не только на высокоточные дистанционные геофизические работы и детальные литологические и фациальные исследования, но,

прежде всего, он должен базироваться на современной флюидодинамической концепции нефтегазообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурари Ф.Г. Доманикиты и их нефтегазоносность // Сов. геология. — 1981. — № 11. — С. 3—12.
2. Дегазация Земли и геотектоника // Тез. докл. III Всесоюз. совещ. / Отв. ред. П.Н. Кропоткин. — М.: Наука, 1991. — 362 с.
3. Иванкин П.Ф., Иникин П.В. О взаимосвязи углерода и воды в петрогенезисе // Сов. геология. — 1977. — № 1. — С. 35—46.
4. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрорудогенезе, соли- и нефтеобразовании. — М.: ЦНИГРИ, 2001. — 206 с.
5. Каштанов В.А. Локальный нефтепрогноз по данным аэромагнитной съемки // Геология нефти и газа. — 1988. — № 12. — С. 7—12.
6. Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журнал ВХО им. Менделеева. — 1986. — Т. XXXI, № 5. — С. 540—547.
7. Павлов Д.И. Экзогенные хлоридные воды и эндогенное рудообразование. — М.: Недра, 1975. — 224 с.

УДК 550.834

МЕТОДИКА И ТЕХНОЛОГИЯ УЧЕТА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Б. В. Монастырев, В. Б. Козак, А. И. Базаев, М. У. Тарамов
(ОАО "СибНАЦ"),

В. Б. Монастырев

(ГУП ХМАО НАЦ рационального недропользования имени В. И. Шпильмана)

Дан анализ состояния проблемы учета мозаичной мерзлоты при обработке и интерпретации данных сейсморазведки, полученных в северных районах Западной Сибири. Показаны ограничения традиционных средств решения этой задачи в процессе обработки и возможности учета неоднородностей в верхней части разреза при кинематической интерпретации. Отмечено, что корректный учет ВЧР необходим не только при решении кинематических задач. Рассмотрен авторский подход к решению задачи средне-низкочастотных аномалий времен в процессе глубокой обработки данных сейсморазведки. Предложена технология такой обработки и дана характеристика программных средств ее реализации. Рассмотрены примеры применения технологии на материалах сейсморазведки на севере Западной Сибири и отмечена высокая ее эффективность.

The analysis of a situation with solving a problem of correction for mosaic permafrost while processing and interpreting seismic data acquired in the northern areas of the Western Siberia is given. The limitations of conventional problem-solving techniques and capabilities to correct near-surface inhomogeneities in kinematic interpretation are shown. It is noted that the appropriate correction for a near-surface zone is needed not only at solving kinematic problems; the author approach which accounts for average- and low-frequency time anomalies in a process of in-depth seismic data processing is considered. Suggested is a technology of such the processing, and a characteristic of the software required is done. The examples of technology application using data of seismic surveys in the North of the Western Siberia are presented, and high efficiency of the technology is pointed out.

Специфика строения приповерхностной части разреза севера Западной Сибири — наличие зон многолетнемерзлых (ММП) и растепленных пород, которые проявляются как скоростные неоднородности и приводят к сильным искажениям параметров волновых полей, в частности осей синфазности — времен и амплитуд, вызывают значимые погрешности в результатах обработки и ошибки при построении сейсмогеологических моделей объектов.

Попытки устранить искажения в процессе обработки стандартными средствами часто не приводят к желаемым результатам из-за ограничений применяемых методов. При этом:

средне-низкочастотные компоненты аномалий (времен и амплитуд трасс сейсмограмм), обусловленные скоростными неоднородностями в верхней части разреза (ВЧР), зависят от времени отражений и вза-