

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ им. С. И. СУББОТИНА

На правах рукописи

ФИЛЬШТИНСКИЙ Лев Евгеньевич

УДК 550.83.017:553.98(477)

**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ДАНЫХ ПРИ ПРОГНОЗАХ
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ
УКРАИНЫ**

Специальность 04.00.12 — геофизические методы поисков
и разведки месторождений полезных ископаемых

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук

Киев — 1993 г.

AB 29.308

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Украинском государственном геолого-разведочном институте (УкрГГРИ)

Официальные оппоненты:

- доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент АН Украины Харитонов Олег Матвеевич.
- доктор физико-математических наук, профессор Кобрунов Александр Иванович.
- доктор технических наук Васильев Юрий Анатольевич.

Ведущая организация : Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН Украины

Защита состоится " 17 " марта 1994 г.

в 11 часов на заседании специализированного совета Д 016.02.01 при Институте геофизики им.С.И.Субботина АН Украины по адресу: 252680, г.Киев-142, проспект Палладина,32

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института
Автореферат разослан " 15 " февраля 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого совета

[Handwritten signature]
В.С.Гейко

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00777775 (1)

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Требования к качеству и информативности геофизической основы, используемой при прогнозах перспектив нефтегазоносности, неуклонно растут. Эти прогнозы, как и оценки ресурсов, неизбежно связаны с комплексированием разнородной информации и, в первую очередь, геофизической.

Методические и методические разработки по комплексированию со временем развивались, совершенствовались и внедрялись с немалой пользой. Но жизнь ставит новые задачи, появляются новые идеи и технические возможности, а следовательно необходимы новые исследования в области комплексирования, причем в диапазоне от мощных слоев литосферы до продуктивной пачки в рамках месторождения. Самыми острыми на данный момент являются задачи выявления и картирования поисковых объектов, которые по определенным физико-геологическим причинам слабо либо вовсе не проявляются при стандартных методах анализа ни в морфологическом, ни в параметрическом аспекте. Для решения актуальных геологических задач именно в таких условиях в диссертации рассматриваются методики комплексирования, которые отличаются от известных тем, что они представляют собой целостную совокупность разработанных автором оригинальных либо усовершенствованных им способов и приемов интерпретации геофизических данных. Полученные по этим методикам геологические результаты, вызывают интерес у научных и производственных организаций Украины, что подтверждено документально.

Цель и задачи разработок. Основная цель разработки состоит в повышении геологической эффективности комплексирования геофизических данных при реализации регионального, зонального и локального прогнозов нефтегазоносности. Задачи разработок состоят в следующем:

- создание новых и совершенствования известных способов структурно-тектонических построений, седиментационно-литмологического и вещественно-параметрического анализов, оценки промысловых характеристик перспективных горизонтов по наземно-скважинным геофизическим наблюдениям;
- развитие приемов геологического истолкования совокупности разнородных геофизических данных в рангах соответствующих масштабов;
- опробование и внедрение новых методических разработок в разнообразных геологических условиях Украины.

При разработке должны были соблюдаться следующие требования:

- использование унифицированной, отредактированной и максимализированной по качеству исходной геофизической информации;

-- контроль по доступным в конкретных условиях геолого-геофизическим моделям /тектонотип, опорный разрез, репер, ритмит, литотип, параметрический эквивалент и т.д./;

- возможность применения современных автоматизированных средств при массовой интерпретации.

Н а у ч н а я н о в и з н а . В результате комплексных работ предложены:

- базовые модели геолого-параметрической интерпретации в геофизических символах, именно: литологическая изменчивость - псевдоимпульсная резонансно-эффективная модель отраженного сигнала; степень слоистости и коллекторские свойства - частотно-резонансные и поглощающие характеристики отражающей пачки; тип и интенсивность флюидонасыщения - совместная изменчивость модулей резонансных характеристик по энергии и частоте отраженной волны; тип литмита - совокупность векторов направленного изменения резонансных частот и энергий; суммарная теплопроводность - средняя скорость продольной сейсмической волны и суммарная электропроводность разреза;

- приемы обобщения разнородных физических полей в рамках литосферы, их унифицирование на базе плотностной модели;

- приемы интерпретации при исследовании геологической природы геофизических аномалий, характера взаимоотношений структур чехла и фундамента, картировании глубинных границ земной коры при геотектоническом районировании в условиях неопределенности стиля строения;

- приемы сеймостратиграфического расчленения временного разреза по типам литоседиментационных циклитов в условиях адинамично-прерывистой сейсмической записи;

- способы оценок коллекторских свойств по данным сейморазведки и электроразведки;

- приемы геометризации целевых горизонтов, прогноза разрывной тектоники и типов седиментационных фаций по совокупности геолого-геофизических характеристик;

- приемы интерпретации высокоточных гравиметровых данных при изучении сложнопостроенных структур;

- приемы количественного анализа термометрических данных при оценке перспективности выявленных объектов;

- способы детального изучения и пространственного картирования продуктивных горизонтов по кинематике поля изохрон, резонансным характеристикам отраженного сигнала и его импульсному эффективному представлению;

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

— Научно-методическая разработка, включающая комплекс предложенных автором способов и приемов интерпретации геофизических данных для решения актуальных геологических задач в условиях неустойчиво расчлененных сред на этапах регионального, зонального и локального прогнозов.

Основные позиции и регионы внедрения методики комплексирования:

а/ Региональный прогноз: поэтажное представление и характер взаимоотношений послонных геофизических моделей литосферы юго-запада Украины, геофизическое обоснование принципиальных черт морфоструктуры автохтонного ложа Карпат, геотектоническое районирование, выявление промежуточного осадочного комплекса в зоне обрамления Восточно-Европейской платформы.

б/ Зональный прогноз: сейсмостратиграфическое расчленение слабоконтрастных толщ, прогнозирование коллекторских свойств по поглощению и частотным параметрам сейсмических волн, количественный анализ данных гравиметрии и термометрии, картирование малоамплитудных дислокаций и седиментационных фаций по совокупности геофизической информации, обоснование признаков и прогноз ловушек /Предкарпатский, Закарпатский и Львовский палеозойский прогибы/.

в/ Локальный прогноз: пространственное изучение седиментационных, литмологических и промысловых характеристик продуктивных горизонтов по сейсмическим скважинно-наземным наблюдениям, комплексные оценки степени перспективности участков в пределах подготовленных к бурению объектов и разведываемых месторождений. /Закарпатский, Предкарпатский, Львовский, палеозойский, Предобруджский, Северо-Крымский, Индоло-Кубанский прогибы и Днепровско-Донецкая впадина/.

Практическая ценность и реализация работы.

Параметрические тонкослоистые модели эталонных скважинных разрезов и синтезированные по ним физические поля позволяют:

а/ определять эффективные направления и приемы интерпретации;
б/ экспериментально обосновывать и уточнять количественные связи наземных и скважинных геофизических характеристик; в/ осуществлять геологический прогноз в рамках заданных масштабов и разрешающей способности полевых методов.

Комплексная геофизическая модель литосферы юго-запада Украины, рассмотренная с позиций взаимоотношений слагающих ее послонных

структур и неоднородностей, вскрыла проявление здесь своеобразных геодинамических процессов, свойственных как плитной тектонике, так и региональной изостазии. Новые данные автора по морфоструктуре и гипсометрии домиоценового ложа Восточных Карпат, глубинному строению и границе Восточно-Европейской платформы в пределах Украины использованы при государственном издании карт тектонического и нефтегазоперспективного районирования.

Структурные карты, схемы распределения коллекторов и ловушек комбинированного типа, составленные в рамках зональных прогнозов нефтегазоносности по предложенным автором способам и приемам, использованы геологическими организациями, ведущими поисковые работы на западе и юге Украины.

Материалы автора по пространственному районированию продуктивных горизонтов на месторождениях Русские-Комаровцы - в Закарпатье, Лопушна и Южный Гвиздь - в Предкарпатье, Поворотном, Татьяновском, Степном и Саратовском - в Крыму и Западном Причерноморье, Разумовском, Рясковском и Кисовском - в ДДВ, а также на ряде структур, подготовленных к поисковому бурению в тех же регионах, используются в той или иной мере геологическими службами Украины.

Отдельные позиции методики комплексирования внедрены в Западно-Украинской /ЗУГРЭ/, Восточно-Украинской /ВУГРЭ/ и Крымской /КГЭ/ геофизических экспедициях, а частные геологические прогнозы - в ГПО "Западукргеология" и ГПО "Крымгеология". Документированный экономический эффект по завершаемым в 1982-89 гг. внедрениям /I и III группы/ составил около I млн.руб.

По теме диссертации сделано около двух десятков научных сообщений на Международном конгрессе, всесоюзных и республиканских симпозиумах и школах-семинарах, опубликовано около 60 работ.

Структура работы. Диссертация объемом 183 стр. текста состоит из введения, 4 глав, заключения, 58 рисунков, 5 таблиц, списка литературы /126 наименований/.

При выполнении комплексных работ автору оказывали поддержку: В.И.Аронов, С.Г.Аникеев, В.Я.Биличенко, Г.Л.Вернштейн, М.Д.Будеркевич, О.М.Будкевич, И.Б.Вишняков, А.И.Воробьев, М.А.Вуль, М.Е.Герасимов, В.В.Глушко, Н.Е.Гринь, Е.С.Дворянин, С.Г.Думанский, В.А.Дядюда, В.Я.Золотаренко, М.М.Иванюта, Т.С.Изотова, Г.И.Каратаев, В.И.Карпенко, Ю.А.Киселев, А.И.Кобрунов, В.Г.Козленко, И.К.Кондратьев, Ю.З.Крупский, С.С.Круглов, Е.Е.Лазько, Д.Н.Лящук, И.В.Лескив, Р.П.Мошан, И.Г.Овряцкий, Н.И.Павленкова, Р.В.Палинский, Г.И.Петкевич,

Б.М.Полухтович, М.В.Рапопорт, М.Г.Распопова, Д.И.Рудницкая, Е.И.Сагалова, А.Ф.Сапужак, Я.С.Сапужак, Р.С.Сейфуллин, В.Н.Стасула, Н.С.Субботина, С.П.Терпиляк, Ю.В.Тимошин, Н.А.Трапезникова, Ю.К.Тяпкин, Н.К.Фурс, А.В.Хижняков, В.И.Хныкин, Н.И.Якубецкая, которым автор очень признателен.

1. ЭТАЛОННОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Способы параметризации эталонных разрезов.

Физические, литмологические и промышленные модели

Разномасштабность задач, разнородность геофизической информации, необходимость выбора эффективных приемов анализа и интерпретации материала предопределили авторский подход к созданию параметрического обеспечения для прогнозов.

Принципиальные аспекты методики расчленения и параметризации эталонных разрезов заключается в следующем:

- детальность расчленения ограничена размерами каротажных зондов при ГИС;
- границы слоев /пачек, комплексов/ определяются степенью однородности и дисперсией параметров с учетом оценки точности их измерений или вычисления по корреляционным зависимостям;
- аппроксимация моделей производится с учетом разрешающей способности используемых методов.

Эталонные разрезы, вне зависимости от ранга аппроксимации, обязательно включают в себя литофациальную колонку, а в соответствии с используемыми полевыми геофизическими методами такие одномерные характеристики:

- физические модели: распределение пластовой и средней скорости, поглощения, коэффициентов отражения, плотности, электрического сопротивления, теплопроводности, а также характерные сейсмические волнограммы, сейсмостратиграфические образы целевых объектов;
- литмологические модели: распределение толщин и приращений акустической жесткости в скалярных и векторных показателях, распределение удельного содержания литотипов в фиксированных интервалах;
- промышленные модели: распределение удельного содержания эффективной мощности коллекторов, пористости, емкости и показателей их нефтегазонасыщенности.

При отсутствии прямых параметрических измерений /каротаж, лабораторные исследования/ производятся косвенные оценки параметров с применением парных либо многомерных корреляционных связей.

Так, акустические параметры тонких пластов, полученные непосредственно либо через кажущееся электрическое сопротивление, калибровались по данным сейсмического каротажа. Взаимные оценки пластовой скорости и плотности производились с учетом степени карбонатности по регрессиям, предложенным автором. Уточнялись для конкретных разрезов количественные связи между пластовой скоростью и поглощением, а также между скоростью и теплопроводностью пород. Автором предложено использовать интегральные свойства средней скорости и электропроводности для оценки суммарной теплопроводности неоднородного разреза. Автором разработана техника построения скалярных и векторных моделей, имитирующих изменчивость слоистости и акустической жесткости в связи с литофациальным отливом осадочных пород по эталонному разрезу. Для классификации типов разреза предложено составлять графики удельного содержания основных литотипов. Связь сейсмического отклика с литологией разреза предложено определять путем сопоставления коммулятивных графиков, характеризующих изменчивость содержания "мягких" /либо "жестких"/ компонентов в различных по толщине интервалах. Автором предложено использовать поглощение и показатель слоистости разреза при оценках удельного содержания коллекторов.

Выбор видов и содержания физических, литологических и параметрических моделей в тех или иных рангах определяется, в конечном счете, практической возможностью их получения по данным полевых геофизических наблюдений. Увязка вышеупомянутых моделей с эталонными литофациальными колонками создает предпосылки для решения самых разнообразных задач прогноза нефтегазоносности.

1.2. Синтезирование математических моделей при определении возможностей интерпретации /на примере сейсморазведки/

Автором показано, что при изучении некоторых важных вопросов интерпретации вполне допустимо пользоваться двумерными и одномерными математическими моделями волнового поля изохрон, особенно, когда удастся имитировать геологические и геофизические условия, близкие к реальным. По двумерным волновым моделям реальных сред были выполнены экспериментальные оценки эффективности и "чистоты" воздействия применяемых в сейсморазведке процедур ослабления помех, миграции, регуляризации и деконволюции. Это позволило сделать вы-

воды о возможности решения обратных кинематических и динамических задач по суммарным разрезам как до, так и после применения глубокого графа обработки.

В частности, для платформенных разрезов с неустойчивыми акустическими реперами в условиях разнотипных интенсивных регулярных и нерегулярных помех на двумерных моделях показано, что после применения репрессивных процедур в остаточном волновом поле t_0 , даже при удовлетворительных отношениях сигнал-помеха, существенно искажены энергетические характеристики отраженных волн исходного разреза. Несколько благополучнее обстоит дело с их спектральными свойствами. Это дает основание сделать вывод о приоритете частотно-спектрального подхода к сейсмостратиграфической и параметрической интерпретации временных разрезов в условиях вынужденного применения процедур подавления помех. Отмечено, что невыдержанность тонкослоистого разреза часто приводит к криволинейности осей синфазности, что связано с наличием седиментационных тел, но воспринимается как проявление тектонических элементов разреза. В связи с этим, структурные построения предложено выполнять по целевым горизонтам, соответствующим межформационным разделам /несогласиям/ ввиду относительной акустической гладкости их надреперной части /трансгрессивный тип осадков/ и палеотектонической информативности таких границ. Отражающие горизонты, приуроченные к внутриформационным границам, следует использовать для оконтуривания и изучения латеральной неоднородности седиментационных и геоморфологических объектов. По одномерным волновым моделям реальных сред показано как можно оценивать форму сигнала, влияние его периодичности и преобладающей частоты на прослеживаемость целевых горизонтов, уточнять энергетические соотношения кратных и многократных волн, изучать особенности структуры волновых пакетов в связи со слоистостью среды и характером поглощения. По большинству из упомянутых моментов даны практические предложения, касающиеся и интерпретации, и оптимальности технологии полевых наблюдений.

Одномерные теоретические модели использованы также для обоснования корректности применения таких процедур, как спектрально-временной анализ волнового поля /СВАН/ в целях литмологической интерпретации, а также приемов получения спектральных характеристик среды для изучения морфологии слабоконтрастных седиментационных тел внутри целевых горизонтов: биостромы, линзы и др.

При моделировании использованы программы Баранова-Конетца, Трапезниковой, Гриня, Тяпкина.

1.3. Практические приложения оценок качества геофизической информации

На примере анализа волнового поля показано, что разнотипные количественные характеристики качества информации /отношение сигнал-помеха, когерентность, разрешенность, энтропия, преобладающая частота записи, ширина спектра/ в дополнение к визуальным оценкам позволяют более объективно, с учетом физической сущности описываемых эффектов выбирать подходящий вид материала, оптимизировать последовательность процедур обработки, уточнять эффективные параметры наблюдений.

Выработанные критерии и практические рекомендации пригодны и для анализа потенциальных полей и сводятся к следующему:

- при определении метрологической кондиционности исходного материала целесообразно использовать разнотипные показатели качества, при этом обязательно сохранение таких соотношений между трендами разнотипных характеристик, какие отвечают их физическому смыслу;
 - максимизация одновременно по всем показателям качества при использовании обрабатывающих процедур /после достижения оптимума/ в дальнейшем невозможна, поскольку желаемое улучшение одних показателей неизбежно приводит к относительному ухудшению других.
- Сформулирован принцип "эквивалентности суммарного качества информации"

1.4. Обоснование методологии исследований

Полученные модели использованы не только в качестве эталонных и контрольных на различных этапах качественной и количественной интерпретации, включая решение прямых и обратных геофизических задач. Анализ особенностей физико-литологической дифференциации и ее пространственной изменчивости позволил выработать методологию комплексных исследований в зависимости от масштабов и детальности актуальных геологических задач в нефтегазоносных областях Украины.

При мелкомасштабных региональных исследованиях строения земной коры принимался во внимание, главным образом, характер латеральной и послойно-вертикальной изменчивости трендовых составляющих и степень выраженности физических границ, что учитывалось при исследовании геологической природы сейсмических откликов по материалам КМТВ-ГСЗ, а также количественном анализе аномальности верхних структурных этажей и содержательном истолковании по совокупности методов.

В рамках зонального и локального прогнозов принималась во внимание изменчивость тонкослоистого разреза. На многочисленных харак-

терных моделях реальных сред и по синтезированным волновым полям показаны причины прерывистой, пересекающей стратиграфические уровни, корреляции отраженных волн. Исходя из принципов сейсмостратиграфической и вещественно-параметрической интерпретации высокого разрешения сформулированы эффективные графы обработки /включающие минимум репрессивных процедур и их направленную последовательность/ регламентированы геологические уровни в осадочном чехле; какие целесообразно использовать для решения задач тектоники, а какие - для палеоморфологии и ПГР; показана необходимость моделирования волновых полей и спектральных характеристик среды для выяснения возможностей и погрешностей интерпретации.

Параметрические и модельные исследования позволили обосновать практическую применимость разномасштабной интерпретации данных сейсморазведки /от первых единиц длины волны до ее долей/ при среднем уровне качества и адинамичности суммарных разрезов, т.е. когда сейсмостратиграфическая и параметрическая интерпретация считаются некорректными. Обоснован также комплекс способов и приемов, включающий седиментационно-литмологический прогноз по данным спектрально-временного анализа /альтернатива или дополнение сейсмостратиграфическому расчленению/, выделение маломощных седиментационных тел по спектральным характеристикам среды /альтернатива или дополнение морфологическому анализу временных разрезов/, коллекторский прогноз по поглощению и резонансным частотам сейсмических волн /альтернатива или дополнение к оценкам по пластовым скоростям/, литофациальный прогноз в тонкослоистом пласте по совокупности резонансных и эффективных откликов /альтернатива или дополнение к псевдоакустическим преобразованиям временных разрезов/.

Возможность многопараметровых взаимопересчетов, в т.ч. по полученным корреляционным зависимостям, создала предпосылки для комплексного использования потенциальных геофизических полей, уточнения структурных построений МОГТ, выяснения природы температурных аномалий, прогноза малоамплитудной тектоники, интерпретации данных высокоточной гравиметровой съемки и построений пространственных моделей продуктивных пачек.

2. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ЭТАПЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗА

2.1. Принципы обобщения и интерпретации послыхных объемных моделей литосферы юго-запада Украины

Рассмотрены вопросы компоновки и анализа комплексной послыхной трехмерной геофизической модели литосферы юго-запада Украины. Многоплановый ряд геофизических полей и схем составлен так, чтобы восходящая их последовательность соответствовала глубинности отклика. В аномалиях теплового потока в первом приближении отражено /с временным запаздыванием/ энергетическое состояние вещества верхних уровней тектоносферы, в аномалиях геоэлектрических параметров – глубина и неоднородность проводящих слоев литосферы, в кинематических аномалиях волнового поля ГСЗ-КМПВ – структура и неоднородности земной коры, в аномалиях магнитного поля – структура и неоднородность консолидированных образований коры, в аномалиях гравитационного поля – структура и неоднородности чехла и основания, в схемах неотектонических аномалий, дешифрирования космоснимков и повторных нивелировок – активность новейшего и современного этапов развития земной коры соответственно. Некоторые из послыхных моделей /схемы рельефа поверхности проводящего слоя литосферы, автохтонного основания Карпат и байкальского фундамента Преддобруджского прогиба/ предложены автором; а ряд других – схемы элементов складчатой и разрывной структуры чехла и основания – несколько дополнены. Структурные построения обеспечены материалами сейсмического каротажа и оценок скорости по данным КМПВ. Физическая природа послыхных аномалий исследована на основе петрофизических данных. Критерии истолкования учитывали территориальную принадлежность к исходным глубинным эталонам. Получены предпосылки существования латерально-неоднородного проводящего слоя в литосферной пластине юго-запада Украины, его влияния на изменчивость толщины земной коры, региональную изостазию, неотектонические процессы, современные движения. Выявленные аномалии в строении и динамическом развитии литосферы отмечаются в нарушениях нормальных связей между региональными составляющими физических полей.

2.2. Унифицированная геофизическая и геодинамическая модели покрова и ложа Восточных Карпат

Сводная петролого-геофизическая модель Восточных Карпат составлена по геотраверсу П, вдоль которого пробурен профиль параметрических скважин и выполнены основные виды геофизических исследований.

Модель представляет собой разрез по универсальному параметру — "плотность", удовлетворяющий количественно — наблюдаемым аномалиям силы тяжести и качественно — магнитному, тепловому и геоэлектрическому полям. Основная ее особенность — высокая нарастающая градиентность плотности /скорости/ по латерали и вертикали в направлении от внешних покровов к внутренним. Исходя из такой картины, поверхность дофлишевого основания приурочивается к верхним по разрезу уровням отражающих горизонтов. Природа волн, регистрируемых в первых вступлениях при ЮМПВ, связывается с рефракцией в градиентной среде флишевых покровов, а не с преломлением на верхней границе основания Карпат, как это считалось ранее. В связи с этим принципиально изменена прежняя модель гипсометрии автохтона Карпат: его поверхность углубляется /а не воздымается/ с востока на запад.

Существование сопряженных с отражающими элементами разреза интервальных аномалий скорости различного знака дало основание предполагать связь этих отражений с тонкослоистой структурой ряда глубинных скоростных уровней коры, к которым могут быть приурочены фронты метаморфизма, включающие слои инверсии плотности /волноводы/. Глубинность таких площадок соответствует уровню, на котором начинает проявляться дислокационная ползучесть. В этой связи возрастает вероятность горизонтальных перемещений отдельных блоков и клиновидных пластин коры вдоль волноводов при наличии тангенциальных сил. Детальность скоростной модели коры по геотраверсу П может быть существенно увеличена лишь при обеспечении соответствующей кондиционности наблюдений ЮМПВ-ГСЗ-МОГТ.

Характер распределения плотности в области Закарпатского глубинного разлома позволяет считать, что последний представляет собой зону субдукции — сuture /рубца или шва/, с которым связано образование складчатости — покровных сооружений альпийского типа. Составлена мелкомасштабная структурно-тектоническая схема рельефа дофлишевого ложа Карпат, иллюстрирующая морфологический фрагмент поглощения коры в зоне глубинного шва.

Тектонофизические процессы формирования флишевого покрова связываются с близостью мощного Паннонского теплового очага /латерально-неоднородный метаморфизм и массоперенос в коре, охвативший флишевые и залегающие под ним породы основания/. Диагностируется обстановка кинематического воздействия пары сил, приложенных к основанию и флишевому чехлу, в результате чего произошло существенное сокращение горизонтальных размеров ложа Карпат, максимальное сжатие в "рубцовой" зоне, образование многоярусных покровов во внешних областях Карпатской геосинклинали.

2.3. Приемы геотектонического районирования. Уточнение границы Восточно-Европейской платформы - ВЕП /Львовский палеозойский и Преддобруджский прогибы/

При определении границы дорифейской платформы на юго-западе Украины в геофизическом аспекте автор учитывает пространственные особенности в размещении структур чехла и фундамента, закартированные по данным МОВ и КМПВ, а также их соотношения с характером гравитационного и магнитного полей.

Фрагментарно переинтерпретированы материалы КМПВ во Львовском палеозойском и почти полностью - в Преддобруджском прогибе с применением способов редуцированных годографов, эффективных скоростей и выборочным моделированием кинематики преломленно-рефрагированных волн. Структурные построения выполнены по ряду скоростных уровней, произведена стратификация и идентификация горизонтов по глубоким скважинам. Намечена граница между участками с различным возрастом преломляющих поверхностей, уточнены морфорельеф скоростных разделов и разломная тектоника.

Произведена выборочная переинтерпретация материалов МОВ-РП в сложнопостроенных складчатых пограничных зонах, с целью уточнения их стиля строения.

По прихотливым узорам линеаментов, проявляющихся в аномалиях магнитного и гравитационного полей, выявлены закономерности в простираниях складчатых структур и разрывных нарушений фундамента и чехла. Привлечены также данные космодешифрирования и количественное моделирование полей. Установлено, что смена дорифейских дислокаций фанерозойскими, происходит постепенно. Их разделяют "переходные" области, где наблюдается неполяризованность реликтов складчатых структур фундамента. Рифейские отложения имеют здесь черты

типичного промежуточного комплекса с наложенной на них более поздней регенерацией складчатых движений. Контуры "переходной" области определяются направлениями /совокупностью/ молодых и древних дислокаций.

К "переходным", перспективным в смысле нефтегазоносности областям края добайкальской платформы отнесены западные части Львовского палеозойского и Преддобруджского прогибов. Граница ВЕП на юго-западе Украины уточнена по крупнейшим разломам, швам и крайним элементам последней линейной активизации.

3. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ЭТАПЕ ЗОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗА

3.1. Приемы интерпретации данных сейсморазведки при картировании неструктурных ловушек в неустойчиво- расчлененных средах /Львовский палеозойский прогиб/

При поисках ловушек с литологическими, стратиграфическими и тектоническими экранами используются приемы сейсмостратиграфического анализа /СА/, дополняемые параметрическим прогнозом геологического разреза /ПГР/. Однако, при отсутствии в разрезе акустически выдержанных границ, например в межреперных интервалах и, вследствие этого, низком отношении сигнал/шум и неустойчивой корреляции отражений, стандартные приемы СА и ПГР становятся мало действенными.

В целях повышения геологической эффективности сейсморазведки в слабо расчлененных разрезах, автором предложено использовать спектральные процедуры в двух модификациях: а/ без учета формы падающего импульса, - т.е. разложение отраженного сигнала по гармоническим составляющим, или спектрально-временной анализ /"СВАН"/ и б/ с учетом формы импульса, - т.е. оценка спектральных характеристик среды /"СХ"/.

Процедура СВАН предлагается для отождествления границ стратифицированных седиментационных тел: крупного и среднего ранга - ярус, горизонт, парагенетически связанные слои. Это необходимо для выяснения тектонических аспектов строения.

Процедурой СХ предлагается вычленять из волнового поля визуально скрытые палеогеоморфологические тела: песчаные линзы, бары, биостромы.

В отличие от известных приемов применения аппаратов спектрально-временного анализа /Мушин, Бродов, 1986/ и частотно-временных зондирований /Жушин, 1987/, автором предложено использовать гибкоуправляемые резонансные фильтры колокольного типа, разработанные в сейсмологии /программа SVANA, Левшин, Крырод, 1987/. Для применения SVANA в прикладной сейсморазведке ее форматы согласованы с системой СЦС-3. Автором разработана техника согласования параметров резонансных фильтров с разноранговыми седиментационно-литмологическими моделями эталонных разрезов. Показано, что для устойчивого решения задач сеймостратиграфического расчленения адинамичных временных разрезов ранг выделяемых сейсмоциклитов должен соответствовать двум и более длинам сейсмической волны. Возможно и более детальное расчленение разреза, однако это уже выходит за рамки зонального сеймостратиграфического анализа и относится к задачам локального прогноза, что будет рассмотрено в разделе 4.

Сопоставимость геологических моделей направленного изменения элементарных толщин /данные комплекса ГИС/ и сейсмических моделей векторов направленного изменения резонансных частот по преобладающему числу интервалов эталонных скважин - вполне удовлетворительная. Однако отмечено, что сходство по направленности векторов еще не определяет их тождественности в аспекте циклического истолкования. Сейсмоциклические модели в редких случаях адекватны седиментационным циклитам. Например, тонко-дисперсные, но мощные /глинистые/ пакки проявляются обычно пониженными частотами, что "противоречит" стандартной модели сейсмоциклита.

При истолковании изменений частот и энергий вдоль горизонта основным критерием является соответствие векторов направленности эталонным моделям: их обращение свидетельствует о циклической разобщенности интервалов, что связано с литологическим замещением либо со смещением по тектоническому нарушению. Характер изменения в направленности векторов по вертикали позволяет выделять на динамически слабовыраженном временном разрезе границы разномасштабных седиментационно разобщенных комплексов /перерывы/ либо границы парагенетически связанных толщ с единой тенденцией развития, но отличающиеся интенсивностью накопления осадков. Тем самым появляется возможность восстанавливать слабые границы и изучать их морфологию. В работе даны примеры профильной сеймостратиграфической интерпретации в условиях адинамичных разрезов Вольно-Подолии и Закарпатья.

Возможность изучения седиментационных тел на более детальном уровне реализуется приемами "СХ", использующими интерференционные процессы, возникающие при конверсии падающего импульса. Информация об изменчивости толщин резонирующих слоев целевого интервала содержится в его спектральной характеристике.

СХ обладает сложнопериодическим характером и не всегда поддается однозначной интерпретации. Исходя из эффективной модели тонкого слоя, за показатель его временной мощности принимается первое резонансное разрастание СХ. Автором разработана простая технология оценок СХ посредством определения амплитудных спектров /АС/ в узком окне /порядка удвоенной величины периода записи/ и спектра сигнала /СС/ в широком окне /порядка 30-50 периодов сейсмической записи/. Для получения устойчивых результатов АС и СС осредняются по десяткам трасс на базе 2-3 длин сейсмической волны. По результатам оценок строятся вертикальные карты толщин элементарных седиментационных тел /слоев/ в целевом стратиграфическом интервале. Предложенные приемы использованы для трассирования пластовых биостромных тел и участков выклинивания терригенного коллектора. Получена удовлетворительная сходимость с данными ГИС /Вольно-Подолля, Закарпатье/.

3.2. Способы прогнозирования коллекторских свойств целевых интервалов по данным сейсморазведки и электроразведки /Львовский палеозойский, Предкарпатский и Закарпатский прогибы/

Для изучения емкостных свойств автором предлагается использовать декременты неупругого поглощения продольных волн в диапазоне рабочих частот сейсмической записи. Физический механизм поглощения известен по теоретическим и экспериментальным работам. Практические приемы определения аномального поглощения заимствованы из методики КМПП, однако, в отличие от нее, поглощение оценивается в существенно меньших временных интервалах. Величина интервала должна обеспечить, с одной стороны, достаточное осреднение результата и, одновременно, сохранить основные особенности импульсной сейсмограммы изучаемой части разреза. Тем самым, в эффекте поглощения опосредуется одновременно ряд факторов, в т.ч. слоистость, но определяющим из них является емкость /суммарная пустотность/ порового пространства. Такой вывод подтвержден экспериментально хорошей коррелируемостью поглощения с емкостными характеристиками разреза на основе данных по подсчетным параметрам на месторождениях.

Декременты поглощения определяются по исходным сейсмограммам. Для ослабления волн-помех и повышения информативности применяются соответствующие процедуры вычитания, деконволюции, фильтрации, сглаживания и редакции. Аномалии декремента поглощения устойчивы на малых и средних глубинах, где фон кратных волн невелик; практическая разрешенность прогноза по вертикали порядка двух длин сейсмической волны. Это позволит использовать послышные аномалии декремента поглощения для прогнозирования потенциальных резервуаров. Установлена пространственная взаимосвязь контуров аномалий поглощения с рамой разломных дислокаций, что доказывает влияние эпигенетических процессов /перекристаллизации/ на формирование пластовых резервуаров и подтверждено данными бурения.

Более детальные по вертикали оценки коллекторских свойств автором предложено выполнять по мгновенным частотам /гильбертовым преобразованиям/ суммарного временного разреза, где отношение сигнал-помеха существенно выше. По таким разрезам частоты устойчиво определяются в сравнительно небольших временных интервалах /примерно, длина сейсмической волны/.

Мгновенные частоты смещены по отношению к истинным преобладающим частотам сейсмической записи. Кроме того, их физическая природа связана с акустической расслоенностью разреза, а не его коллекторскими свойствами. Решение было найдено, исходя из геолого-геофизической модели анализируемой среды /коллектор-флюидоупор/, что позволяет проследить связь частоты с определенным компонентом акустической модели. Так, в преимущественно глинистых разрезах /в рамках длины волны/ повышение частоты связано с увеличением числа песчаных прослоев, а следовательно, указывает на увеличение суммарной мощности пород-коллекторов. В средах, где преобладают песчаные фации, увеличение частоты коррелируется с относительным возрастанием глинистости, т.е. для данной модели связь коллекторских свойств с частотой - обратная. Аналогично обстоит дело с плотными и проницаемыми разностями монотонного разреза.

Разработана технологическая процедура прогноза удельного содержания коллекторов по аномалиям поглощения и мгновенным частотам, включающая классификацию целевых интервалов по литотипу, эталонную оценку по ГИС, построение карт изохрон, декрементов поглощения и мгновенных частот, уравнивание параметров по замкнутым полигонам, построение полей корреляции сейсмических и промысловых характеристик, составление прогнозных схем. Для подчеркивания локальных составляющих прогнозируемых характеристик использованы методы тренд-

анализа. Коллекторский прогноз апробирован в Предкарпатском и Закарпатском прогибах.

Автором предложен способ оценки пористости путем совместного использования поглощения и мгновенных частот. Так, принимая во внимание линейную связь емкости целевого интервала с суммарной мощностью коллекторов и весовым коэффициентом пористости, можно раскрыть изменчивость последнего. Мощность коллектора в этом случае оценивается по мгновенным частотам и суммируется в рамках интервала, по которому независимо определена емкость по поглощению сейсмической волны.

Для этих же целей можно привлечь данные электроразведки. Применение способов послойной количественной интерпретации материалов электрических /ВЭЗ/ или электромагнитных /ЗС/ зондирований в параметрическом варианте представляет дополнительную возможность оценивать коллекторские свойства, что основывается на высокой чувствительности электрических параметров к литологическим особенностям и фациальной изменчивости пород, на порядок превосходящей параметр "скорость". Чтобы исключить фактор эквивалентности, параметрическую интерпретацию ВЭЗ /или ЗС/ рекомендуется проводить в комплексе с данными сейсмического погоризонтного расчленения разреза, чтобы обеспечить оценку параметра "толщина" целевого интервала.

Величины среднепродольного сопротивления в терригенном разрезе определяются соотношением "проводящих" и "непроводящих" компонентов /глины - песчаники; глины - известняки и т.д./. Эталонные значения сопротивления пород-флюидупоров и пород-коллекторов оцениваются по материалам ГИС /ЭК, ВКЗ/. Прогноз удельного содержания пород-коллекторов по заданному интервалу осуществляется с учетом изменений послойных показателей продольного сопротивления /проводимости/ с коррекцией на эталонные привалки /пространственная корреляционная схема интерполяции/. При слабой электрической расчлененности разреза либо уменьшении с глубиной чувствительности кривых сопротивления /проводимости/ предлагается вычислительная схема по типу оценок нормированных трансформаций.

Приемы прогноза коллекторских свойств по данным электроразведки апробированы в условиях Предкарпатского прогиба.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

3.3. Математические методы при картировании малоамплитудных пликативных и разрывных дислокаций и прогнозе седиментационных фаций органогенных построек /Львовский палеозойский прогиб/

Разработанные автором приемы формализованного /математического/ комплексирования геолого-геофизических данных основываются на унификации, трансформации, редактировании, выборе наиболее информативных характеристик прогнозирования и распознавания образов, коррекции и экстраполяции. Предусматривается использование автоматизированных систем. В качестве косвенной информации использованы аномалии вертикальных и горизонтальных производных потенциальных полей по данным крупномасштабных гравиметровой и аэромагнитной съемок, послонные схемы аномалий поглощений сейсмических волн, материалы дешифрирования аэросъемок и геоморфологических исследований. Прямая информация включала сейсмические построения по условно-отражающим горизонтам и данные поискового и структурного бурения.

Решались следующие задачи:

- уточнение структурных построений МОГТ по продуктивным горизонтам /детализация малоамплитудных пликативных форм/;
- картирование линейментов малоамплитудной разломной тектоники по преобладающим геотектоническим направлениям;
- прогноз площадей развития органогенных построек с разделением на ядерные и периферийные /шлейфовые/ фации по целевым стратиграфическим уровням.

Приемы уточнения структурных построений МОГТ включают процедуры: перенос /с помощью вектора многомерной корреляционной функции/ целевого сейсмического горизонта на вспомогательный стратиграфический уровень, обеспеченный представительным числом скважинных реперов; коррекция структурных построений по эталонным и контрольным реперам на вспомогательном уровне и обратная экстраполяция уточненных по косвенным признакам построений на целевой уровень.

Выбор вектора многомерной корреляции осуществляется перебором и определяется наилучшей сходимостью с эталонными и контрольными реперами.

Практическая ценность уточненных построений, произведенных как на целевых, так и вспомогательных уровнях, состоит в том, что они не только обогащены новыми важными для решения поисковых задач данными, но и не содержат, в отличие от сейсмических карт, невязок со скважинными реперами.

Приемы прогноза линеаментов малоамплитудной разрывной тектоники и фаций органогенных построек включают многовариантный групповой перебор наиболее информативных геологических и геофизических характеристик. Эффективность решения оценивается по критериям близости прогнозных и эталонных образов, четкости разделения зон утвердительных и запрещающих признаков, максимуму устойчивости машинного решения и минимуму отношения суммарной площади прогнозного объекта к общей площади исследования. В качестве эталона для контроля использованы материалы структурного и картировочного бурения.

С применением АПС "Припять" /Г.И.Каратаев и др./ выполнен прогноз малоамплитудных пликативных форм, разломной тектоники и зон развития седиментационных фаций органогенных построек, достигнута удовлетворительная сходимости с бурением. Намечены участки, где высока вероятность нахождения структурно-литологических и тектонических экранированных ловушек. Новые данные использованы при планировании поисковых работ.

3.4. Анализ температурных полей применительно к оценке перспективности выявленных объектов /Предкарпатский прогиб/

В последние годы интерес к результатам высокоточных геотермических съемок существенно снизился, в связи с тем, что не выработаны приемы учета факторов, влияющих на аномальное температурное поле.

Для решения нефтегазописковых задач важно уметь отделять температурные эффекты, обусловленные структурными и литологическими особенностями разреза от эффектов, обусловленных источниками нерадиогенного происхождения /нефтегазовая залежь/. В связи с этим автором предложено при количественном моделировании температурного поля использовать такие интегральные характеристики среды как средняя скорость и электропроводность, поскольку последние в завуалированном виде аппроксимируют сколь угодно сложное эквивалентное распределение неоднородностей разреза. Физическая связь этих характеристик с теплопроводностью /через плотность/ достаточно обусловлена. Уточненные их количественные соотношения устанавливаются экспериментально для конкретного типа разреза.

Автором показано, что подсчет температурного эффекта трехмерной модели осадочного чехла /при углах наклонов слоев $<15^\circ$ / может быть сведен к нахождению: а/ распределения по площади суммарной теплопроводности плоскопараллельной пластины заданной толщины,

включающей морфоструктурные и литологические компоненты анализируемой части разреза и б/ распределения фоновых составляющих тепловых потоков радиогенной природы.

Приводится практический пример совместной интерпретации температурных замеров по группе поисковых скважин и данных площадной высокоточной геотермической съемки в нейтральном слое /В.Г.Думанский/ на территории, изученной поисковой и скважинной сейсморазведкой. Здесь объемная изменчивость теплопроводности была оценена по картам средней скорости продольных волн до глубины заданного горизонтального среза /материалы сейсмокаротажа и МОГТ/. Модель изменчивости фоновых значений теплового потока получена по экспериментальным скважинным данным /Р.М.Кутас, В.В.Гордиенко/.

Расчитанное поле теоретических температур проанализировано с точки зрения возможных погрешностей, связанных с априорной информацией и влиянием неровностей физической поверхности Земли. Путем сопоставления теоретических и наблюдаемых в поисковых скважинах температурных аномалий оценена глубинность проникновения искажающего прогрева гелиотермозоны. Установлено, что сопоставимость моделируемых и наблюдаемых температурных аномалий по контрастности достигается лишь на глубинах первых сотен метров. На уровнях, близких к нейтральному слою, температурное поле геотермозоны существенно подавлено /8+10 раз/, а потому сопоставление с теоретическими аномалиями в таких случаях возможно лишь качественное.

Сравнительный морфоанализ температурных аномалий, выявленных геотермической съемкой в "нейтральном слое" и теоретических аномалий, полученных путем моделирования теплопроводности по аппроксимированному скоростному разрезу с учетом изменчивости теплового потока, позволил существенно ослабить структурно-литологические факторы, влияющие на наблюдаемое поле температур, и выделить объекты, представляющие особый поисковый интерес: аномалии "типа залежь", а также аномалии, связанные с зональной изменчивостью коллекторских свойств.

3.5. Интерпретация данных высокоточной гравиметрии при изучении сложнопостроенных объектов /Закарпатский прогиб/

Серьезное отставание интерпретационной базы высокоточных съемок от требований сегодняшнего дня связано с двумя основными причинами: а/ несовершенством средств и методики параметрического

обеспечения и б/ трудностью построения достоверной исходной модели /включая верхнюю часть разреза/ при использовании автоматизированных программных комплексов по решению обратной трехмерной задачи в условиях полифациальных сред.

В целях прослеживания скрытых неоднородностей разреза, к которым приурочены складчатые или разломные элементы нефтегазоперспективных структур, выявленные бурением, но не проявляющиеся по различным физико-геологическим причинам в материалах сейсморазведки /либо которые сами могут представлять интерес в качестве коллекторов или флюидоупоров/, автором разработана и апробирована методика объемной интерпретации высокоточного аномального поля силы тяжести, включающая следующие элементы:

- нахождение и использование косвенных связей электрического сопротивления и скорости волн по АК с плотностью пород /денситометрические определения/ для создания детальной плотностной модели изученной части объекта по данным ГИС и сейсморазведки, включая ВЧР - верхнюю часть разреза /первые вступления сейсмических волн при МОГТ/. Показано существенное влияние ВЧР на локальные аномалии силы тяжести, картируемые по материалам высокоточной съемки;

- регуляризация наблюдаемого поля с целью минимизации случайных погрешностей и резких влияний ВЧР, а также трансформация его в остаточные поля оптимальных радиусов осреднения для последующего совместного анализа с результатами решения обратной задачи;

- решение обратной задачи гравиметрии в объемном варианте /применена автоматизированная система АСИТМ "Карпаты" в модификации МАССА-3, авторы В.И.Кобрунов, С.Г.Аникеев/. Выбор оптимальных параметров обработки режимов ограничений и регуляризаций, составление синтетических, в т.ч. погоризонтных сечений, контроль и определение пространственных характеристик целевых объектов в совокупности с данными бурения и сейсморазведки.

Методика апробирована в условиях Закарпатья /Русско-Комаровский геолого-геофизический полигон/. Закартированы массивы пластовых гранитоидных интрузий и участки, обогащенных коллекторами, Результаты использованы при определении направлений поискового бурения.

3.6. Геолого-геофизические признаки и критерии новых типов ловушек /Львовский палеозойский прогиб/

Состояние разведанности этой территории таково, что связывать значительные приросты запасов углеводородов можно лишь с поисковыми объектами нетривиального типа:

Известно, что основные модели неантиклинальных ловушек, на которые ведутся поисковые работы, классифицируются по типу прямого экранирования /литологическое, стратиграфическое, тектоническое/. Автором выяснено, что в регионально развитых комплексах терригенного, карбонатного и смешанного составов, емкостные резервуары связаны также и с эпигенетическими факторами. Вторичные коллекторы зафиксированы фрагментарно по материалам параметрического и поискового бурения. Однако, выявить и подготовить к бурению латерально ограниченные резервуары не удается, поскольку не выработаны ясные и надежные геофизические критерии их картирования.

Автором предложено использовать для этих целей поинтервальные оценки аномалий декрементов поглощения сейсмических волн и материалы прогноза разломной палеотектоники по совокупности разнородной геофизической информации, включая трансформанты остаточных и геологически редуцированных аномалий силы тяжести.

Идея совместного использования геофизических материалов для изучения послонного распределения емкостных свойств среды и палеоследов постседиментационной активизации разломной тектонической рамы основывается на известном положении о контроле процессов эпигенетических процессов. При анализе полученных данных автор пришел к выводу, что вторичные метасоматические процессы, охватывающие первично отсортированные осадки, способствуют как залечиванию ранее образовавшихся пустот и трещин /кремнизация, кальцитизация/, так и образованию новых полостей. В связи с этим, физико-геологическая модель интерпретации аномалий декрементов поглощения в рассматриваемом случае предполагает емкостную изменчивость по латерали ввиду улучшения коллекторских свойств в разновозрастных пачках пород и прироста числа пористых прослоев. Причем, происходит это не столько за счет литофациальной изменчивости и смещений по тектоническим экранам, сколько из-за метасматоза в приразломных зонах.

Общность в ориентировке и характере размещения линейных дислокаций и ограничений емкостных неоднородностей в разновозрастных комплексах чехла свидетельствует о реальности существования латеральных экранов эпигенетической природы, что позволяет рассматривать проблему поисков экранированных резервуаров как актуальную и осуществимую. К первоочередным объектам поисков отнесены емкостные аномалии, расположенные в пределах разомкнутых пликативных складок. Установлены геолого-геофизические предпосылки наличия

замкнутых пластовых резервуаров в карбонатных комплексах Львовского палеозойского прогиба, не рассматривавшихся ранее, как перспективные /верхний девон/. Аналогичные резервуары, судя по сейсмическим, гравиметрическим и геолого-промышленным данным, широко распространены в осадочных комплексах Преддобруджского прогиба.

4. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ГИС НА ЭТАПАХ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА И РАЗВЕДКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. МЕТОДИКА ДЕТАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА /ДПР/

4.1. Обоснование и ключевые положения методики ДПР

Повышенные требования к надежности локальных прогнозов и материалам промышленной сейсморазведки обусловили необходимость разработки методики детального прогноза геологического разреза /ДПР/, в которой сочетаются прецизионные приемы построения пространственной модели резервуаров с оценками литмологических и промышленных характеристик продуктивных пачек.

Методика ДПР базируется на совместном использовании резонансных и эффективных откликов отраженного сигнала, их стратификации, глубинной привязке и согласовании со скважинной сейсмоакустикой. Теоретическое обоснование методики основывается на математических моделях волновых пакетов, полученных автором по разрезам с ритмической структурой /резонансные сейсмоциклиты/. Отмечены: а/ четкое соответствие резонансных энергий перепадам акустической жесткости, б/ прямая зависимость числа экстремумов волнового пакета и их гармонических параметров от количества и толщины прослоев отражающей пачки и, что очень существенно, отсутствие связи структуры пакета отраженной волны и его спектра на резонансе с видимой частотой падающего импульса. Последнее обстоятельство позволило автору сделать вывод о том, что обедненность спектра падающего сигнала высокими частотами не является непреодолимым препятствием для расшифровки тонкослоистой внутренней структуры пласта, залегающего на большой глубине, при условии его достаточной акустической дифференцированности. Аналогичные эффекты, связанные с внутрислоевыми реверберациями и подпитыванием за их счет энергии сейсмического отклика, были ранее подмечены геофизиками, занимавшимися исследованиями литосферы.

За счет дополнения эффективных откликов резонансными достигается детальность изучения внутренней структуры продуктивных пачек, соизмеримая со стандартным комплексом ГИС. Тем самым компенсируется снижение информативности временных разрезов, связанное с необратимым спадом разрешенности волнового поля на больших глубинах.

Импульсный эффективный отклик получают путем инверсного преобразования волнового поля в коэффициенты отражения /программа ЭПМ, авторы И.К.Кондратьев, Ю.А.Киселев/. Диссертантом показано, что эффективный отклик формируется в относительно небольшом вертикальном интервале, величина которого зависит от характера его расчлененности. Рассмотрены модели, при которых происходит "сползание" отклика по разрезу и смена его знака, когда отклик формируется попеременно на кровле и подошве пачки. Исследование литологической чувствительности откликов показали, что эффект кумулятивного накопления, которым определяется верхний порог их информативности, составляет 0,1-0,2 длины сейсмической волны. Отсюда следует вывод, что значительная часть разреза, заключенная между следующими друг за другом отражениями, практически не влияет на формирование эффективного отклика, и следовательно, ее строение остается не раскрытым. В то же время за счет внутрислойных ревербераций спектр отраженного сигнала насыщается резонансными компонентами, что делает принципиально возможным изучение "немой" части разреза.

Резонансные характеристики тонкослойной пачки получают путем спектрально-временных преобразований сигнала, осуществляемых настраиваемыми по чувствительности и частоте симметричными фильтрами колокольного типа /программа SVANA, А.Л.Левшин, Т.Л.Кронрод/. Выделенные по двумерным спектрам волнограммы сейсмические ритмы увязываются с акустическими, что позволяет решать вопрос об их тождественности и устанавливать количественные взаимосвязи резонансных частот с элементарными толщинами, а энергию сейсмического отклика с приращениями акустической жесткости в тонкослойной пачке.

Преобразование сейсмической трассы в вертикальную последовательность ритмопачек с одновременным определением резонансных характеристик на разделах между ними позволяет производить тонкие исследования динамики в объемах, соизмеримых с толщинами целевых пачек /горизонтов/.

На основе зависимости энергии и частот отраженного сигнала от внутренней структуры пачки, автором предложен алгоритм оценки совместного динамического параметра, которым учитывается изменчи-

вость слоистости и, одновременно, обобщаются эффекты затухания и поглощения сейсмической волны. В целевой интервал может быть включен единичный ритм или группа ритмов в зависимости от желаемой детальности. Для повышения устойчивости результата предусмотрены процедуры регуляризации.

4.2. Уточнение геометрической модели резервуаров

Структурные построения, выполняемые по целевым горизонтам даже на самых ответственных этапах, т.е. при подготовке объектов к поисковому бурению, содержат неточности, обусловленные недоучетом строения вышележащих комплексов /скоростные параметры, преломления на разделах, углы наклона и др./. Традиционные приемы решения обратной кинематической задачи, в т.ч. процедуры миграции, обладают существенным недостатком: они не контролируются строгими оценками точности геометризации, например путем решения прямой кинематической задачи. Это значительно снижает достоверность структурных построений и, следовательно, сопутствующих им исследований ПГР.

В связи с этим автором предложены приемы детальной геометризации пространственной модели резервуаров, основанные на совместном применении процедур кинематического моделирования поля t_0 суммарных разрезов ОГТ и традиционного динамического мигрирования разрезов по уточненной лучевым методом скоростной модели среды /программа "Луч", автор Е.И.Сагалова/.

Достаточно строгое решение обратной кинематической задачи осуществляется путем итерационного математического моделирования поля t_0 по априорно заданной толстослойной скоростной модели среды, включающей промежуточные и целевые уровни. Рекомендуется применение автоматизированной системы "ЕЛЕНА", базирующейся на критериальном алгоритме /авторы А.П.Петровский, А.И.Кобрунов/. Система обеспечивает построение сейсмических разрезов с учетом преломления на всех границах даже при отсутствии непрерывной корреляции. Преимущество критериального подхода к подбору модели состоит в том, что одновременно используется вся априорная, в т.ч. реперная информация, имеется возможность контроля получаемых решений в рамках заданной сходимости, увеличивается точность построений, восстанавливается модель целевого горизонта даже при отсутствии прямой от него информации, а также имеется возможность оценки класса регулярных волн, зарегистрированных на разрезе ОГТ.

Мигрированные разрезы ОГТ, построенные по уточненным лучевым методам скоростным моделям и содержащие, помимо геометрических, необходимые для ПГР частотно-амплитудные характеристики отраженных волн, совмещаются с разрезами, построенными по данным итерационного моделирования в глубинном масштабе. Это позволяет скорректировать мигрированные разрезы путем внесения уточняющих поправок за преломление и другие физико-геометрические факторы, не учитываемые миграцией. Динамические особенности волнового поля временного разреза в достаточной мере используются при последующем литмо-параметрическом анализе.

4.3. Построение двумерной псевдоимпульсной и литофациальной модели продуктивных пачек

Детальная псевдоимпульсная модель сейсмической трассы строится в соответствии с представлением о градинтно-периодическом характере внутреннего строения тонкослоистой пачки, сочетающем направленные литмологические свойства прослоев по толщинам и по жесткостям с "незакономерным" включением в их состав аномальных слоев, что приводит к внешне аритмичному виду детальных скоростных разрезов. Скрытая ритмичность /цикличность/ устанавливается по изменчивости резонансных частот и энергий по вертикали, а количественные соответствия последних толщинам элементарных слоев и приросту акустической жесткости между ними по эталонной акустике.

Соотношением /по модулю/ приращений акустической жесткости, оцененных независимо по коэффициентам отражения и по резонансным энергиям в текущих координатах, определяются вертикальные интервалы, в которых формируется эффективный отклик. Пространственная совмещенность коэффициента отражения и резонансной оценки позволяет снять неопределенность в распределении знака приращения акустической жесткости в тонкослоистом ритмиче. Характер распределения элементарных слоев по вертикали определяется путем интерполяции их толщин, оцененных по резонансным частотам в кровле и подошве ритмиче.

Восстановленная по предложенной схеме псевдоимпульсная модель сейсмической трассы по своей детальности соответствует аппроксимированной акустике эталонного скважинного разреза.

Тем не менее, единственность решения обратной динамической задачи, и, тем более, однозначность геологической интерпретации предложенными приемами построения двумерных разрезов не обеспечивается

без наложения дополнительных условий. Дело в том, что главная неопределенность возникает за счет : вариантности моделей распределения акустической жесткости и литотипов, а также при отсутствии четких критериев стратиграфической принадлежности эффективного отражения к кровле либо подошве эквивалентного слоя продуктивной пачки. Детальная привязка разреза псевдоимпульсных моделей сейсмических трасс к эталонным литофациальным колонкам и выработка количественных и качественных соотношений основных литотипов со знаками и величинами импульсных характеристик, позволяет строить тонкослоистые геологические модели продуктивных пачек, по которым можно проследить литофациальную изменчивость элементарных слоев /в символах основных литотипов/, и одновременно изменчивость их толщин, вплоть до исчезновения из разреза.

4.4. Приемы пространственного изучения литмологических и промысловых характеристик продуктивных пачек

Возможность оценок частот и энергий на резонансе по двумерным спектрам отраженного сигнала с помощью настроенных на целевой объект резонансных фильтров позволила автору разработать систему из четырех чувствительных показателей I, II, III, IV волнового поля, которые наиболее полно, в рамках выделяемых ритмов /литмитов/, характеризуют седиментационные, литофациальные, коллекторские и флюидные особенности продуктивной пачки:

I. Векторный показатель направленности изменения резонансных частот вверх по вертикали, который непосредственно характеризует литмит по элементарным толщинам, а косвенно указывает на его седиментационные свойства.

II. Векторный показатель направленности изменения резонансных энергий вверх по вертикали, который непосредственно характеризует литмит по акустической дифференцированности, а косвенно указывает на его вещественный состав.

III. Скалярный показатель изменчивости модуля резонансных частот по латерали, который непосредственно характеризует расчлененность разреза, а косвенно указывает на содержание коллекторских разностей.

IV. Скалярный показатель знака и величины совместного динамического параметра, который характеризует затухание резонансной энергии и поглощение резонансных частот, а косвенно указывает на тип флюидонасыщения /знак/ и в определенной мере на его степень /интенсивность/, либо на упруго-напряженное состояние коллектора.

Поскольку связи показателей I, П, III, IV с упомянутыми геологическими свойствами не однозначны, они уточняются по скважинным эталонным разрезам целевого интервала /пачки/. В частности, из-за различной свавей природы геологические модели седиментационных циклитов /проциклиты, рециклиты и их комбинации/ далеко не всегда адекватны сейсмическим циклитам. Например, в терригенных разрезах песчанистые слои в глинистой среде могут отображаться как повышением, так и понижением резонансных частот. Поэтому количественные соотношения между удельным содержанием коллекторов и резонансными частотами могут быть и прямыми, и обратными, в зависимости от того, какой литотип преобладает в разрезе.

Тип флюида и степень насыщения коллекторов косвенно увязывается с аномалиями совместного динамического показателя, поскольку при его оценке учитывается одновременно затухание резонансной энергии, поглощение резонансных частот и их зависимость от степени неоднородности пачки. Однако и здесь не может быть однозначности, поскольку знак этого показателя может быть и положительным, и отрицательным, в зависимости от типа разреза /аналоги "ярких" и "темных" пятен/, а интенсивность остаточным влиянием акустической модели ритмита. Ввиду последнего обстоятельства связь характера флюидонасыщенности с интенсивностью совместного динамического показателя может использоваться лишь при представительном ее количественном обосновании /на этапе разведки месторождения/.

Комплексный прогноз продуктивности /перспективности/ осуществляется по каждой целевой пачке путем нахождения совокупного критериального показателя ДПР. Этот показатель определяется равновесным суммированием тех частных векторных и скалярных показателей, которые соответствуют акустическим /скважинным/ и сейсмическим показателям эталонного разреза целевого объекта /пачки/. Предусматривается реализация весового суммирования с использованием факторного анализа.

Построение пространственной модели продуктивной пачки сводится к составлению и совместному анализу следующих карт:

- гипсометрии кровли /либо подошвы/ целевой пачки;
- изотолщин пачки;
- литмитов по элементарным толщинам /показатель I/;
- литмитов по акустической жесткости /показатель П/;
- удельного /либо суммарного/ содержания эффективной мощности коллекторов /показатель III/;

- типа, либо плотности флюидонасыщения, либо распределения поля напряженности в целевой ритмопачке /показатель IV/;

- комплексного показателя ДПР.

В результате суммирования этой информации районироваться участки, различающиеся по перспективности /числу основных показателей/, Карты частных и комплексных характеристик ДПР могут быть использованы при составлении базовых данных для подсчета ресурсов нефти и газа соответствующих категорий.

На основе представительного анализа автором установлено, что устойчивость показателей ДПР в зависимости от качества исходных разрезов колеблется в пределах 70-90%. Принимая во внимание также погрешности аппроксимации и скважинных, и сейсмических ритмов, автор полагает, что для достижения надежного прогноза /на уровне не ниже достигнутой устойчивости/ достаточно ограничиться совпадением любых трех частных показателей ДПР из четырех возможных. Устойчивость прогноза можно повысить за счет редакции временных разрезов и выборки наиболее качественных сейсмических трасс и путем осреднения показателей на оптимальной базе.

4.5. Результаты апробации и внедрения методики ДПР

Методика ДПР апробирована на ряде месторождений нефти и газа Украины в самых разнообразных геологических условиях: Русско-Комаровское /Закарпатский прогиб/, Лопушнянское и Южно-Гвиздецкое /Предкарпатский прогиб/, Саратовское /Предобружский прогиб/, Татьяновское и Степное /Северо-Крымский прогиб/, Поворотное /Индоло-Кубанский прогиб/, Разумовское, Кисовское и Рясковское /Днепровско-Донецкая впадина/.

В порядке внедрения и оказания услуг Заказчикам, методика ДПР применена также при локальном прогнозе нефтегазоносности на восьми объектах, подготовленных сейсморазведкой в упомянутых регионах, а также в условиях Крайнего Севера Западной Сибири /Табьяхинская и Юбилейная площади в районе Нового Уренгоя/.

Диапазон глубин залегания целевых объектов на исследованных площадях составил 0.5-5.5 км. Результаты прогноза продуктивности /перспективности/"+" или "-" подтверждены семью скважинами, на пяти площадях вскрытыми целевой горизонт после завершения исследований. Кроме того, прогноз согласуется с разрезами более десяти пробуренных ранее скважин, использованных в качестве независимого контроля.

В диссертации приведены геологические результаты применения методики ДГР на Лопушянском, Поворотном и Рясковском месторождениях.

Лопушянское месторождение /нефть/ приурочено к брахиантиклинальной складке в платформенном автохтоне Бориславско-Покутского и Самборского покровов, суммарная толщина которых превышает 4 км. Структура осложнена нарушениями. Один из центральных блоков разведен: промышленная продукция получена из песчанистых отложений нижнего мела и проницаемых карбонатов верхней кры. Толщины целевых интервалов менее 100 м. На Лопушянской площади на момент проведения исследований ДГР было завершено бурением 8, а в бурении находилось две скважины. Задача ДГР состояла в локализации перспективных объектов и оценке параметров для подсчета прогнозных ресурсов.

Исходными данными для ДГР послужили стандартные мигрированные разрезы по данным наземной и скважинной сейсморазведки, литофациальные колонки, промысловые параметры и скважинная сейсмоакустика. Были выполнены практически все процедуры ДГР, включая параметрию, уточнение геометрии резервуаров по итерационному моделированию, обработку по программам инверсионных преобразователей волнограмм в эффективные и резонансные отклики среды.

Моделями векторных показателей по изменчивости толщин элементарных слоев и приращений акустической жесткости определились признаки благоприятного литологического экранирования резервуаров по вертикали и латерали.

Скалярными моделями резонансных частот оценено распределение эффективных мощностей в терригенном и карбонатном разрезах, а моделями совместного динамического показателя по затуханию и поглощению - прогнозирован тип флюидонасыщения резервуаров.

Комплексная локализация и оценка перспективности объектов /отдельных блоков/ выполнена путем суммирования частных моделей на основе соответствия показателей ДГР продуктивным разрезам. Составлены скважинные и наземные двумерные сейсмические модели продуктивных интервалов.

Получены следующие признаки продуктивности объектов: обогащение проницаемыми разностями по вертикали и непроницаемыми разностями на перифериях объектов; положительный фон совместного динамического показателя для терригенных коллекторов и отрицательный фон - для карбонатных.

Вскрытием целевых горизонтов скважинами II и I3 подтвержден прогноз их продуктивности.

Месторождение Поворотное /газ/ приурочено к относительно узкой асимметричной складке, расчлененной продольным нарушением. В пределах структуры на момент исследования было пробурено 4 скважины, три из которых вскрыли газоносные песчанистые прослои плано-рбелового горизонта в низах майкопа. /глубины свыше 4 км/. Две скважины находились в бурении.

В результате ДПР уточнена геометрия складки и построена карта пространственного распределения прдуктивных коллекторов. Привиаки перспективных разрезов оказались такими: опесчанивание разрезов по вертикали и латерали, положительный фон совместного динамического параметра. Впоследствии две скважины /4 и 6/ подтвердили прогноз отсутствия продуктивных коллекторов в местах их заложения.

Месторождение Рясковское /газо-конденсатное/ приурочено к крупному терригенно-карбонатному массиву блокового типа. Промышленные притоки получены параметрической скважиной 44I из карбонатных коллекторов в интервале около 100 м. На момент исследований в бурении находилась поисковая скважина I. Критерии продуктивности карбонатного разреза получены такие: обогащение тонкослоистыми проницаемыми разностями по вертикали и латерали, отрицательный фон совместного динамического параметра. В результате прогноза было выполнено районирование эталонного резервуара, которое показано резкую его изменчивость в пределах объекта и на смежных площадях. Прогноз прямо подтвержден результатами вскрытия целевого интервала скважиной № I и косвенно контролем по смежным участкам /I-Котовская, 410-Орчикская, 438-Западно-Рясковская/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана целенаправленная совокупность оригинальных приемов и способов /методика/ комплексирования геофизических данных, предназначенная для решения задач регионального, зонального и локального прогнозов нефтегазоносности в разнообразных геологических условиях Украины.

Расширен круг базовых моделей интерпретации /параметрические, статистические, математические, геологические/, представленных в таких символах геофизических характеристик, в которых они оцениваются по полевым наблюдениям. Базовые модели использованы при обосновании методологии исследований и применимости частных решений.

Комплексирование при региональном прогнозе включает поэтапный подход к обобщению разнородных физических полей в рамках литосферной плиты, их унифицирование на базе плотностной модели, уточнение морфоструктуры и исследование вероятной природы сейсмических границ земной коры, а также анализ альпийской геодинамики и прогноз морфоструктуры ложа Восточных Карпат. Разработаны приемы комплексной интерпретации при выяснении особенностей строения и характера взаимоотношений структур фундамента и чехла юго-запада Восточно-Европейской платформы /ВЭП/ и ее обрамления. В пределах входящих углов границы ВЭП выделены области с "промежуточным" осадочным комплексом, с которыми связываются перспективы нефтегазоносности. Данные использованы при госиздании карт.

Комплексирование при зональном прогнозе включает выбор подходов к интерпретации в зависимости от геологического строения и разрешающих возможностей геофизических методов. Разработаны приемы сейсмостратиграфического расчленения разреза и выявления мало-мощных морфологически завалуированных седиментационных тел при слабой коррелируемости отражений, в том числе в межреперных интервалах, на основе спектрального анализа. Разработаны независимые друг от друга приемы прогноза коллекторских свойств по поглощению сейсмических волн и по электрическому сопротивлению. Усовершенствованы способы применения математических методов при комплексном прогнозе малоамплитудной тектоники и седиментационных фаций органогенных построек. Разработаны приемы количественного анализа термометрических аномалий применительно к оценке перспективности выявленных объектов. Усовершенствованы приемы интерпретации высокоточных гравиметровых съемок при изучении сложнопостроенных площадей. Обосновывается малоисследованный тип карбонатных резервуаров верхнего девона Вольно-Подолки и Преддобруджя с латеральными экранами эпифенетической природы. Материалы автора неоднократно использовались при зональных прогнозах нефтегазоносности на Западе и юге Украины.

Комплексирование при локальном прогнозе основывается на разработанной автором методике детального прогнозирования геологического разреза /ДГР/, использующей связь резонансных и эффективных составляющих сейсмического сигнала с внутренним строением отражающей пачки. ДГР включает предложенные автором приемы подготовки параметрической основы, геометризации резервуаров, построения двумерных и объемных моделей продуктивных горизонтов. Методика применима на этапе разведки. Она опробована на десяти месторождениях Украины, относящимся ко всем ее нефтегазоносным провинциям.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ АВТОРА

Отдельные издания, статьи, доклады, карты

1. К истолкованию гравитационных аномалий западных окраин Волини и Подолии. - В сб. "Геофизич.исслед. на Украине", "Техніка", К., 1970, с.158-163.
2. Применение корреляционного и регрессивного анализа для изучения соотношений между скоростью упругих волн, плотностью и карбонатностью горных пород. Вестник МГУ. Сер.Геол.І. М., 1971, с.117-119. (совместно с В.П.Бойко, Б.Л.Скуин).
3. Применение количественного прогнозирования в условиях Волино-Подолии и Карпат. В сб. "Вопросы методики и техники геофиз.иссл. Вып.24. ВИЗМС, М., 1971, с.62-67 (совместно с А.П.Самойлюком, и Б.Л.Скуинным).
4. К прогнозу структур платформенного чехла западных окраин Волино-Подолии по данным гравиметрических и структурно-геоморфологических исследований. В кн. "Геоморфология и геофизика", "Наука", Л., 1972, с.106-113 (совместно с И.Г.Черваневым).
5. О выделении плотностных комплексов Львовского палеозойского прогиба. В сб. "Геофизические исследования на Украине", "Техніка", К., 1972, с.124-126.
6. Геологическое строение кристаллического основания Львовского палеозойского прогиба. "Советская геология", Недра, М., 1973, с.95-105 (совместно с Г.М.Яценко, В.Н.Верниковским, Ю.А.Дьяченко).
7. Основные результаты и направления геофиз.исследований во Львовском палеозойском прогибе. "Тектоника и полезные ископаемые Запада УССР", Наукова думка, К., 1973 (в соавторстве).
8. Структурные комплексы неогена Солотвинской впадины. В сб. "Тектоника и полезн.ископаемые Запада УССР". Ч.2. Наукова думка, К., 1973, с.103-105 (совместно с В.И.Китьком и А.Н.Бокуном).
9. О тектонике фундамента и чехла Львовского палеозойского прогиба по геофизическим данным. "геология нефти и газа", Недра, М., 1973, №11, с.69-76.
10. Возможности КМПВ при решении поисковых задач в платформенных условиях (на примере переинтерпретации профиля РП-УШ во Львовском палеозойском прогибе). "Геофиз.сборник", 57, Наукова думка, К., 1974, с.87-90 (совместно с А.И.Бойко и В.М.Ясинским).

11. Структурные особенности неогеновых отложений Солотвинской впадины. "Геология и геохимия горючих ископаемых", 39, Научная думка, К., 1974 (совместно с В.И.Китыком и А.И.Бокуном).
12. Роль и место геофизических методов при прямых поисках. "Геология нефти и газа", № 2, Недра, М., 1976, с.43-51 (совместно с И.И.Бойко).
13. Опыт прогнозирования параметров осадочной толщи в Предкарпатском прогибе по сейсмическим наблюдениям. "Геология нефти и газа", № 3, Недра, М., 1976, с.69-74 (в соавторстве).
14. Комплексное геофизическое изучение рифов во Львовском палеозойском прогибе. "Геология нефти и газа", № 7, Недра, М., 1977, с.6-13 (совместно с А.И.Бойко, М.Д.Будеркевичем и Р.М.Кобриним).
15. К учету влияния рельефа дневной поверхности на результаты термометрических наблюдений. В сб. "Геофизическая разведка нефт. и газ. месторождений на Украине", ТехнИка, К., 1977, с.67-71
16. Методика и результаты комплексных геофизических исследований по прогнозированию залежей углеводородов в Предкарпатском прогибе. Тезисы докладов Всесоюзного семинара "Латеральная изменчивость состава и физич. свойств отложений и ее отражение на геофизических полях при поисках нефти и газа". Пермь, 1978, с.91-92 (совместно с М.И.Веденской).
17. Рекомендации геолого-геофизических исследований в западных областях УССР (по результатам изучения геодинамики Украинских Карпат и их обрамления). МГ УССР, УкрНИГРИ, Львов, 4 с. (в соавторстве).
18. К методике поисков рифогенных ловушек в западных и южных областях Украины. В тезисах докладов научно-технического совещания "Трасирование геофизическими методами зон, перспективных на литолого-стратиграфические залежи нефти и газа". Пермь, 1979 (совместно с В.И.Хныкиным).
19. К методике составления геотермической модели по сейсмическим данным. В сб. "Геофизические исследования в Днепровско-Донецкой впадине и Предкарпатье. УкрНИГРИ, Львов, 1979, с.24-29.
20. Глубинные геологические срезы западных областей Украины (в связи с перспективами нефтегазоносности). МП СССР, 1980, 122с. (в соавторстве).
21. Результаты комплексного геофизического изучения края Восточно-Европейской платформы на западе УССР. Геологический журнал, К., 1980, Т.40, № 5, с.38-47 (совместно с М.Г.Распоповой, В.В.Глушко, И.Б.Вишняковым).

22. Результаты комплексных геодинамических исследований на Карпатском полигоне и смежных территориях. "Тектоносфера Украины и др. районов СССР". К., Наукова думка, 1980, с.66-76 (в соавторстве).
23. К истолкованию локальных температурных аномалий. "Геология нефти и газа", 5, 1981, М., Недра, с.51-57 (совместно с И.Б.Вишняковым).
24. Петрофизические модели интерпретации данных геотермии. Тезисы доклада П Всесоюзной научно-технической конференции. В кн. "Проблемы горной термодинамики". Л., 1981, с.50-52.
25. Юго-западный край Восточно-Европейской платформы на Украине и в Молдавии. В кн. "Геология запада Восточно-Европейской платформы". Минск, Наука и техника, 1981, с.22-35 (в соавторстве).
26. Геофизические модели покрова и ложа Карпат. Резюме (тезисы) доклада на XII конгрессе КБГА, Бухарест, Институт геологии и геофизики 1981, с.149-151 (совместно с В.В.Глушко и И.Б.Вишняковым).
27. К прогнозированию геологического разреза методами электрических зондирований. - В сб. "Методика и практика геофизических исследований", Львов, УкрНИГРИ, 1981, с.64-69 (совместно с М.В.Зубашевской).
28. Использование поглощения сейсмических волн для изучения коллекторских свойств среды и прогнозированию ловушек неантиклинального типа. - В сб. "Перспективы развития поисково-разведочных работ в нефтегазоносных регионах Украины". Львов, УкрНИГРИ, 1982, с.47-52 (совместно с О.Н.Максимовой).
29. Прогноз емкостных (коллекторских) свойств пород по поглощению сейсмических волн. Э.И. ВИЭИС. Региональная, разведочная и промысловая геофизика, вып.9, М., 1983, с.13-18.
30. Палеотектоника и нефтегазоносность Львовского палеозойского прогиба. Сб. "Перспективы развития поисково-разведочных работ в нефтегазоносных регионах Украины". Львов, УкрНИГРИ, 1981, с.13-21 (в соавторстве).
31. Прогнозирование нефтегазоносных ловушек в условиях Предкарпатского и Львовского палеозойского прогибов. Тезисы доклада, в сб. "Комплексное прогнозирование нефтегазоносных структур", Чернигов, 1981, с.25-28 (в соавторстве).
32. Литологические ловушки в терригенно-карбонатных комплексах Волино-Подолли. - "Нефтяная и газовая промышленность", 1984, № 1, с.23-26
33. Послойные геофизические модели тектоносферы юго-западного края Восточно-Европейской платформы и его обрамления. // "Геол. журнал", 1984, Том 44, № 6, с.33-42 (совместно с И.Б.Вишняковым, В.В.Глушко М.Г.Распоповой).

34. Геофизические признаки локальных объектов Волинского района Львовского палеозойского прогиба. - В сб. "Новые данные по геологии и нефтегазоносности УССР". Львов, УкрНИГРИ, 1984, с. 58-68 (совместно с Р.С.Сейфуллиным, М.И.Червонским, А.Ф.Сапужак).
35. Опыт математического сейсмо моделирования при истолковании особенностей временных разрезов. - В сб. "Совершенствование техники и методики геофизических исследований". Львов, УкрНИГРИ, 1986, с. 22-27 (совместно с А.Л.Воробьевым и А.Ф.Сапужак).
36. Возможности математических методов при прогнозировании элементов малоамплитудной тектоники Волино-Подолии. - В сб. "Прогнозирование месторождений нефти и газа на территории УССР". Львов, УкрНИГРИ, 1986, с. 73-79 (совместно с В.И.Марковским).
37. Сейсмологический прогноз тонкослоистых разрезов древних платформ. //Разведка и охрана недр., 1988, № 4, с. 41-46 (совместно с Е.В.Лазько и А.Ф.Сапужак).
38. Изучение динамики сейсмических волновых полей на моделях реальных сред для Волино-Подолии. //Геофиз. журнал, 1989, Том II, № I, С. 57-63 (совместно с Н.Е.Грином, А.Ф.Сапужак, Е.И.Чернявской).
39. Способы оценки элементарного сигнала и степени слоистости среды. 1986, Львов, УкрНИГРИ, 14 с (депонир.рукопись в УкрНИИТИ, №1679, совместно с А.Ф.Сапужак).
40. Геодинамика Карпат. - К., Наукова думка, 1985, 237с (в соавторстве)
41. Изучение типа коллекторов и квазианизотропии скоростного разреза по комплексу ВСП-ГИС. - В сб. "Научно-технический прогресс в геофизических исследованиях нефтегазоносных регионов УССР. Львов, УкрНИГРИ, 1987, с. 55-63, /в соавторстве/
42. Комплексирование окважинных и наземных геофизических методов исследования при прогнозировании газоносного разреза на этапе разведочных работ. В сб. "Повышение эффективности геолого-разведочных работ на нефть и газ на основе достижений научно-технического прогресса". Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. С. 95-96 (совместно с Е.В.Лазько и С.Г.Аникеевым)
43. Геологические и геофизические предпосылки пероспектив нефтегазоносности карбонатных отложений верхнего девона Львовского палеозойского прогиба. В сб. "Региональная геология УССР и направления поисков нефти и газа. Львов, УкрНИГРИ, 1988, с. 80-87 (совместно с В.И.Марковским, Е.В.Лазько, Т.Я.Вишневской).

44. Изостазия Советских Карпат // Геофизический журнал, 1989, Том II, № 2, с.46-52 /совместно с Е.М.Евсеевой, В.Г.Кузнецовой, Н.Н.Никифоровой/.
45. Структуры - ловушки нефти и газа на моноκлиналиях. Том I. Тектонически экранированные ловушки. Препринт ИГИИГН АН УССР. Львов, 1989, с.52 /совместно с И.В.Высочанским и Н.И.Галабудой/.
46. Структуры - ловушки нефти и газа на моноκлиналиях. Том II. Стратиграфически экранированные ловушки. Препринт ИГИИГН АН УССР. Львов, 1989, с.56 /совместно с И.В.Высочанским и Н.И.Галабудой/.
47. Искажения сейсмического волнового поля в тонкослойных неоднородных средах и способы их ослабления. Сб. "Техника и технология геофизических работ на нефть и газ". Львов, УкрНИИГН, 1989, с. 30-35 /совместно с Сапужак А.Ф., Стрельцовой В.М., Вишневской Т.Я./.
48. О практических приложениях оценок качества сейсмической записи. "Нефтяная и газовая промышленность". № 3, К., 1990, с.18-21 /совместно с Е.И.Сагаловой и И.Б.Каталон/.
49. Комплексирование геофизических данных при решении актуальных задач нефтяной геологии.. Тезисы докладов Всесоюзного семинара по интерпретации потенциальных полей. Алма-Ата, 1990, с.142-144.
50. Приемы изучения слоистой структуры и промысловых характеристик продуктивных горизонтов по данным сейсморазведки на этапе детализации нефтегазовых месторождений. Сб. Геолого-геофизические критерии открытия новых месторождений нефти и газа. УкрНИИГН, Львов, 1990, с.79-89.
51. Рифтогены и нефтегазоносность юго-западного края Восточно-Европейской платформы и ее обрамления. Рифтогены и полезные ископаемые. М., Наука, 1991, с.16-24 /в соавторстве/.
52. Геотектоника Вольно-Подолии. К., Наукова думка, 1990, 241 с. /в соавторстве/.
53. Детальный прогноз геологического разреза при разведке нефтегазовых месторождений /на примере Лопушнянской площади в Предкарпатье //Методы поисков и прогнозирование нетрадиционных ловушек нефти и газа на территории Украины. Львов, УкрНИИГН, 1991, с.93-100 /в соавторстве/.

54. Построение литофациальной модели продуктивного горизонта по данным сейсморазведки //Научно-технический прогресс в технике и технологии геофизических работ на нефть и газ. Львов, УкрНИГРИ, 1991, с.67-76.
55. Детальный прогноз геологического разреза /ДПР/ - интерпретационная база промысловой сейсмоки. К., Госгеолком, 1992, 2 с.
56. Геологические карты территории западных областей Украины на срезях -3000м, -5000м, -7000м. Масштаб 1:500000. - К. ГНП ЦЭ МГ УССР. 1979. Редактор В.В.Глушко. 4 листа /в соавторстве/
57. Геологическая карта юга Украины и Молдавии и прилегающих акваторий на срезе -5000м. Масштаб 1:500000. Редактор В.В.Глушко, И.П.Жабрив. 1982. - К. МП СССР, МГ УССР /в соавторстве/.
58. Тектоническая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов масштаба 1:500000. - В кн.: Геодинамика Карпат. К.: Наук.думка, 1985 /в соавторстве/.
59. Глубинное строение Украинских Карпат и их платформенного обрамления по геотраверсам, масштаб 1:500000. - В кн.: Геодинамика Карпат. К.: Наук.думка, 1985 /в соавторстве/.
60. Тектоническая карта нефтегазоносных областей юго-запада СССР. Масштаб 1:500000. Редактор Крылов Н.А. 1987г. 16 л. ГНП ЦЭ МГ УССР /юго-запад Украины, в соавторстве/. Киев
61. Карта гипсометрии подошвы плитных комплексов юго-запада СССР /с использованием материалов космической съемки. Масштаб 1:100000. Редактор Н.А.Крылов, 1988, ГНП ЦЭ МГ УССР /в соавторстве/. Киев

Подп. к печ. 17.01.94 Формат 60·84/16 Бумага 74 г/м²
Печ. офс. Усл. печ. л. 2,3 Уч.-изд. л. 1,6 Тираж 150.
Зак. 4-2019

Киевская книжная типография научной книги. Киев, Репина, 4.

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...

1954 г. 12.12
 1954 г. 12.12
 1954 г. 12.12
 1954 г. 12.12

1

460745

AB 29.308

AB 29.308