

## **ОТЗЫВ**

**Официального оппонента доктора технических наук, профессора Жукова Александра Петровича на диссертационную работу Долгих Юрия Николаевича на тему «Комплексная адаптивная технология кинематической инверсии данных сейсморазведки в условиях неоднородной верхней части разреза», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых»**

### ***Актуальность темы диссертационного исследования***

Диссертационная работа Ю.Н. Долгих посвящена информационно-методическим проблемам кинематической инверсии сейсмических данных, т.е. проблемам решения обратной кинематической задачи сейсморазведки (построения глубинно-скоростной модели, ГСМ разреза, в том числе верхней части разреза, ВЧР) в условиях неоднородной ВЧР.

Данная тематика является актуальной и востребованной уже несколько десятилетий, задачи обеспечения необходимой точности ГСМ представляются весьма критичными в северных регионах России, а также в ситуациях, когда пространственные параметры целевых объектов меньше аномального влияния неоднородностей перекрывающей толщи, или когда задачей является поиск и разведка малоамплитудных (10-15 м) и малоразмерных (2-5 км) перспективных объектов.

Надо отметить, что на текущий момент времени уровень проработанности различными исследователями отдельных вопросов, касающихся способов изучения (учета) ВЧР, технологий построения ГСМ, оптимизации методик полевых работ - достаточно велик.

Тем не менее, автор предлагает более объемный контекст, в рамках которого должны решаться существующие проблемы точности сейсморазведки, предлагает хорошо апробированную в районах со сложным строением ВЧР технологию, учитывающую взаимосвязи и потребности различных этапов ГРР, в основе которой – комплексность, многоуровневость и адаптивность исследований.

### ***Новизна положений и научно-технических решений***

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты следующие положения:

Разработанная комплексная адаптивная технология кинематической инверсии данных сейсморазведки в условиях неоднородной ВЧР обеспечивает необходимый для поиска и разведки малоамплитудных (10–15 м) малоразмерных (2–5 км) объектов уровень точности и достоверности геологических моделей. Структура технологии согласована с основными глубинными уровнями, геофизическими методами и этапами исследований геологических объектов. Основой технологии является последовательный подход к изучению и построению ГСМ, включающий цепочки обратной связи и «веховые» точки, ориентированный на достижение конкретных количественных показателей точности ГСМ, содержащий внутренние механизмы адаптации и контроля качества данных на всех стадиях реализации, основанный на принципах и информационной базе многоуровневых сейсмических исследований.

Разработанная модель формирования погрешности кинематической инверсии, основанная на последовательном раздельном анализе основных влияющих факторов, повышает точность оценки пространственного распределения погрешностей и позволяет организовать адаптацию параметров технологии на всех этапах построения глубинно-скоростной модели геологического разреза. Впервые дана принципиальная блок-схема технологии для условий сложно-построенной ВЧР применительно к условиям севера Западной Сибири.

Предлагаемый автором метод коррекции сейсмических глубин позволяет учесть длиннопериодные искажения, обусловленные неоднородной верхней частью разреза.

Данный интерпретационный метод коррекции разработан впервые – благодаря серии экспериментов с использованием имитационного моделирования, которое позволило провести системный количественный анализ закономерностей и величин остаточных погрешностей сейсмических глубин до и после учета влияния ВЧР статическими поправками - для соответствующего реальным условиям набора типов и размеров неоднородностей ВЧР, а также глубин отражающих горизонтов.

Разработана комплексная технология обработки данных современной трехмерной сейсморазведки, решающая задачи контроля условий возбуждения волн, оценки фактической глубины погружения заряда, построения модели зоны малых скоростей (ЗМС) и подстилающего слоя, основанная на комплексировании данных сети микросейсмокаротажа (МСК) с данными преломленных и отраженных волн съемки 3D и обеспечивающая наиболее полное использование всей имеющейся информации о строении и влиянии ВЧР.

### ***Теоретическая и практическая значимость работы***

При существующей в настоящее время тенденции неуклонного уменьшения пространственных размеров перспективных объектов и усложнения геологических задач, комплексная адаптивная технология кинематической инверсии является новым перспективным направлением исследований, позволяющим в сложных условиях северных районов Западной Сибири повысить геолого-экономическую эффективность геологоразведочных работ.

Разработанная технология обеспечивает повышение точности и достоверности моделей геологических объектов, способствует снижению геологических рисков и неопределенностей, создает предпосылки для более эффективного использования современных программных средств обработки и интерпретации сейсмических данных.

Полученные методические и технологические решения могут использоваться (и используются) при проектировании соответствующих современным требованиям к точности МОВ-ОГТ полевых сейсморазведочных работ и составлении разделов геологических заданий, в части, касающейся методики учета ВЧР и построения глубинно-скоростной модели.

Разработанная и свободно распространяемая автором программа имитационного кинематического 2D-моделирования слоистых неоднородных сред (REFRA+) позволяет решать широкий круг задач, связанных с оценкой влияния скоростных неоднородностей разреза и анализом остаточных погрешностей различных моделей кинематической обработки.

### ***Содержание диссертации***

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения. Объем работы составляет 306 страниц машинописного текста, включая 131 рисунок и 11 таблиц. Список литературы насчитывает 200 наименований.

Материалы, включенные в состав диссертационной работы, опубликованы в 1 монографии, 32 статьях, докладах и тезисах (в том числе 13 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 – в изданиях индексируемых Scopus), имеется 1 патент на изобретение.

**Во введении** рассматривается актуальность и степень проработанности темы исследований, формулируется цель, излагаются задачи и научная новизна выполненных исследований, их научная и практическая значимость, личный вклад, использованные методы и методология, защищаемые положения, достоверность и степень апробации результатов исследований. Приводится краткое описание содержательной части глав диссертационной работы.

**В 1-й главе** обосновывается принципиальная блок-схема комплексной адаптивной технологии кинематической инверсии данных сейсморазведки применительно к районам Западной Сибири. Схема основана на последовательном построении глубинно-скоростной модели среды по уровням исследования – от поверхности к целевым горизонтам и

итеративности стадий полевых работ, обработки и интерпретации в соответствии с достигаемой точностью модели. Подход можно считать общепринятым в сейсморазведке, но, очевидно, что с усложнением геосейсмических условий (в Западной Сибири это обуславливается неоднородностью верхней части разреза) необходимость соблюдения всех стадий возрастает.

Очевидно, что развиваемая автором методика многоуровневых сейсмических исследований МОВ-ОГТ позволяет значительно улучшить изучение верхней части разреза, мощность которой в условиях Западной Сибири составляет несколько сотен метров, и, в частности, зоны многолетнемерзлых пород. Строение этой высокоскоростной зоны может быть достаточно сложным, например, двуслойным, определение параметров зоны невозможно при обычной методике МОВ-ОГТ без проведения специальных наблюдений, рекомендуемых автором диссертации.

На наш взгляд, вывод о непригодности статического подхода для учета влияния рельефа и мерзлоты приведенными моделями слишком категоричен. Очевидно, что статического подхода недостаточно для полного решения проблемы учета неоднородностей, но он всегда остается необходимым звеном процесса обработки наблюдений. Впрочем, применение статических поправок, как следует из главы 2, не отрицает и автор, называя это традиционным подходом.

Ввод статических поправок может в значительной степени исправить времена  $t_0$  отражений, сохраняя при этом искаженными скорости  $V_{огт}$ . Однако при этом обеспечивается получение оценок  $V_{огт}$  за счет повышения качества спектров скоростей, а их искажения могут компенсироваться применяемыми способами построения модели, что рассматривается в следующих главах.

*Главы 2 и 3* посвящены вопросам формирования глубинно-скоростных моделей.

Обосновывается способ верхнего опорного горизонта (ВОГ), залегающего на глубине не более 600-800 м и достаточно плавного (с размером структурных элементов не менее 4-5 км). При этом учет неоднородностей ВЧР производится при построении этого горизонта, а влияние неучтенных сглаживается. Построение моделей для нижележащих слоев производится от этого горизонта.

Естественно, при использовании  $V_{огт}$  для определения глубины, желательным является переход к предельным эффективным скоростям. Этот вопрос в работе не упоминается.

Погрешность глубинно-скоростной модели оценивается автором по совокупности двух компонент –  $S_h$  и  $S_{mod}$ , где  $S_h$  представляет погрешность сейсмической глубины, оцениваемой как  $H = t_0 V_{огт} / 2$ , обусловленную совокупностью случайных факторов. Однако погрешность  $V_{огт}$  связана в большей мере не со случайными факторами, а с неоднородностью ВЧР, с соотношением протяженности неоднородностей вблизи точки определения и размерами расстановки. Положение о независимости компонент  $S_h$  и  $S_{mod}$  вызывает вопросы.

Изложенная в главе 3 коррекция глубинно-скоростных моделей имеет целью исключение искажений  $V_{огт}$ , связанных с длиннопериодными неоднородностями выше верхнего опорного горизонта. Коррекция является по существу частью процесса инверсии, представленного в главе 2. Описываемый способ коррекции путем введения поправок в глубины  $H_{огт}$  упрощает построение отражающих горизонтов, хотя возможны и другие способы учета используемой при этом информации.

Кроме того, могут быть сделаны следующие замечания. Палетки коэффициентов пропорциональности между региональной составляющей статических поправок за ВЧР и погрешностью эффективной сейсмической глубины  $K_i$  составлены для определенной модели среды и могут быть применены к площадям, соответствующим данной модели.

Параметром приведенных палеток является длина неоднородностей, между тем как определяющим фактором должно быть отношение этой длины к максимальным используемым при оценке  $V_{огт}$  удалениям.



Обращает на себя внимание резкое уменьшение коэффициентов пропорциональности  $K_i$ , отражающих погрешность глубин в случае длиннопериодных неоднородностей, для варианта с вводом корректирующих статических поправок, что свидетельствует о целесообразности этого варианта.

*В главе 4* показана роль полезной информации, обеспечиваемой применением расстановок с малым шагом при многоуровневых исследованиях. Обеспечивается контроль условий возбуждения, выбор глубины погружения заряда, определение скорости в ЗМС и повышение точности оценки соответствующих поправок. К сожалению, здесь не показана возможность изучения строения поверхностной среды при наличии поверхностных и погруженных прослоев мерзлоты.

Одним из проявлений влияния верхней части разреза на сейсмическую запись является формирование волн-спутников, приводящих к искажению формы сигнала, хотя разработка способов учета волн-спутников не указывалась в задачах исследований. Интересны результаты, приведенные в главе 5 по учету волн-спутников, ослабление которых обеспечило повышение отношения сигнал/помеха, уменьшение невязок эффективных скоростей на пересечениях профилей, повышение точности структурной карты по отражающему горизонту. Можно рекомендовать автору диссертации продолжить исследования в этом направлении.

#### ***Личное участие автора в получении научных результатов***

Автор принимал непосредственное участие в разработке и апробации новых технико-методических подходов в сейсмических исследованиях, которые явились отправной точкой для разработки комплексной адаптивной технологии кинематической инверсии.

Развивая упомянутые новые технико-методические подходы, автор лично получил основные представленные в рамках настоящей работы научно-технические результаты, составляющие предмет защищаемых положений и научной новизны.

В ходе апробации новой технологии автор обеспечил внедрение разработанных им новых методических приемов и элементов технологии в граф кинематической обработки и интерпретации ряда сервисных компаний.

Разработанная автором технология кинематической инверсии и соответствующая модель формирования погрешности были включены во внутренние нормативные документы ООО «НОВАТЭК НТЦ», были разработаны методические рекомендации по учету ВЧР, построению ГСМ, оцениванию пространственного распределения погрешности ГСМ.

#### ***Замечания и пожелания***

1. Ввиду значительной проработки многими исследователями отдельных аспектов проблемы учета ВЧР и построения ГСМ в условиях неоднородной ВЧР – было-бы весьма уместно поместить в самом начале 1-й главы специальный раздел – “Современное состояние и степень проработанности темы исследований”. А иначе, возникает впечатление, что автор в недостаточной степени изучил научные труды своих предшественников, хотя судя по списку литературы и информации, “разбросанной” по введению и другим разделам работы, очевидно, что это не так. Но первое впечатление этот факт несколько портит.

2. Автор во многих местах диссертационной работы ссылается на технологию многоуровневой сейсморазведки – как информационную и методическую основу комплексной адаптивной технологии кинематической инверсии, и это направление справедливо связывает с д.г.-м.н. Ю.П. Бевзенко. Поскольку в диссертации много ссылок на работы автора в соавторстве с Ю.П. Бевзенко, следовало-бы более четко указать, какие элементы, принципы многоуровневых исследований принадлежат непосредственно Ю.П. Бевзенко, а что привнесено, дополнено автором в процессе развития им идей и творческого наследия Ю.П. Бевзенко.

3. В тексте диссертации иногда употребляется не строго научная, жаргонная терминология, вроде “дефицитные системы наблюдений”, “среднеквадратическая точность”, “сейсмическая глубина”. На это автору следует обратить внимание.

4. Рассмотренные автором в заключительных главах весьма актуальные с научной точки зрения вопросы, связанные с проблемами волн-спутников и высокоразрешающей обработкой - не отражены в полной мере в задачах, научной новизне, защищаемых положениях и практических результатах. Вероятно, это связано с расстановкой приоритетов, однако для докторской работы было бы правильной акцентировать внимание на всех основных достижениях.

### **Заключение**

Представленная Долгих Юрием Николаевичем диссертационная работа «Комплексная адаптивная технология кинематической инверсии данных сейсморазведки в условиях неоднородной верхней части разреза» является законченным научным исследованием, содержит результаты решения крупной научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение как для нефтегазовой геологии Западной Сибири, так и для продления “нефтяной и газовой эры” в экономике всей страны.

Область исследования диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», а именно по пунктам:

Пункт 14. Методы обработки и интерпретации результатов измерения геофизических полей.

Пункт 16. Использование геолого-геофизических данных для построения геологических, гидродинамических ... моделей месторождений.

Пункт 19. Измерительная техника, средства, технологии, системы наблюдений и сбора геофизических данных; геофизические ... измерительные системы.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Научная новизна и защищаемые положения изложены корректно. Указанные замечания не являются критическими для полученных результатов, имеют характер рекомендаций.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям, представленным на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, а ее автор Долгих Юрий Николаевич заслуживает присвоения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

### **Официальный оппонент**

Доктор технических наук,  
профессор кафедры геоакустики и сейсмометрии

ФГБОУ ВО Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,  
Генеральный директор ООО “Геофизические системы данных”

Специальность 25.00.10

“Геофизика, геофизические методы  
поисков полезных ископаемых”

«05» *февраль* 2018г.

### **Сведения об официальном оппоненте:**

117198, Москва, Ленинский проспект, 113/1, Е-204

Тел.: (495) 234-27-94

E-mail: [info@gds.ru](mailto:info@gds.ru)

