

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата технических наук Емельяновой Ксении Львовны на тему:  
«Технология кинематической обработки сейсмических данных в  
сложных сейсмогеологических условиях Восточной Сибири»  
по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки)

**Актуальность темы исследования**

Восточно-Сибирская нефтегазоносная мегапровинция является одним из основных резервов для будущего прироста запасов нефти и газа нашей страны. Несмотря на нынешние геополитические события, наблюдаемая за последнее десятилетие динамика прироста добычи нефти и газа сохраняется и, вероятно, будет расти в ближайшем будущем. В связи с этим особо остро встает вопрос об эффективности проводимых геологоразведочных работ и поиске новых источников увеличения ресурсной базы.

Помимо экономических и географических причин, основные трудности освоения Восточной Сибири связаны со сложными геолого-геофизическими особенностями региона. В связи с этим, к сейсморазведке, как к основному методу геологоразведочных работ в регионе, предъявляются высокие требования к точности сейсмических прогнозов и получаемой геологической информации.

Повышение эффективности сейсморазведочных работ возможно, в первую очередь, благодаря развитию этапа обработки. Применение современных технологий, теоретические основы которых были давно известны, но стали возможны для использования только сейчас, а также разработка и опробование новых методов и подходов, позволяют существенно улучшить качество сейсмических изображений, построить более точные глубинно-скоростные модели геологических сред, уточнить структурный план целевых горизонтов, повысить точность прогноза литологически-

экранированных залежей и, в конечном счете, снизить риски дорогостоящего поискового и разведочного бурения новых скважин.

Поэтому выбранное Емельяновой К.Л. направление исследований, результаты которых представлены в данной диссертационной работе, является одним из наиболее актуальных и значимых в области сейсморазведочных работ.

### **Цель работы**

Целью исследования соискателя являлось разработка оптимальной методики компенсации неоднородности верхней части разреза (ВЧР), которые вносят существенные искажения в прослеживаемость целевых горизонтов на сейсмических разрезах, а также оценка условий применимости предлагаемого подхода к данным сейсморазведки в Восточной Сибири.

### **Степень обоснованности положений, выносимых на защиту**

В рецензируемой диссертационной работе на защиту выносятся три положения:

#### Защищаемое положение 1:

*Предложенный расчет статических поправок на основе выбора алгоритма построения модели ВЧР в зависимости от особенностей ее строения является корректным и адаптированным к условиям Восточной Сибири.<sup>1</sup>*

В формулировке данного защищаемого положения не указано, что речь идет о расчете априорных статических поправок с помощью методов, описанных в п. 2.2 диссертации. Рассмотрим более детально предлагаемые соискателем рекомендации:

- *в отсутствие выходов интрузивных образований и инверсии скоростей – рефрагированная или томографическая модель.*

---

<sup>1</sup> Здесь и далее курсивом приведены выдержки из текста диссертационной работы

Данная рекомендация корректна, так как использование методов преломленных волн и нелинейной томографии по преломленным волнам для построения модели ВЧР является производственным стандартом, используемым обработчиками в Восточно-Сибирском регионе. Поэтому, при отсутствии в ВЧР геологических объектов, обладающих сильными искажающими волновое поле свойствами, и инверсии скоростей, а также при достаточно высоком качестве сейсмического материала, позволяющим уверенно проследить первые вступления, данные методы являются надежными инструментами прогноза скоростной ВЧР. Наряду с этим, рассматриваемые соискателем методы инверсии поверхностных волн, полноволновой инверсии и методы комплексирования также применимы в этом случае для повышения качества и детальности скоростной модели.

*– при наличии инверсии – технологии, использующие поверхностные волны, или полноволновую инверсию.*

Данная рекомендация корректна, но с учетом ряда ограничений. Использование методов инверсии поверхностных волн возможно, при условии достаточной глубинности и детальности полученной модели. Как показывает практика, приемлемая детальность скоростной модели ВЧР в Восточной Сибири при использовании данного метода соответствует глубинам порядка 150-200 м., что не всегда является достаточным.

Вопрос адаптации метода полноволновой инверсии (FWI) под условия Восточной Сибири в настоящий момент остается открытым. Метод FWI – это, в первую очередь, метод для прогноза скоростных моделей на морских данных. Для получения надежного и детального результата с помощью метода FWI необходимо наличие в сейсмических данных высокого соотношения сигнал/шум, низких частот порядка 1-2 Гц и удалений достигающих 15-20 км. При этом ключевую роль играет начальная скоростная модель, которая итеративно уточняется в процессе оптимизации. С какими допущениями может применяться этот метод в условиях Восточной Сибири, где низкие частоты начинаются с 8-10 Гц, удаления достигают 3000-3500 м. и ВЧР крайне

неоднородна? При этом существенные вопросы возникают при построении начальной модели. На практике входной скоростной моделью для FWI является модель, полученная после томографии. В рассматриваемом соискателем случае возникает неопределенность. Общеизвестно, что при наличии инверсии скоростей методы преломленных волн и нелинейной томографии по преломленным волнам не работают. Исходя из этого стоит ли применять их для построения априорной скоростной модели FWI с допущениями отсутствия низкоскоростных слоев или необходимо использовать альтернативные методы? Возможно ли применение метода FWI в упругом варианте в условиях Восточной Сибири? Эти и другие вопросы, ограничивающие область применения данного метода, соискателем в рекомендациях не рассматриваются.

*– в случае присутствия выходов интрузивных образований в приповерхностной зоне необходимо привлечение дополнительной априорной информации для уточнения геометрии аномалообразующих тел*

В данной рекомендации под достаточно общей формулировкой «*привлечение дополнительной априорной информации*» вероятнее всего подразумевается применение подхода комплексирования геофизических методов, описанного в п 2.2.5. Привлечение несейсмических методов для оконтуривания скоростных аномалий в ВЧР и прогноза значений скоростей в них в условиях Восточной Сибири интересно и перспективно. Особенно при наличии в ВЧР объектов с сильными поглощающими и рассеивающими свойствами, которые не позволяют надежно проследить первые вступления и, соответственно, ограничивают использование преломленных волн. Несмотря на утверждение соискателя об отсутствии необходимости применения данного подхода при наличии сейсмических данных высокого качества (стр.53), результат комплексирования геофизических методов, может быть использован также в качестве дополнительной информации в условиях отсутствия выхода интрузивных образований в приповерхностной зоне и

наличии инверсии скоростей для снижения неопределенности построения скоростных моделей и возможного уточнения статических поправок.

В целом, как указано в формулировке защищаемого положения, предложенные рекомендации действительно *«являются корректными и адаптированными к условиям Восточной Сибири»*, но при этом они общеизвестны и уже применяются в производственных организациях, занимающихся обработкой данных сейсморазведки, в том числе, Восточной Сибири.

#### Защищаемое положение 2:

- *Методика коррекции остаточных кинематических сдвигов позволяет скомпенсировать средне- и длиннопериодные скоростные аномалии ВЧР, учет и компенсацию которых невозможно выполнить на этапе ввода статических поправок.*

Рассматриваемое защищаемое положение относится к предлагаемой в работе методике коррекции остаточных кинематических поправок, описание которой приведено в п. 2.3. Разработанный подход имеет достаточно сильное сходство с методом верхнего опорного горизонта и принципами многоуровневой сейсморазведки, используемые при обработке сейсмических данных многие годы. Исходя из этого, возникают следующие вопросы: в чем принципиальные отличия и научная новизна предложенного соискателем метода?

#### Защищаемое положение 3:

- *Представленная в диссертации технология обработки сейсмических данных позволяет повысить качество сейсмических данных в области целевых отражений в условиях Восточной Сибири, осложненных неоднородностями ВЧР, в сравнении с результатами традиционной обработки.*

Данное защищаемое положение спорно, так как отчасти опровергается самим соискателем в результате проведенных исследований. В введении диссертации достаточно подробно описано, что подразумевается под неоднородностями ВЧР Восточной Сибири:

*«В этой зоне имеют широкое распространения скоростные аномалии различного рода: зоны развития многолетнемерзлых пород (ММП), инверсия скоростей в разрезе, выходы интрузивных тел (дайки, траппы, туфы) различной мощности на поверхность. Эти элементы разреза, сильно отличающиеся по сейсмическим скоростям и плотностям от вмещающих пород в ВЧР, формируют ложные структуры, влияние которых распространяется и на целевые интервалы разреза. Некоторые объекты обладают сильными рассеивающими, экранирующими эффектами и поглощающими свойствами, из-за чего в таких зонах качество сейсмического изображения существенно ухудшается вплоть до полного отсутствия отражений. По этой причине надежность последующей интерпретации и точность структурных построений заметно ухудшаются».*

В описании самой методики (п. 2.3.), а также при опробовании ее на модельных данных (п. 3.1.2) соискатель приводит описание факторов, при которых рассматриваемая методика коррекции остаточных кинематических сдвигов неэффективна (стр. 58 и стр. 85):

- при отсутствии надежно прослеживаемого по латерали отражающего горизонта;
- при наличии инверсии скоростей в ВЧР;
- при наличии сильных скоростных аномалий ВЧР.

Исходя из этого можно заключить, что на большинстве исследуемых площадей Восточной Сибири, которые характеризуются сильными скоростными неоднородностями ВЧР и наличием сквозных амплитудно-частотных аномалий предлагаемая методика не может быть использована. Данное предположение подтверждается примерами опробования предлагаемого метода на модельных данных. В первой из представленных моделей, где присутствует надвиг, применение методики *«не позволило эффективно скомпенсировать аномалию «подтяжку» в силу отсутствия в требуемой зоне непрерывной корреляции горизонты»*. Во второй модели, где были заложены интрузивные тела в ВЧР *«реализация технологии коррекции кинематических сдвигов не представляется возможной в силу отсутствия непрерывного горизонта»*. В третьей модели с интервалами развития многолетнемерзлых пород *«попытки скорректировать сейсмический разрез*

*предлагаемой технологией не могут быть корректными». Насколько эффективно сработал предлагаемый подход в четвертой модели, оценить достаточно трудно из-за результирующей горизонтальной конфигурации выбранного горизонта ( $t = 1.15$  с.) после введения статических поправок (рис. 3.1.27). Геологического описания такого поведения пласта в работе не приведено.*

Накладываемые ограничения применения предложенной методики коррекции остаточных кинематических сдвигов относятся также к предлагаемому оптимальному графу обработки сейсмических данных. Исходя из указанного в тексте следующего пояснения: *«стандартная обработка выполнялась с применением тех же процедур и параметров за исключением коррекции остаточных кинематических сдвигов»*, можно заключить, что при наличии вышеописанных искажений ВЧР оптимальный граф будет соответствовать стандартному.

## **Научная новизна**

В диссертации заявлены три положения научной новизны:

### Положение научной новизны 1:

- *Впервые даны четкие методические рекомендации к выбору технологии построения моделей ВЧР при обработке сейсмических данных в условиях Восточной Сибири в зависимости от искажающих факторов в ВЧР.*

Формулировка данного положения научной новизны вызывает недоумение. Складывается заведомо ложное мнение, что до публикации данной диссертационной работы в научном сообществе не знали, как выбирать и применять методики построения скоростных моделей ВЧР в том числе в условиях Восточной Сибири. Либо, некие рекомендации существовали, но были даны «нечетко» и «невнятно». При этом в самой работе рассмотрены не

все методы, применяемые в обработке<sup>2</sup>, а те, что рекомендуются, например методы инверсии поверхностных волн, полноволновой инверсии и комплексирования геофизических полей, рассмотрены достаточно поверхностно, без описания области их применения и возможных допущений.

Как уже было указано ранее, представленные рекомендации отражают производственные стандарты обработки данных сейсморазведки Восточной Сибири и не являются научной новизной.

#### Положение научной новизны 2:

– *Предложена технология коррекции остаточных кинематических сдвигов, наиболее приспособленная к сложным сейсмогеологическим условиям Восточной Сибири.*

Как уже было сказано ранее, предложенная технология имеет ряд существенных ограничений, связанных с особенностями строения ВЧР, поэтому говорить о том, что она наиболее приспособлена к сложным сейсмогеологическим условиям Восточной Сибири не приходится. Вопрос применимости предложенного подхода к сейсмическим данным Восточной Сибири требует более детального изучения.

Стоит отметить, что рассматриваемая методика может быть полезна при обработке данных сейсморазведки в других регионах, что и отмечает соискатель в заключении диссертационной работы: *«методика является универсальной и рекомендована к применению в любых регионах, изучение которых осложнено аномалиями ВЧР».*

Между тем сходство предложенной методики с ранее известными подходами, такими как метод первого или верхнего опорного горизонта, в работе не рассматривается, что ставит под сомнение заявленную научную новизну.

---

<sup>2</sup> Например, томография по отраженным волнам, многоуровневая сейсморазведка [Долгих Ю.Н., 2014], параметрический пересчет на гладкую поверхность [Sysyoev A., Gorelik G., 2017], динамический аналог вертикального годографа ВСП [Иванов Г.В. и др., 2008] и др.

### Положение научной новизны 3:

- *Разработан оптимальный граф обработки сейсмических данных, который, благодаря предложенным автором рекомендациям по вводу статических поправок за неоднородности верхней части разреза и технологии коррекции остаточных кинематических сдвигов, позволяет существенно повысить качество корреляции целевых границ при значительных неоднородностях верхней части разреза.*

Разработанный «оптимальный граф» обработки сейсмических данных является стандартным графом с добавлением итерационного применения предложенной методики коррекции остаточного кинематического сдвига. При создании заявленного оптимального графа не предлагаются подходы по улучшению динамики волновой картины в зонах с аномальной ВЧР, а также подавления кратных волн, проблема которых является традиционной для сейсмических данных Восточной Сибири.

Поэтому попытка соискателя разработать единый и универсальный «оптимальный граф» обработки данных сейсморазведки для всех изучаемых площадей Восточно-Сибирского региона представляется маловероятным.

### **Замечания**

По результатам рецензирования диссертационной работы Емельяновой К.Л. оппонентом сформулированы следующие замечания:

#### Основные замечания:

1. Предложенные рекомендации по выбору методик построения скоростных моделей ВЧР в условиях Восточной Сибири известны и применяются в производственных проектах по обработке данных сейсморазведки;
2. Первое положение научной новизны не обосновано;
3. В работе не приведено сравнение и обоснование научной новизны предложенного подхода коррекции остаточных кинематических сдвигов с такими методами как: метод верхнего опорного горизонта и подходов

многоуровневой сейсморазведки, которые давно используются в обработке данных сейсморазведки;

4. Приведенные в работе условия применимости предложенного подхода коррекции остаточных кинематических сдвигов ставят под сомнения его использование на большей части изучаемых площадей Восточной Сибири и опровергают второе положение заявленной научной новизны;
5. Описание предложенного подхода коррекции остаточных кинематических поправок, который является основой научного исследования, приведено поверхностно на трех страницах текста диссертации;
6. При создании заявленного оптимального графа не предлагаются подходы по улучшению динамики волновой картины в зонах с аномальной ВЧР, а также подавления кратных волн;
7. В условиях отсутствия надежно прослеживаемого отражающего горизонта, наличия инверсии скоростей в разрезе и серьезных искажений скоростной модели ВЧР, что повсеместно распространено в Восточно-Сибирском регионе, предложенный оптимальный граф становится стандартным;

Дополнительные замечания:

1. В работе термины «технология», «метод» и «методология» используются в качестве синонимов, хотя это не так. То, что предлагает соискатель стоит называть не технологией, а методикой или подходом;
2. В тексте диссертации значительный объем посвящен обзорам и обобщениям, косвенно относящихся к сути работы;
3. В пределах Непско-Ботуобинской антеклизы помимо указанных соискателем перспективных объектов в осинском и усть-кутском продуктивных горизонтах, перспективными также являются песчаники ярактинского горизонта (отложения вендского и кембрийского возрастов);

4. Из текста и цели работы непонятно, планировала ли соискатель разработать оптимальную методику компенсации неоднородностей ВЧР для всех площадей Восточно-Сибирского региона или только площадей в пределах Непско-Батуобинской антеклизы (п. 1.1.1.);
5. В работе присутствуют отсылки к названиям программных пакетов, а не к описанию методов, которые в них реализованы;
6. Алгоритмы, реализованные в лицензионном программном обеспечении такие же, как и в нелицензионном - на выбор методики построения скоростной модели ВЧР это не повлияет (стр. 77);
7. Большой объем заимствований из диссертационной работы Коробкина В.С. (2020);
8. Некорректное самоцитирование (стр. 40, стр. 41, стр. 78, стр. 99);
9. В п. 3.2.1. временной сейсмический разрез до коррекции остаточных статических и кинематических поправок (рис. 3.2.8 а) выглядит более информативно (отражения на времени 0.75 – 1.25 с.), чем финальный временной разрез после стандартной обработки (рис. 3.2.17 а);
10. В примере 1 п. 3.2.2. вызывают сомнение приведенные фрагменты сейсмических разрезов. Судя по конфигурации горизонтов, а также отличающимся амплитудно-частотным характеристикам, представленные результаты обработаны с использованием разных графов;
11. Из текста диссертации неясно, являются ли приведенные примеры в п. 3.2.2 результатом соискателя или результатом ООО «РН-Эксплорейшн», полученных с использованием авторского подхода.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Соискатель Емельянова Ксения Львовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки).

**Официальный оппонент:**

кандидат технических наук, доцент кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

**ДАНЬКО ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**

Дата: 24 мая 2023 года

Контактные данные:

тел.: +

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.10 Геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых.

тел.: +7 (499) 507-88-88; e-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru)

Подпись работника факультета геологии и геофизики нефти и газа ФГАОУ  
ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»  
Данько Д.А. удостоверяю: