

УДК 622.276.6
МРНТИ 52.47.27

ОПЫТ ПЛАНИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ 3D НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО БАССЕЙНА

А.Ж. Кенесары¹, М. Колдей², Ж. Исламбердиев²

¹ ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан, Казахстан

² ТОО «СП «Казгермунай», г. Кызылорда, Казахстан

Современное развитие технологий проведения сейсморазведочных полевых работ, методик обработки и интерпретации данных позволяют получить качественный материал не только для изучения структурных особенностей, но и для углубленного анализа анизотропии пород: детального понимания пространственной неоднородности литологических и петрофизических свойств, прогнозирования характера флюидонасыщения, анализа мелкодизъюнктивной тектоники, плотности и геометрии распространения трещиноватости.

Немаловажным при проведении полевых сейсморазведочных работ и обработки является контроль качества на всех его этапах. Необходимо понимать, что контроль качества заключается в непосредственном участии в процессе работ от начала планирования сейсморазведочных работ до получения финального результата и интерпретации.

В данной статье рассмотрена важность полного технического сопровождения сейсморазведки от планирования и дизайна полевых работ до выбора оптимального графа обработки, результаты которой в значительной степени окажут эффект на структурную и динамическую интерпретацию. На примере месторождения Южно-Торгайского бассейна продемонстрировано, как детально подобранный дизайн сейсморазведочных работ, использование новейших технологий полевых работ и обработки данных позволили получить более полную геолого-геофизическую информацию. В результате проведенных в 2021 г. работ все скважины, заложенные на основе новой сейсморазведки, получили промышленный приток углеводородов.

Ключевые слова: сейсморазведка, высокоразрешающая сейсморазведка, 3D МОГТ, высокоразрешающие сейсморазведочные работы, полевые работы, обработка сейсмического материала, инверсия сейсмических данных.

В связи с истощением запасов углеводородов (далее – УВ) и падением уровня добычи по месторождению перед ТОО «СП «Казгермунай» (далее – КГМ) встала задача поиска потенциала прироста ресурсной базы для обеспечения рентабельной добычи и продления жизни месторождения. Было принято решение провести площадные трехмерные сейсмические исследования в модификации высокого разрешения, которые были направлены на решение геологических задач:

- определение распространения многослойных песчаных коллекторов;
- выявление литологически экранированных ловушек;
- выявление малоамплитудных тектонических нарушений и приуроченных к ним зон трещиноватости;
- уточнение зон распространения остаточных извлекаемых запасов для оптимизации системы разработки;

- поиск новых потенциальных проспектов;
- изучение строения палеозойских отложений.

Полевые работы

Для решения вышеперечисленных задач специалистами КГМ и ТОО «КМГ Инжиниринг» были рассмотрены различные варианты дизайна полевой системы наблюдений для выбора оптимальных параметров. Выбор параметров исходил из потребности изучения продуктивных горизонтов, расположенных на относительно небольших глубинах, но при этом получения оптимального качества изображения глубоко залегающих пород. Окончательные параметры полевой съемки, отвечающие всем геологическим требованиям, представлены в табл. 1 [1].

Таблица 1. Параметры полевой съемки

№ п/п	Наименование параметров	Фактические параметры съемки, 2001 г.	Начальные параметры съемки, 2019 г.	Окончательные параметры съемки, 2019 г.
1	Полная кратность	30	638	880
2	Размер бина, м*м	25 × 25	10 × 10	12,5 × 12,5
3	Максимальное удаление «взрыв – прием», м	2308	3183	5044
4	Соотношение полуосей шаблона (Aspect Ratio) = Xs:Yr	0,83	0,95	0,57 (глубина 5044 м) 1 (глубина < 2200 м)
5	Вибрационный источник	4 вибр.* × 2 свип/ПВ**, 8–96 Гц***	2 вибр. × 1 свип/ПВ, 1,5–110 Гц	2 вибр. × 1 свип/ПВ, 1,5–110 Гц

*вибр. – вибратор

**ПВ – пункт взрыва

В итоге выбран последний вариант (табл. 1) с бином 12,5 × 12,5 м, высокой кратностью (880) и большой глубиной исследования (до 5044 м). Также система является полноазимутальной до глубины 2200 м, что позволило детально изучить геологию продуктивных пластов. Использование большого количества техники и оборудования для выполнения сейсмических исследований в выбранной модификации не превысило плановый бюджет.

В результате достигнуто существенное улучшение следующих параметров полевой системы наблюдения:

1. Сейсмическая съемка проводилась с более **широким азимутом** наблюдений с целью увеличения разрешения в продольном и поперечном направлениях для сложных пространственных структур.

2. Получен более **широкий диапазон частот**, в результате чего существенно увеличено разрешение сейсмических данных, что позволит эффективнее решать вопросы изображения сложных пространственных структур, улучшая соотношение сигнал/помеха, и повысит вероятность прогноза по результатам инверсии сейсмических данных.

3. Путем уменьшения шага дискретности (сгущение) элементов системы достигнута более **высокая плотность**, что позволило значительно улучшить качество и точность изображения свойств структур по латерали, а также обнаружение линий тектонических нарушений и трещиноватости.

Ниже представлен наглядный пример влияния данных параметров на примере фотографий (рис. 1) [2].

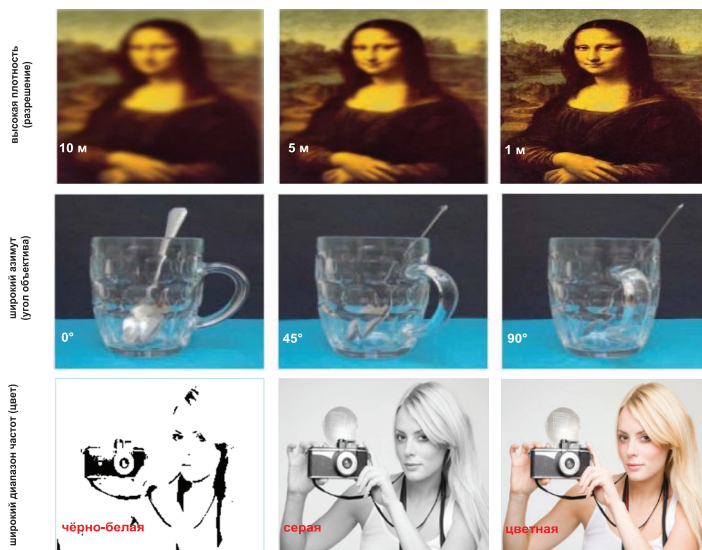


Рисунок 1. Улучшение качества сейсмического материала на примере фотографий

Можно отметить улучшение качества геологического разреза и увеличение разрешающей способности (детальность до 16–20 м) сейсмического материала (рис. 2–5).

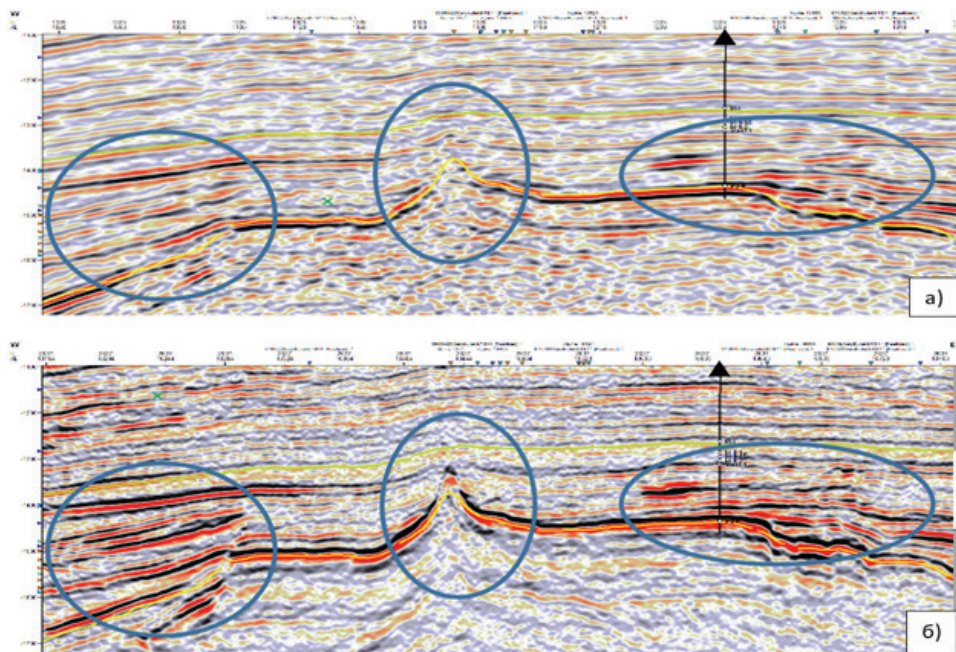


Рисунок 2. Сейсмический разрез PSTM*

а) сейсморазведка, 2001 г.; б) ВРС**, 2019 г. [3]

*PSTM – куб временной миграции до суммирования

**ВРС – высокоразрешающие сейсморазведочные работы

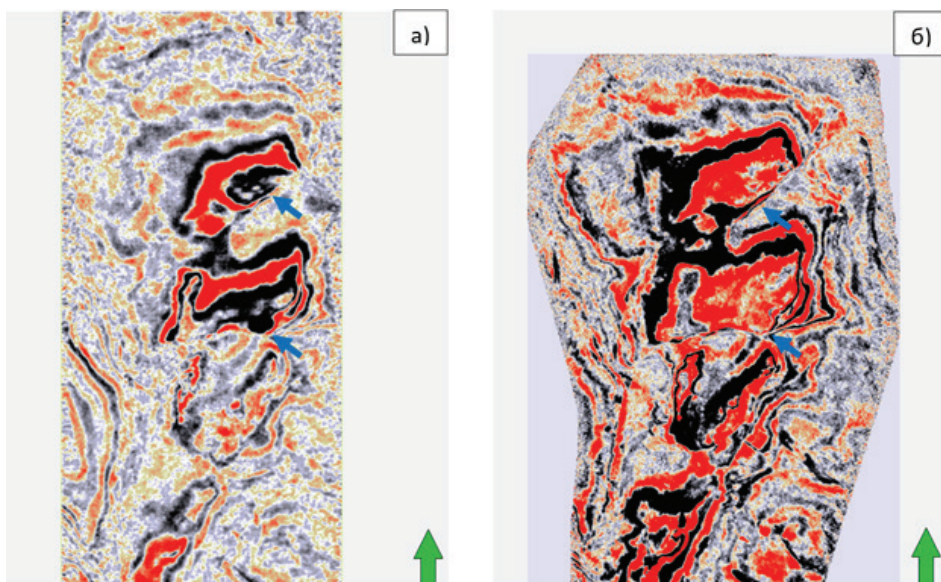


Рисунок 3. Сейсмический слайс на уровне 1500 мс

а) сейсморазведка, 2001 г.; б) ВРС, 2019 г. [3]

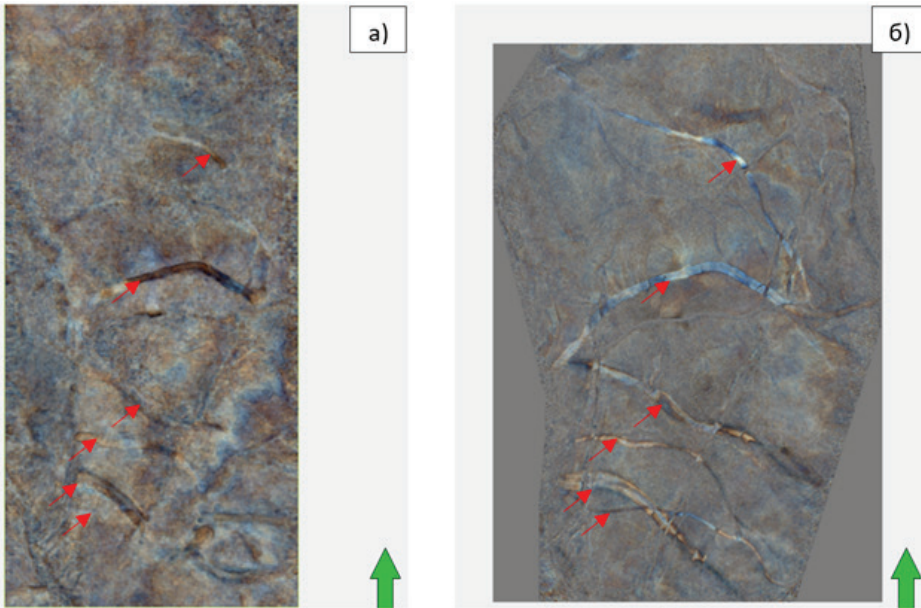


Рисунок 4. Сейсмический слайс атрибутного куба Eshchegome
а) сейсморазведка, 2001 г.; б) ВРС, 2019 г. [3]

Использование низкочастотных вибраторов предоставило возможность расширить спектр частот в сторону низких и

высоких частот (3–110 Гц), что позволит в дальнейшем выполнять более достоверную сейсмическую инверсию.

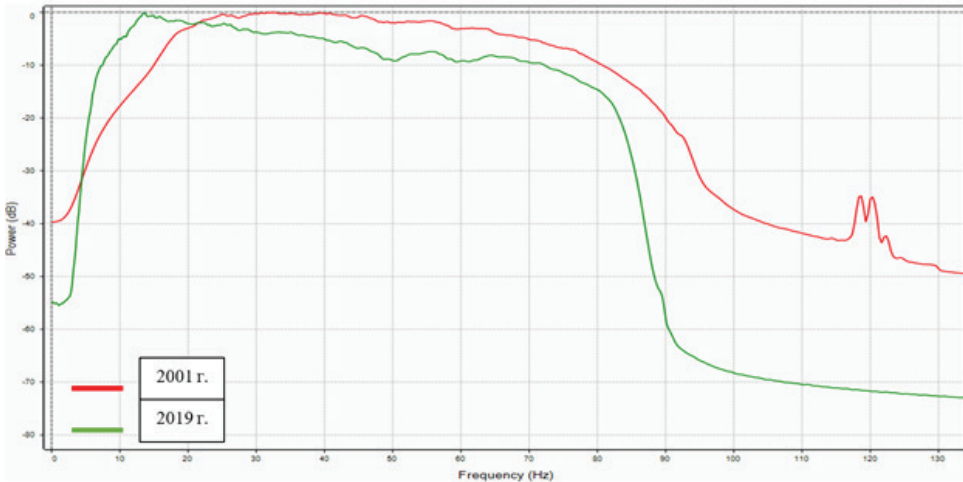


Рисунок 5. Амплитудно-частотный спектр

Фактически по проекту было отработано 83056 ПВ, средняя производительность сейсморазведочных работ составила 202,96 ф.т./сут. Такая высокая производительность достигнута за счет применения новой методики возбуждения сейсмического сигнала «слип-сви́п» (рис. 6). Методика «слип-сви́п» – это перекрытие сви́пов разных групп вибраторов, что дает резкое

увеличение производительности, высокую плотность виброточек, высокую кратность, высокую детализацию среды, большую маневренность (особенно в районах с развитой инфраструктурой) [4]. Параметры сви́па (управляющий сигнал/колебание, создаваемый виброисточником) полевых работ представлены в табл. 2 [1].

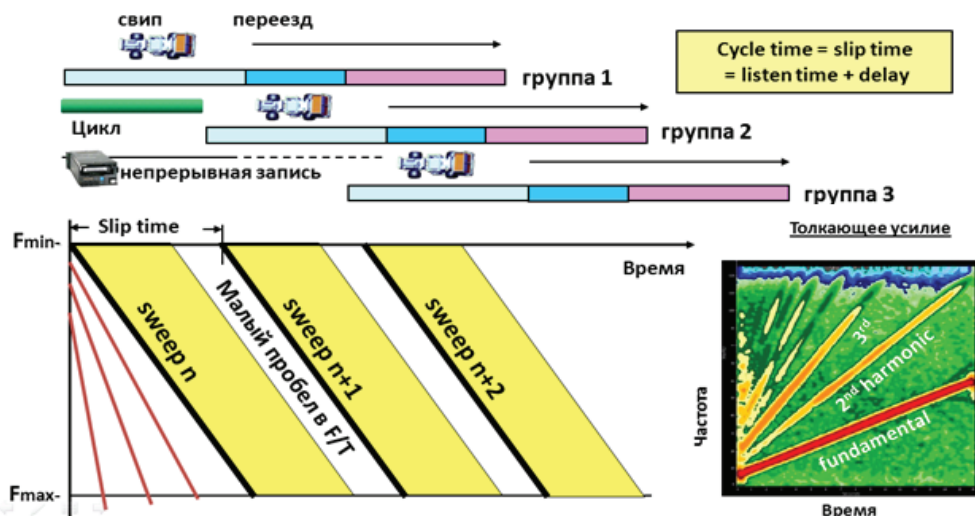


Рисунок 6. Методика отстрела «слип-свип»

Таблица 2. Параметры свипа полевых работ 3D ВРС, 2019 г.

Параметр	Характеристика
Методика работ	Слип-свип
Количество вибраторов	2 шт./ПВ
Количество воздействий	1 свип/ПВ
Количество групп вибраторов	4 группы
Частотный диапазон СВИПа	3–110 Hz
Длина СВИПа	14 сек
Слип-тайм	T + 0 сек (14 сек)
Номинальное усилие вибраторов	65%
Конусность в начале и конце СВИПа, Target	500 мсек
Тип СВИПа	Линейный
Расстановка вибраторов	Линейная, 2 вибратора, база 15 м

Применение методики отстрела «слип-свип» позволило уменьшить срок выполнения проекта более чем в 3 раза (с 165 календарных дней до 51 дня), что является достаточно хорошим результатом без потери качества.

Обработка сейсмических данных

Учитывая результаты обработки старых материалов КГМ (2005 г.), а также новые мировые тенденции в обработке данных, специалистами был составлен оптимальный граф обработки для решения геологических задач. Для этого были привлечены две ведущие компании в области обработки, использующие разные технологии, с целью получения качественного материала. На рис. 7 представлен амплитудно-частотный спектр, который хорошо демонстрирует разницу двух результиру-

ющих кубов PSTM, выполненными разными компаниями. Компании 1 удалось добиться лучших результатов в сохранении низких частот материала, тогда как компания 2 улучшила спектр в сторону высоких частот.

В ходе выполнения работ супервайзерами тщательно контролировались этапы статической поправки, подавления линейных помех, коррекции амплитуд, деконволюции, анализа скоростей, подавления кратных волн и случайных помех, миграции для улучшения качества материала. После окончания каждого этапа все выбранные параметры согласовывались с супервайзерами, и после получения одобрения работы переходили на следующий этап. Ниже представлены результаты работ двух независимых компаний (рис. 8–9).

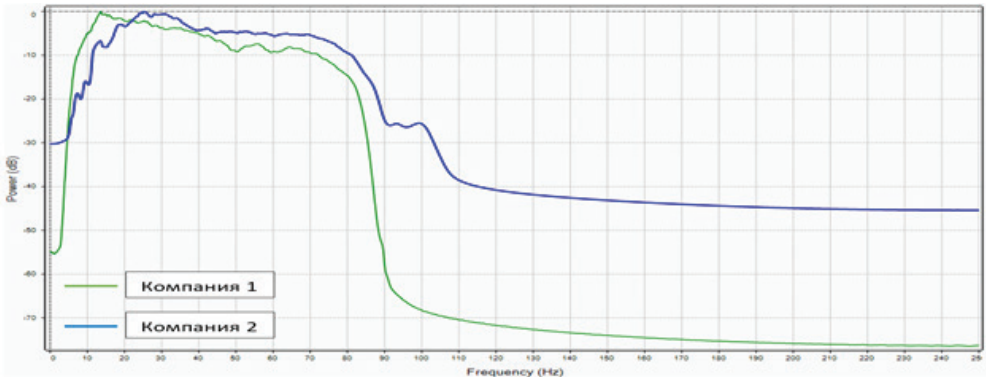


Рисунок 7. Амплитудно-частотный спектр двух кубов PSTM по результатам обработки полевой сейсмической съемки исследуемой территории

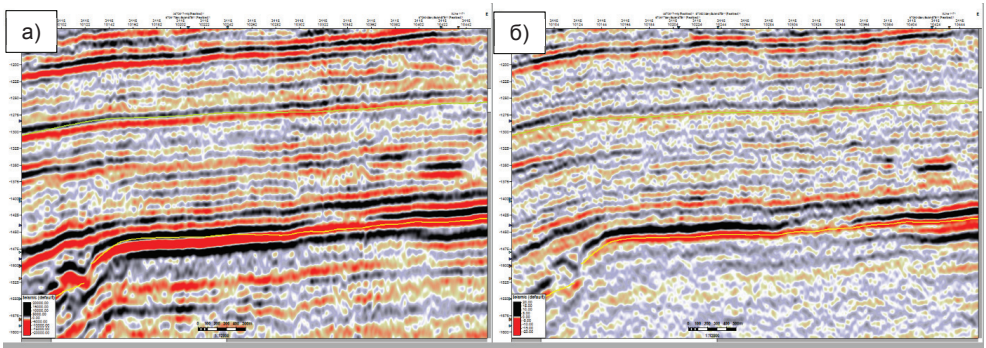


Рисунок 8. Временной сейсмический разрез
а) компания 1; б) компания 2

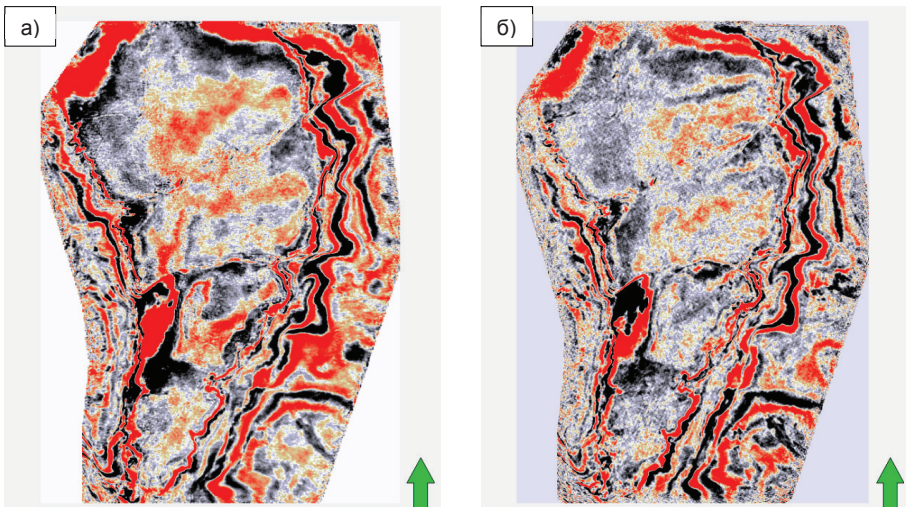


Рисунок 9. Временной сейсмический слайс на уровне 1500 мс
а) компания 1; б) компания 2

Сравнение итогов обработки показало, что результаты, полученные первой компанией, имеют лучший диапазон ча-

стот и непрерывную синфазность по сравнению с результатами, достигнутыми второй компанией.

Заключение

В результате комплексного подхода к моделированию дизайна площадной системы наблюдений, проведению сейсмической съемки и обработки удалось получить качественный сейсмический материал. На основе полученного материала КГМ смог детализировать геологическое строение продуктивных горизонтов и глубокозалегающих отложений палеозоя.

Основываясь на результатах работ, можно отметить, что КГМ получил хороший прирост геологической информации по сейсмическим данным, а именно: уточнены геометрия литологических неоднородностей и граница фундамента, детализированы структурные нарушения и расширен частотный спектр для сейсмической инверсии. По результатам бурения и испытания во всех скважинах в 2021 г.

был получен промышленный приток нефти, который был заложен на основе новых данных 3D ВРС.

На основе проведенных работ и полученного опыта рекомендуется в начале сейсморазведочных работ проводить анализ системы наблюдений полевых работ для выбора оптимального варианта решения геологических задач и выполнять тестирование обработки сейсмических данных разными компаниями на небольшом секторе в рамках пилотных проектов для определения компании-исполнителя. Также рекомендовано полное техническое сопровождение (супервайзинг) при выборе параметров на всех этапах процесса обработки. В процессе супервайзинга следует фокусироваться на этапах статической поправки, шумоподавления, подавления кратных волн, деконволюции и миграции.

Список использованной литературы

1. Технический отчет о выполнении полевых высокоразрешающих сейсморазведочных работ 3D-МОГТ на месторождении Акшабулак в Кызылординской области Республики Казахстан. – г. Кызылорда, ТОО «БИДЖИПИ Геофизические услуги (Казахстан)», 2020 г., с. 80. // *Tekhnicheskij otchet o vypolnenii polevyh vysokorazreshajushhih sejsmorazvedochnyh rabot 3D-MOGT na mestorozhdenii Akshabulak v Kyzylordinskoj oblasti Respubliki Kazakhstan* [Technical report on the implementation of field high-resolution 3D-CDPM seismic surveys at the Akshabulak field in the Kyzylorda region of the Republic of Kazakhstan]. – Kyzylorda, ТОО «БИДЖИПИ Геофизические услуги (Казахстан)», 2020, 80 p.
2. http://www.bgp.com.cn/bgpen/SeismicAcquisition/first_common.shtml.
3. Отчет о результатах обработки и интерпретации данных высокоразрешающих сейсморазведочных (ВРС) работ 3D-МОГТ, выполненных в пределах контрактной территории ТОО «СП «Казгермунай» на месторождениях Акшабулак Центральный и Акшабулак Южный в 2019–2020 гг. – г. Кызылорда, ТОО «Professional Geo Solutions Kazakhstan», 2020 г., с. 291. // *Otchet o rezul'tatah obrabotki i interpretacii dannyh vysokorazreshajushhih sejsmorazvedochnyh (VRS) rabot 3D-MOGT, vypolnennyh v predelah kontraktnoj territorii ТОО «SP «Kazgermunaj» na mestorozhdenijah Akshabulak Central'nyj i Akshabulak Juzhnyj v 2019–2020 gg.* [Report on the results of processing and interpretation of high-resolution (HRS) 3D-CDPM seismic surveys data, performed within the contract area of JV Kazgermunai LLP at the Akshabulak Central and Akshabulak Southern fields in 2019–2020] – Kyzylorda, ТОО «Professional Geo Solutions Kazakhstan», 2020, 291 p.
4. Калмагамбетов Ж. Сейсмика нефтяного месторождения и направления ее развития в Казахстане. – Материалы V Международной научной геологической конференции «Атырау-2019», г. Атырау, 2019 г., с. 14. // *Kalmagambetov Zh. Sejsmika neftjanogo mestorozhdenija i napravlenija ee razvitija v Kazakhstane* [Seismic of an oil field and the direction of its development in Kazakhstan]. – Materialy V Mezhdunarodnoj nauchnoj geologicheskoi konferencii «Atyraugeo-2019» [Proceedings of the V International Scientific Geological Conference "Atyraugeo-2019"], Atyrau, 2019, 14 p.
5. http://www.bgp.com.cn/bgpen/SeismicAcquisition/first_common.shtml.

ОҢТҮСТІК ТОРҒАЙ БАССЕЙНІНІҢ КЕН ОРНЫ МЫСАЛЫНДА 3D СЕЙСМИКАЛЫҚ БАРЛАУ ЖҰМЫСТАРЫН ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ СҮЙЕМЕЛДЕУ ТӘЖІРИБЕСІ

А.Ж. Кенесары¹, М. Көлдей², Ж. Исламбердиев²

¹ «ҚМГ Инжиниринг» ЖШС, Нұр-Сұлтан қ-сы, Қазақстан

² «Қазгермұнай» БК» ЖШС, Қызылорда қ-сы, Қазақстан

Сейсмикалық барлау дала жұмыстарын жүргізу технологияларының, деректерді өңдеу және түсіндіру әдістемелерінің қазіргі заманға сай дамуы құрылымдық ерекшеліктерді зерттеу үшін ғана емес, сонымен қатар тау жыныстарының анизотропиясын терең талдау үшін де сапалы материал алуға мүмкіндік береді: литологиялық және петрофизикалық қасиеттердің кеңістіктік гетерогенділігін толық түсіну, сұйықтықтың қанықтылығын болжау, ұсақ тектониканы, таужыныстардың жарықшақтылығының таралу тығыздығы мен геометриясын талдау.

Далалық сейсмикалық барлау жұмыстарын жүргізу және өңдеу кезінде оның барлық кезеңдерінде сапаны бақылау маңызды болып табылады. Сапаны бақылау сейсмикалық барлау жұмыстарын жоспарлау басталғаннан бастап соңғы нәтиже алуға және түсіндіруге дейінгі жұмыстар процесіне тікелей қатысудан тұратынын түсіну қажет.

Бұл мақалада далалық жұмыстарды жоспарлау мен жобалаудан бастап өңдеудің оңтайлы бағаны таңдауға дейінгі сейсмикалық барлауды толық техникалық сүйемелдеудің маңыздылығы қарастырылған, оның нәтижелері айтарлықтай дәрежеде құрылымдық және динамикалық түсіндіруге әсер етеді. Оңтүстік Торғай бассейнінің кен орны үлгісінде сейсмикалық барлау жұмыстарының толық таңдалған дизайны, далалық жұмыстардың жаңа технологияларын пайдалану және деректерді өңдеу, геологиялық-геофизикалық ақпаратты неғұрлым толық алуға мүмкіндік бергендігі көрсетілді. Нәтижесінде 2021ж. жаңа сейсмикалық барлау негізінде салынған барлық ұңғымалар көмірсутектердің өнеркәсіптік ағынын алды.

Негізгі сөздер: сейсмикалық барлау, жоғары ажыратымдылық сейсмикалық барлау, 3D ЖТНӨ, жоғары ажыратымдылық сейсмикалық барлау жұмыстары, далалық жұмыстар, сейсмикалық материалды өңдеу, сейсмикалық деректерді инверсиялау.

EXPERIENCE OF PLANNING AND SUPPORT OF 3D SEISMIC EXPLORATION ON THE EXAMPLE OF A DEPOSIT IN THE SOUTH TORGAY BASIN

A.Zh. Kenessary¹, M. Koldey², Zh. Islamberdiev²

¹ KMG Engineering LLP, Nur-Sultan, Kazakhstan

² JV Kazgermunai LLP, Kyzylorda, Kazakhstan

The modern development of seismic fieldwork technologies and data processing and interpretation techniques make it possible to obtain high-quality material not only for studying structural features, but also for in-depth analysis of rock anisotropy: a detailed understanding of the spatial heterogeneity of lithological and petrophysical properties, predicting the nature of fluid saturation, analyzing finely disjunctive tectonics, fracture density and propagation geometry.

Quality control at all stages of the field seismic survey and processing is also important. It is necessary to understand that quality control consists in direct participation in the work process from the beginning of seismic survey planning to obtaining the final result and interpretation.

This article discusses the importance of full technical support for seismic exploration from planning and design of field work for solving the geological problems, to choosing the optimal processing graph, the results of which have a significant effect on structural and dynamic interpretation. On the example of the South Torgay Basin field, the detailed design of seismic surveys, the use of the latest fieldwork and data processing technologies made it possible to

obtain more complete geological and geophysical information. As a result of the work carried out, in 2021, all wells drilled on the basis of the new seismic survey obtained an industrial inflow of hydrocarbons.

Key words: seismic exploration, high-resolution seismic exploration, HRS, 3D-CDPM, fieldwork, seismic data processing, seismic data inversion.

Информация об авторах

***Кенесары Абзал Жұмажанұлы** – руководитель службы развития ресурсной базы разрабатываемых месторождений, *a.kenessary@niikmg.kz*.

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан, Казахстан

Келдей Мейрімбек – заместитель генерального директора по геологии, *mkoldey@kgm.kz*.

Исламбердиев Жарас – ведущий геолог отдела геологии, *zislamberdiyev@kgm.kz*.

ТОО «СП «Казгермунай», г. Кызылорда, Казахстан

**Автор, ответственный за переписку*