

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертацию Сиражева Армана Нурлановича

«Изучение рудных залежей методами 3D сейсморазведки и многоволновой сейсмотомографии
в сложных горно-геологических условиях Центрального Казахстана»

на соискание ученой степени доктора философии (PhD)

по специальности 8D07104 «Нефтяная и рудная геофизика»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлению развития науки и/или государственным программам	<u>Диссертация</u> соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно- технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан	В представленной работе показана возможность успешного применения трехмерной сейсморазведки для решения структурно-геологических задач, что является развитием приоритетного направления развития науки «Экология, окружающая среда и рациональное природопользование», сектор экономики «Геологоразведка». Результаты, представленные в диссертации выполнены в свете реализации «Концепции развития геологической отрасли РК до 2030 года» (Постановление Правительства РК от 13.08.2012 г., №1042), важная роль в которой отводится выполнению региональных, поисковых, поисково-оценочных и поисково-разведочных работ.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Важность работы Сиражева А.Н. заключается в получении уникальных и информативных данных о тектоническом строении стратиформных рудных объектов жезказганского типа, необходимых как для детального геологического изучения, так и решения горно-геологических вопросов.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: <u>высокий;</u>	Автор диссертации принимал непосредственное участие в исследованиях на всех этапах опытно-экспериментальных работ включая, проектирование полевых исследований, анализ особенностей и выбор системы полевых наблюдений для рудного разреза, контроле и оценке качества данных, последующей обработки, интерпретации и моделированию с применением современного программного обеспечения.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована;</u> 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	В современных условиях, при необходимости восполнения минерально-сырьевой базы Казахстана за счет поиска «скрытых», глубокозалегающих месторождений, применение геофизических методов, и в частности сейсморазведки, является весьма актуальным. Новые технологии методов обработки и интерпретации сейсмических данных предоставляют возможности для получения результативных сейсмических изображений в условиях сложнопостроенных геологических объектов.
		4.2 Содержание диссертации <u>отражает</u> тему диссертации.	Шесть глав рассматриваемой диссертационной работы взаимосвязаны и соответствуют теме диссертации. <u>Первая глава</u> рассматривает примеры из мировой практики использования сейсморазведки при

поисках и разведке рудных месторождений (Рудный Алтай, Норильск, Восточная Карелия и др.) и отражает перспективность развития таких работ.

Во второй главе дана геолого-геофизическая оценка объекта исследований диссертационной работы. В пределах Жезказганского рудного района выполнены как региональные (1:500 000-200 000) так и крупномасштабные геолого-геофизические работы масштаба 1:25000-1:50000 с целью поисков структур, перспективных на медное оруденение. Глава отражает основные особенности структурно-геологического строения Жезказганского рудного района.

В главе 3 рассмотрены особенности планирования сейсморазведочных работ для рудных объектов и выработаны рекомендации по обработке зарегистрированных сейсмических полей от неглубокозалегающих объектов.

Главы 4 и 5 рассматривают методику подхода к интерпретации сейсмических данных, применимую к структурно-тектоническому контролю рудных объектов.

Целью исследований являлась разработка технологии моделирования геологически сложнопостроенных рудных объектов на основе трёхмерной сейсморазведки в комплексе с геолого-геофизическими данными для последующего эффективного освоения и эксплуатации месторождений медистых песчаников.

Исследования проведены на рудопоявлениях и месторождениях медистых песчаников. Решены следующие задачи:

1. Получены сейсмические данные высокого разрешения во временной и глубинной областях;
2. Выполнен анализ волнового поля и построение скоростных моделей с выделением зон изменения упругих свойств, связанных с геологической неоднородностью в зонах медистых песчаников;
3. Проведены структурные и динамические интерпретации сейсмических данных и построение сейсмогеологической модели в зонах медистых песчаников жезказганского типа, включающие: структурное картирование скрытых рудоперспективных участков; сейсмофациальный анализ; выделение рудоконтролирующих тектонических нарушений; определение контуров рудовмещающих структурно-тектонических зон. В диссертационной работе подробно раскрыты этапы и условия решения поставленных исследовательских задач. Мнение рецензента – цели и задачи соответствуют теме диссертации.

Диссертация изложена на 157

страницах текста и состоит из введения, 6 разделов, заключения и списка использованных источников, состоящего из 97 наименований.

4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:

- 1) соответствуют;
- 2) частично соответствуют;
- 3) не соответствуют.

4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны;

	1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы упорядочены и взаимосвязаны. Исследования логически выстроены.
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) <u>аргументированы и оценены</u> по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ</u> <u>есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	Диссертантом установлено, что в условиях стратиформных месторождений жезказганского типа сейсморазведка в комплексе с другой геолого-геофизической информацией позволяет успешно решать весь спектр задач по прогнозированию и выделению потенциально перспективных участков. Полученные объемные сейсмические данные существенно дополняют гравимагнитные и геолого-структурные данные и обеспечивают наиболее полное обоснование постановки поисково-разведочных работ.
5. Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Диссертантом впервые сформированы основные элементы технологии, начиная от методики полевых 3D сейсморазведочных исследований, с обоснованием оптимального комплекса работ и технических средств, до обработки и комплексной интерпретации результатов 3D сейсморазведочных данных, построения объёмных сейсмогеологических моделей объектов исследований, в виде кубов трехмерных данных для рудных объектов стратиформного типа. В результате обработки данных 3D сейсморазведки получен «цифровой куб» с высоким разрешением (10х10х1м) до глубины 2.5 км, позволяющий проводить комплексный анализ волнового поля со всей имеющейся априорной геолого-геофизической информацией и структурно-поисковым бурением. Даны рекомендации по бурению заверочных скважин на слабоизученных флангах рудопроявлений и в зонах выклинивания минерализации. Заверочные скважины вскрыли медную и свинцово-цинковую минерализацию на продолжении известных рудных тел, что показало эффективность высокоразрешающей сейсморазведки в условиях характерных малых рудных мощностей, изучаемой группы рудопроявлений.
	5.2 Выводы диссертации являются <u>полностью</u> новыми	В диссертации показаны результаты детальных широкоазимутальных 3D сейсморазведочных работ, направленных на изучение рудных объектов. Исследования подтвердились результатами бурения разведочных скважин, что несомненно доказывает обоснованность и ценность диссертационной работы. Диссертантом установлено, что в условиях стратиформных месторождений Жезказганского типа сейсморазведка в комплексе с другой геолого-геофизической информацией позволяет успешно

6. Обоснованность
основных выводов

5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными

Все основные выводы достаточно хорошо обоснованы

решать весь спектр задач по прогнозированию и выделению потенциально перспективных участков. Полученные объемные сейсмические данные существенно дополняют гравиразведочные и магниторазведочные данные и обеспечивают наиболее полное обоснование постановки поисково-разведочных работ.

Выполнение сейсморазведки в трехмерном или двухмерном варианте, для решения структурно-геологических вопросов и прогнозирования месторождений стратиформного типа в условиях Центрального Казахстана, на стадии поисков, разведки и эксплуатации может быть внедрено в производство на поисково-разведочном этапе рудных месторождений. Выполнение 3D сейсмических исследований не заменяет проведения других видов исследований, а является высокоэффективным новым методом изучения сложнопостроенных рудовмещающих структурно-тектонических зон.

По результатам сейсмических исследований автором диссертационной работы сделаны следующие выводы и предложены практические рекомендации:

1. Использование высокоплотностной широкоазимутальной сейморазведки 3D с применением современных регистрирующих, обрабатывающих и интерпретационных комплексов позволяет: детально изучить структурно-тектонического строения рудных районов; обнаружить и провести глубинное картирование рудоконтролирующих разломов; определить пространственное положения рудоносных горизонтов; провести локализацию поисковой цели.
2. Автором на примере исследований по 3-м опытным участкам, характеризующиеся разными геологическими условиями формирования оруденения доказано преимущество данной модификации сейсморазведки, дающая возможность получения синтезированных временных разрезов в любом выбранном направлении, выбора эффективной плотности наблюдений, повышенной помехоустойчивости, выполнения трехмерной миграции, лучшей сходимости по динамическим параметрам, получения кубов данных.
3. При планировании дальнейших исследований МОГТ-3D рекомендуется:
 - в зависимости от особенностей геологического строения и глубины исследований, выбирать шаблон единичной расстановки и расширить количество трасс ближних удалений для более качественного отображения;
 - неглубокозалегающих геологических границ
 - сейсморазведочные работы должны выполняться с применением современной технологии и оборудования, с привлечением квалифицированного

персонала, позволяющие получить первичные материалы высокого качества, подлежащие дальнейшей обработке и интерпретации;

-обработка сейсморазведочных данных 3D должна включать тестирование и выбор оптимальных параметров и процедур, обеспечивающих оптимальное соотношение сигнал/помеха, определение скоростных характеристик, выделение и прослеживание целевых и вспомогательных отражений, изучение динамических параметров сигналов.
-методика интерпретации сейсморазведочных данных 3D должна обеспечить решение поставленных геологических задач, увязку с сопредельными участками, достоверные глубинные преобразования, изучение и прогноз параметров среды, базироваться на комплексном анализе геолого-геофизических данных.

4. Для качественной привязки сейсмического волнового поля к геологическим границам рекомендуется проведение комплекс скважинных исследований (ВСП и ГИС).

8. С целью повышения эффективности решения обратных динамических задач при интерпретации материалов сейсморазведки предполагается максимально полное использование априорной сейсмогеологической информации, которая должна формироваться на основе данных бурения скважин в пределах участка, ГИС и специальных видов обработки сейсмических данных.

9. Достоверность выделения геологических границ и литологической неоднородности разреза значительно повышается в ходе дальнейшей интерпретации сейсмических данных на основе широкого применения дополнительной информации магниторазведки, гравиразведки и др.)

Рецензент согласен с представленными выводами и рекомендациями.

В работе для обсуждения вынесены четыре защищаемые положения:

1. Системы полевых наблюдений методом высокоразрешающей объемной сейсморазведки МОГТ-3D, с повышенной кратностью на целевых интервалах, с применением современных процедур цифровой регистрации, обработки и интерпретации, обеспечили получение высокоинформативных данных для моделирования рудных залежей с высокой степенью достоверности;

Доказано заверочным бурением, вскрывшим минерализацию на флангах, не является тривиальным; Позволяет получить новые данные о глубинном строении распространения рудовмещающей толщи;

2. На основе анализа волнового поля и построения скоростных моделей выявлены

Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:

7.1 Доказано ли положение?

7. Основные положения, выносимые на защиту
- 1) доказано;
 - 2) скорее доказано;
 - 3) скорее не доказано;
 - 4) не доказано;
 - 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.

7.2 Является ли
тривиальным?

- 1) да;
- 2) нет;
- 3) в текущей
формулировке проверить
тривиальность положения
невозможно.

7.3 Является ли новым?

- 1) да;
- 2) нет;
- 3) в текущей
формулировке проверить
новизну положения
невозможно.

7.4 Уровень для
применения:

- 1) узкий;
- 2) средний;
- 3) широкий;
- 4) в текущей
формулировке проверить
уровень применения
положения невозможно.

7.5 Доказано ли в статье?

- да, доказано;
- 2) нет;
- 3) в текущей
формулировке проверить
доказанность положения в
статье невозможно.

закономерности изменения упругих свойств геологической среды рудных полей месторождений стратиформного типа и, в комплексе с разведочным бурением, установлены границы пространственного размещения рудовмещающих горизонтов;

Сопоставление данных бурения и сейсморазведки, выделение пространственного расположения геологических границ с помощью сейсмических волн дополняет традиционные методы разведки бурением и несомненно расширяет возможности исследований глубинного строения.

Положение доказано, не является тривиальным и уточняет строение Жиландинского рудного поля.

3. Установлена связь сейсмических атрибутов с петрофизическими параметрами целевых рудоносных горизонтов. Это позволило детально изучить геологический разрез и оконтурить рудные тела на локальных разведанных участках Жиландинской группы месторождений медистых песчаников в Жезказганском рудном районе;

Доказано моделированием и заверочным бурением, вскрывшим минерализацию на флангах, не является тривиальным; Позволяет получить новые данные о глубинном строении месторождений;

4. Геостатистическое моделирование методом интерполяции значений содержания металла (Cu, Pb, Zn) и изучение 3D-поля энергии рассеянных волн методом СЛБО, отождествляемое с индексом открытой трещиноватости, выявили дополнительные критерии локализации рудных залежей в месторождений меди стратиформного типа.

Доказано, не является тривиальным. Литологические разности в интервалах с повышенными содержаниями рудных минералов действительно характеризуются средней пористостью, подвержены интенсивной трещиноватостью и раздробленностью, что уверенно фиксируется по петрофизическим параметрам горных пород и изучение энергии рассеянных волн методом СЛБО действительно предоставляет новые возможности для поиска минерализации.

8.1 Выбор методологии - Методология поэтапно и очень подробно описана в обоснован или главах 3,4 и 5 рассматриваемой работы. Автором

методология достаточно установлена связь геолого-структурных особенностей и формационной неоднородностью геологического разреза с геофизическими аномалиями и возражений не вызывает.

8.2 Результаты
диссертационной работы
получены с
использованием
современных методов
научных исследований и

Применение широкоазимутальной 3D сейсморазведки и получение сейсмических изображений высокого разрешения, построение сейсмической модели с выделением зон изменения упругих свойств, на основе специализированных геоинформационных систем, автором показан переход к новому уровню решаемых задач -

методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:

1) да;

2) нет.

8.3 Теоретические

выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):

1) да;

2) нет.

8.4 Важные утверждения

подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.

8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.

9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:

1) да;

2) нет.

9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:

1) да;

2) нет.

9.3 Предложения для практики являются новыми:

1) полностью новые;

обнаружению и объемному изучению либо факторов непосредственного рудоконтроля, либо самих рудных залежей.

В разделе 6.2. детально представлены автором диссертации теоретические подходы решения практических задач, обоснованы научные результаты исследований. Выводы и рекомендации получены по результатам опытно-экспериментальных полевых исследований на выбранных участках месторождений Жиландинской группы. Рецензент не имеет возражений против их обоснованности.

В списке источников научной литературы приведены ссылки как на исторические исследования, так и на современные публикации.

Список литературных источников достаточен, но может быть дополнен ссылками на другие работы.

Рассматриваемая работа скорее направлена на разработку научно-практической методологии исследований, чем на теоретические научные изыскания.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к изучению глубинного строения и поиску новых «скрытых» и глубокозалегающих рудных месторождений.

Сейсмические методы все чаще используются в рудной геологии для изучения глубинных геологических структур вмещающие рудоносные горизонты. Применение данных 3D сейсморазведки на рудных объектах Жезказганского района Центрального Казахстана позволили существенно расширить возможности выявления

		2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);	рудоперспективных структур и рудных залежей медистых песчаников.
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		Качество академического письма:	Диссертационная работа написана научным, профессиональным языком, материалы текста диссертации лаконичны и достаточно понятны, сопровождаются необходимым количеством доказательного графического и табличного материала.
10.	Качество написания и оформления	1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	
		1. На месторождениях медистых песчаников жезказганского типа отсутствует прямая корреляция трещиноватости с продуктивностью, что ограничивает достоверность технологии СЛБО для прогнозирования минерализации, поэтому повышение эффективности прогноза должно быть основано на комплексировании результатов сейсморазведки и других геофизических технологий (грави-, магнито-, электроразведочных), данными специализированных каротажей.	
		2. Выполнение 3D сейсмических исследований ни в коем случае не отменяет необходимости проведения других видов исследований: давая уникальные данные о структурном строении исследуемой площади, применение только 3D-сейсморазведки не гарантирует высокую достоверность прогнозирования. Это необходимо указать в выводах диссертации.	
		3. Диссертантом в главе 2.2, приводятся наименования многочисленных структурно-тектонических элементов Жезказганского рудного района, при этом на приведенной тектонической схеме они не указаны. Рекомендуется ограничить описание основными элементами: основные разломы: Восточно-Улытауский, Теректинский, Жезказганская синклиналь, Жанайская, Кенгирская Уйтасская антиклинали, Эскулинский купол и показать их на схеме тектонического строения.	
		4. Описание стратиграфии разрезы необходимо привести к стандартному описанию от самых древних в районе к молодым.	
11.	Замечания к диссертации	5. В главе 2.2 указывается что <i>мощная жиделисайская свита, является экраном для дальнейшего подъема насыщенных металлами гидротерм.</i> Однако в жиделисайской свите обнаруживается медная минерализация, например, месторождение Таскура на контакте красноцветных терригенных пород жиделисайской свиты (P ₁ žd) с терригенно-карбонатной сероцветной толщей кенгирской свиты (P ₁₋₂ kn). Это обстоятельство открывает перспективы исследований и поиска минерализации не только в Жезказганской толще, но и в перекрывающей толще пермских отложений и большую роль здесь может играть сейсморазведка для поиска каналов миграции рудоносных растворов.	
		6. В той же главе 2.2 указано что, на западе Жезказганская синклиналь контактирует по Восточно-Жиландинскому разлому, следует исправить название разлома на Восточно-Улытауский, контактирует с Жанайской антиклиналью.	
		7. Учитывая, что оруденение Жиландинской группы месторождений локализовано в нижней части таскудукской свиты и в подстилающих ее отложениях белеутинского горизонта серпуховского яруса, по тексту необходимо убрать из геологического строения месторождений наименование «раймундовские конгломераты, залегающие выше.	
		8. Обзорная геологическая карта Жезказганского района с участками проведенных сейсморазведочных работ (фрагмент, по материалам Ю.А. Зайцева 1975) приведенная в тексте диссертации не читаемая и не имеет условных обозначений. Предлагается использовать графическое приложение с кондиционной геологической картой и легендой.	
		9. По тексту встречается различное написание структурно-геологических элементов, например, <i>Жезказганской синклинали</i> и <i>Джезказганской синклинали</i> , необходимо привести в соответствие с современным наименованием.	
12.	Научный уровень статей докторанта по	Список научных публикаций автора диссертационной работы состоит из 3 публикаций в зарубежных изданиях, входящих в базу данных SCOPUS/Web of	

	теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Science, 5-ти публикаций в местных научных изданиях, а также одной монографии. Все публикации связаны с тематикой научных исследований в рассматриваемой диссертационной работе. Научный уровень публикаций можно оценить, как высокий.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа «Изучение рудных залежей методами 3D сейсморазведки и многоволновой сейсмотомографии в сложных горно-геологических условиях Центрального Казахстана» отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD), а ее автор Сиражев Арман Нурланович может быть рекомендован для присуждения ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07104 «Нефтяная и рудная геофизика»

Главный геолог ТОО «Kazakhmys Barlau»
кандидат геолого-минералогических наук
FPONEN0058, QMR

Ниценко Павел Александрович

м/п

