

УДК 622.276.1; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2025-3.04>

<https://orcid.org/0000-0001-9445-1635>

<https://orcid.org/0000-0001-8141-4122>

<https://orcid.org/0000-0003-1354-7155>

<https://orcid.org/0009-0008-8181-1142>

<https://orcid.org/0009-0008-0920-978X>

<https://orcid.org/0009-0004-7932-6827>

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В СЛОЖНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ УСЛОВИЯХ



А.Ж. КЕНЕСАРЫ¹,
магистр технических наук,
заместитель директора
по геологии, разработке
и проектам НИОКР,
a.kenessary@king.kz



М. КӨЛДЕЙ²,
заместитель генерального
директора по геологии
и разработке,
m_koldey@kbm.kz



Ф. ЮКУЙ²,
заместитель генерального
директора по геологии
и разработке,
y_feng@kbm.kz



К.В. ЗАКРЯКИН³,
главный геолог,
k.zakryakin@azimut.kz

Р.А. ТЮЛЕБАЕВА¹, начальник отдела геофизики, r.tyulebayeva@king.kz

Е.З. ГАЙНУЛЛИН¹, старший инженер-геофизик отдела геофизики, y.gainullin@king.kz

А.Г. ШАПОШНИКОВ³, ведущий геофизик, a.shaposhnikov@azimut.kz

¹АО «КАЗАХСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА»
Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абылай хана, 58А

²АО «КАРАЖАНБАСМУНАЙ»
Республика Казахстан, г. Актау, мкр.9 «а», здание 4

³АО «АЗИМУТ ЭНЕРДЖИ СЕРВИСЕЗ»
Республика Казахстан, г. Алматы, микрорайон Атырау, дом 3.

В работе описан опыт применения технологии невзрывного импульсного электромагнитного возбуждения упругих волн при проведении 2D и 3D сейсморазведки на месторождении Каражанбас. Это решение стало альтернативой традиционным источникам (взрывчатым и вибрационным), использование которых ограничено в прибрежных и заповедных зонах северной части Каспийского моря. На участке со сложным рельефом и переходной зоной «суша–море» впервые в Казахстане проведены полевые исследования с генерацией сигналов в движении, без остановок и бурения. Применение электромагнитных источников позволило достичь глубины зондирования до 5 км при профилировании и до 2 км при 3D съёмке. Благодаря высокой плотности пунктов возбуждения и стабильному прохождению сигнала, были получены данные с хорошим качеством и разрешающей способностью. Сравнение с архивными данными 2005 года показало заметное улучшение разрезов – по фазовой чёткости, глубинному охвату и выраженности отражающих горизонтов. Технология оказалась особенно эффективной в условиях слабонесущих и влажных грунтов, включая мелководье Каспия. Она безопасна для инфраструктуры, мобильна и снижает затраты на 30-40% по сравнению с тяжёлыми вибрационными системами. Метод доказал свою пригодность для геофизических работ в зонах с ограниченным доступом и может быть рекомендован для разведки и доразведки месторождений в аналогичных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сейсморазведка, 2D, 3D, полевые работы, невзрывной импульсный электромагнитный источник, Каражанбас, Каспийское море.

КҮРДЕЛІ ЖАҒАЛАУ ЖАҒДАЙЛАРЫНДА СЕРПІНДІ ТОЛҚЫНДАРДЫ ИМПУЛЬСТІК ҚОЗДЫРУ ӨДІСІН ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ

А.Ж. КЕНЕСАРЫ¹, мұнай және газ геологиясы магистрі, директордың геология, дамыту және ғылыми-зерттеу жұмыстары жөніндегі орынбасары, a.kenessary@king.kz

М. КӨЛДЕЙ², бас директордың геология және даму жөніндегі орынбасары, m_koldey@kbm.kz

Ф. ЮКУЙ², бас директордың геология және даму жөніндегі орынбасары, y_feng@kbm.kz

К.В. ЗАКРЯКИН³, бас геолог, k.zakryakin@azimut.kz

Р.А. ТҮЛЕБАЕВА¹, геофизика бөлімінің меңгерушісі, r.tyulebayeva@king.kz

Е.З. ГАЙНУЛЛИН¹, геофизика бөлімінің аға инженері, y.gainullin@king.kz

А.Г. ШАПОШНИКОВ³, жетекші геофизик, a.shaposhnikov@azimut.kz

¹«ҚАЗАҚ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ ИНСТИТУТЫ» АҚ
Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абылай хан даңғылы, 58А

²«ҚАРАЖАНБАСМУНАЙ» АҚ
Қазақстан Республикасы, Актау қаласы, 9 «а» шағын ауданы, 4 ғимарат

³«AZIMUT ENERGY SERVICES» АҚ
Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Атырау ықшам ауданы, 3-ғимарат

Бұл мақалада Қаражанбас кен орнында 2D және 3D сейсмикалық барлау жұмыстарын жүргізу барысында серпімді толқындарды жарылыссыз импульстік электромагниттік қоздыру технологиясын қолдану тәжірибесі сипатталады. Солтүстік Каспий теңізінің жағалау және қорғалатын аймақтарында дәстүрлі (жарылғыш немесе вибрациялық) толқын көздерін қолдануға қойылған шектеулерге байланысты бұл әдіс балама шешім ретінде таңдалды. Қазақстанда алғаш рет «құрлық-теңіз» өтпелі аймағында қозғалыс кезінде толқындар қоздырылды - бұрғылау немесе аялдамаларсыз. Электромагниттік көздерді қолдану арқылы 3D түсіру кезінде 2 км, ал 2D профильдеуде 5 км дейін зондтау тереңдігіне қол жеткізілді. Қоздыру нүктелерінің жоғары тығыздығы мен сигналдың тұрақты өтуі нәтижесінде жақсы сапалы және айқын деректер алынды. 2005 жылғы мұрағаттық деректермен салыстырғанда жаңа жазбаларда фаза айқындығы, терең қабаттарды қамту және шағылу шектерінің көрінуі айтарлықтай жақсарған. Бұл технология өсіресе Каспийдің таяз жерлерінде, ылғалды және әлсіз топырақты жерлерде тиімді екенін көрсетті. Инфрақұрылымға қауіпсіз, мобильді және ауыр вибрациялық жүйелермен салыстырғанда 30-40% үнемді. Әдіс шектеулі қолжетімділігі бар аудандарда геофизикалық зерттеулер жүргізу үшін жарамды екенін дәлелдеді және осындай жағдайларда барлау мен қайта барлау үшін қолдануға ұсынылады.

ТҮЙІНДІ СӨЗДЕР: сейсмикалық барлау, 2D, 3D, далалық жұмыстар, жарылыссыз импульстік электромагниттік толқын көзі, Қаражанбас, Каспий теңізі.

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF PULSED ELASTIC WAVE EXCITATION IN COMPLEX NEAR-SHORE CONDITIONS

A.ZH. KENESSARY¹, Master of Oil and Gas Geology, Deputy Director for Geology, Development and R&D, a.kenessary@king.kz

M. KOLDEI², Deputy General Director for Geology and Development, m_koldey@kbm.kz

F. YUKUI², Deputy General Director for Geology and Development, y_feng@kbm.kz

K.V. ZAKRYAKIN³, chief geologist, k.zakryakin@azimut.kz

R.A. TYULEBAYEVA¹, Head of Geophysics Department, r.tyulebayeva@king.kz

Y.Z. GAINULLIN¹, senior geophysicist engineer, geophysics department, y.gainullin@king.kz

A.G. SHAPOSHNIKOV³, leading geophysicist, a.shaposhnikov@azimut.kz

¹JSC "KAZAKH INSTITUTE OF OIL AND GAS"
Republic of Kazakhstan, Almaty, Abylay Khan Ave., 58A

²JSC "KARAZHANBASMUNAI"
Republic of Kazakhstan, Aktau, microdistrict 9 "a", building 4

³JSC "AZIMUT ENERGY SERVICES"
Republic of Kazakhstan, Almaty, Atyrau microdistrict, building 3.

This paper presents the experience of using non-explosive pulsed electromagnetic excitation of elastic waves during 2D and 3D seismic surveys at the Karazhanbas field. Due to environmental restrictions on using conventional (explosive or vibratory) sources in the northern Caspian Sea's coastal and protected areas, the technology was applied as an alternative solution. For the first time in Kazakhstan, wave excitation was carried out in motion across the land-sea transition zone, without the need for drilling or stop-and-go operation. The use of electromagnetic sources enabled subsurface imaging to depths of up to 5 km in 2D profiling and up to 2 km in 3D acquisition. High source density and stable signal propagation provided data of good quality and resolution. A comparison with legacy data from 2005 demonstrated significant improvements in phase clarity, depth continuity, and reflector visibility. The technology proved especially effective in shallow-water and low-bearing soils of the Caspian region. It is safe for nearby infrastructure, highly mobile, and economically efficient - reducing field costs by 30-40% compared to heavy vibroseis systems. The method has shown its applicability

for geophysical operations in areas with limited access and is recommended for exploration and appraisal of hydrocarbon fields under similar environmental and logistical constraints.

KEYWORDS: seismic exploration, 2D, 3D, fieldwork, non-explosive pulsed electromagnetic source, Karazhanbas, Caspian Sea.

Введение. Современные геологоразведочные задачи требуют не только высокой точности, но и гибкости применяемых технологий. Это особенно актуально в условиях истощения традиционных структурных ловушек и перехода к поиску трудноизвлекаемых и нестандартных залежей. Проблема осложняется тем, что многие перспективные участки и месторождения [1] расположены либо вблизи промышленной инфраструктуры, либо на территориях с особыми экологическими режимами [2], где классические методы сейсморазведки попросту неприемлемы.

На протяжении десятилетий основой полевых сейсморазведочных работ оставались взрывные источники, в первую очередь динамит, а также вибраторы [3]. Эти методы доказали свою эффективность при глубинной разведке, обеспечивая мощные и стабильные импульсы. Однако они сопряжены с рядом существенных ограничений. Использование динамита требует бурения и лицензий на обращение с взрывчатым веществом, вибраторы – тяжелые и непроходимые на слабых грунтах. И те, и другие методы оказывают значительное техногенное воздействие на природу, что особенно критично в зонах охраны вод и флоры.

Месторождение Каражанбас, расположенное на Бозашинском полуострове в Мангистауской области, является типичным примером такого сложного объекта (рисунки 1) [1, 4]. Западная часть месторождения (зона исследования) находится в водоохранной зоне северной акватории Каспийского моря. Согласно Экологическому кодексу РК в данном регионе запрещается использовать взрывные источники (динамит, вибратор) в пределах государственной заповедной зоны в северной части Каспийского моря, в качестве источников возбуждения при сейсморазведочных работах (рисунки 2). Местность изобилует сорами, заболоченными понижениями, солончаковыми площадями и прибрежными участками с глубиной воды в десятки сантиметров.

Ответом на эти вызовы стала новая технология – невзрывное электромагнитное возбуждение упругих волн, применённая впервые в Казахстане в рамках научно-исследовательского проекта, реализованного в 2024 году [5].



Рисунок 1 – Обзорная схема района работ на месторождении Каражанбас

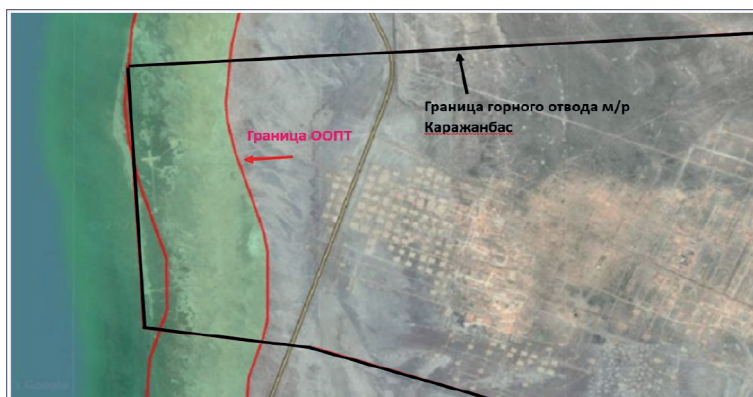


Рисунок 2 – Транзитная зона «суша-море». Морская и прибрежная часть участка работ сейсморазведочных работ 3Д (красный контур - государственная заповедная зона)

Материалы и методы исследования. Полевой этап проекта был реализован в июле-сентябре 2024 года на территории месторождения Каражанбас. Съёмка велась в двух форматах: МОГТ-3Д (74 200 ПВ) и МОГТ-2Д (21 450 ПВ), что обеспечило детальное покрытие территории.

Применялись различные модификации электромагнитных источников: сухопутный, санный, колёсный (рисунок 4) и понтонное исполнение для водной части (рисунок 5). Регистрация сигнала осуществлялась системой Sercel-428XL с дискретизацией 1 мс, длительностью записи до 6 сек. Выполнены сопутствующие топогеодезические и ЗМС-исследования.



Рисунок 3 – Невзрывной импульсный электромагнитный источник возбуждения упругих волн



Рисунок 4 – Морской невзрывной импульсный электромагнитный источник возбуждения упругих волн

Цель и постановка задачи

Целью работ стало обоснование и практическое подтверждение эффективности невзрывных импульсных электромагнитных источников в условиях, недоступных для традиционных методов. В рамках проектной гипотезы предполагалось, что электромагнитные источники обеспечат прохождение упругих волн до глубин 1,5-2 км при 3D съёмке и до 5 км при 2D профилировании. Эти параметры были выбраны как критически важные для детализации юрско-меловых и палеозойских горизонтов на рассматриваемой территории.

В рамках проекта ставились следующие задачи:

- Обеспечить устойчивое прохождение сигнала на глубину до 2 км (3D) и до 5 км (2D);
- Реализовать плотную сетку возбуждения с шагом до 5 м (рисунк 3);
- Провести возбуждение в движении для повышения кратности и производительности;
- Подтвердить применимость метода на сложных участках (солончаки, акватория, заболоченные зоны);
- Сравнить полученные результаты с данными архивных сейсмосъёмок (2005 г.) и оценить прирост качества;
- Определить потенциал технологии для применения в других аналогичных геологических и логистических условиях.

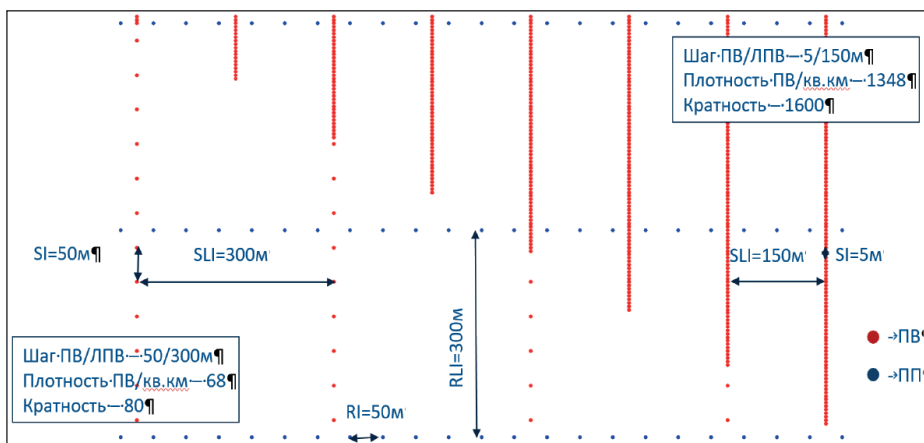


Рисунок 5 – Схема съёмки МОГТ-3Д с расстановкой пунктов приёма (ПП) и возбуждения (ПВ). Сравнение стандартной съёмки с уплотненной ПВ съёмкой

Результаты и обсуждение. Невзрывные импульсные электромагнитные источники обеспечили устойчивую генерацию отражённых волн, с проникновением до 2 км при 3D и до 5 км при 2D съёмке. Качество данных оказалось сопоставимым с архивными результатами взрывной сейсморазведки, а разрешающая способность - выше за счёт плотной сетки [6].

Визуальное сопоставление сейсмических временных разрезов, полученных в ходе 3D работ на участке Каражанбас в 2005 и 2024 годах, наглядно отражает улуч-

шение качества итоговых данных при использовании технологии возбуждения в движении (рисунк 6).

На разрезе, полученном в 2024 году с использованием невзрывного электромагнитного источника и уплотнённой сетки съёмки, отмечается:

- более высокая детализация отражающих горизонтов по всему разрезу (юрско-меловые и палеозойские отложения);
- устойчивость сигнала по площади и в глубину, отсутствие выпадений и искажений;
- выраженность мелкомасштабных структур и седиментационных особенностей;
- повышение резкости фазовой картины, включая дифракционные элементы и тонкие отражатели.

В сравнении с данными 2005 года, полученными при помощи взрывных источников, разрез 2024 года отличается лучшими спектральными и временными характеристиками, что обеспечивает большую надёжность при структурной и литологической интерпретации.

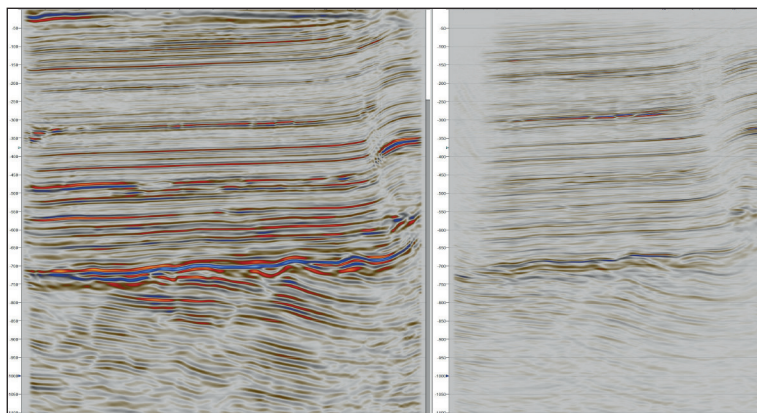


Рисунок 6 - Сравнение временных разрезов 2024 года (невзрывной импульсный электромагнитный источник) и 2005 года (взрывной источник)

Генерация в движении при шаге ПВ 5 м обеспечила кратность до 1000, что существенно повысило детальность изображения, особенно в верхней части разреза. Производительность сейсморазведки достигала до 2400 ПВ/сутки при МОГТ-3Д.

Для количественной оценки эффективности и характеристик полевых работ было выполнено сравнение параметров сейсморазведки 3D, проведённой на месторождении Каражанбас в разные годы: в 2005 году с применением взрывных источников [6]; в 2024 году – с использованием невзрывных импульсных электромагнитных источников в стандартной конфигурации и с уплотнённой сетью возбуждения в движении.

Сводная таблица (таблица 1) демонстрирует основные параметры съёмки, включая кратность, плотность возбуждения, длину активного спреда, количество каналов и общее число пунктов возбуждения.

Наиболее существенное различие наблюдается по кратности: если в 2005 году она составляла 30, а в стандартной схеме 2024 года – 200, то при возбуждении в

движении она достигала 1000, что в разы повышает устойчивость итогового сейсмического изображения. При этом размер бина оставался постоянным – 12,5 × 12,5 м, однако плотность ПВ достигала ~4000/кв.км, что является показателем высокой детализации. Интервал между ПВ был сокращён до 4-6 м в уплотнённой схеме, что стало возможным благодаря генерации импульсов в движении.

Таблица 1 – Сравнение параметров полевых съёмок разных годов

Параметры съёмок	Сейсморазведка ЗД – 2005 г.	Сейсморазведка ЗД – 2024 г.	Сейсморазведка ЗД с уплотненной сеткой – 2024 г.
Кратность	30	200	1000
Размер бина	12,5x12,5 м	12,5x12,5 м	12,5x12,5 м
Интервал между ПВ	50 м	25 м	4-6 м
Мак. удаление "взрыв-приём"	904 м	1 397 м	1 397 м
Кол-во активных каналов	960	1 600	1 600
Плотность ПВ/кв.км	200	800	~4 000
Кол. пунктов возбуждения на участке съёмки	8 366 ПВ	14 804 ПВ	74 200 ПВ
Соотношение по осям шаблона	0,85	1	1

Сравнение амплитудно-частотных спектров сигналов, полученных при возбуждении волны электромагнитным и взрывным источниками, представлено на *рисунке 7*.

Невзрывной импульсный электромагнитный источник (синяя линия) формирует спектр с более выраженным акцентом в области низких и средних частот (до ~160 Гц) и с быстрым спадом в высокочастотной части. Несмотря на это, его спектр отличается стабильностью формы и отсутствием паразитных колебаний, что обеспечивает чистоту и интерпретируемость отражённых волн.

В то же время спектр взрывного источника (розовая линия) шире по частотному охвату и сохраняет амплитуду на более высоких частотах (до 220 Гц), однако

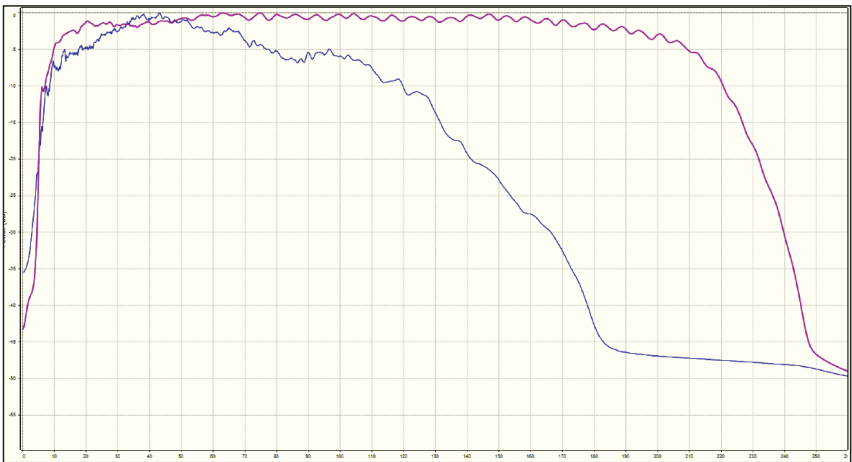


Рисунок 7 – Амплитудно-частотный спектр сейсмических кубов разных годов (синий цвет – невзрывные импульсные электромагнитные источники, розовый – динамит)

характеризуется неровностями и колебаниями в верхней части диапазона, что может указывать на нестабильность генерации и неоднородность среды возбуждения.

В целом, оба источника формируют удовлетворительный частотный диапазон, однако электромагнитный источник обеспечивает более контролируемый и чистый спектр, достаточный для задач структурной интерпретации и устойчивой регистрации отражений в сложных условиях.

На *рисунке 8* представлен сейсмический разрез 2D, полученный в 2024 году с применением электромагнитного импульсного источника. Разрез демонстрирует уверенное проникновение отражённой волны до времён 2,5–3,0 с (глубина до ~5 км), с чёткой трассировкой отражающих горизонтов в интервале от 0,2 до 2,0 с.

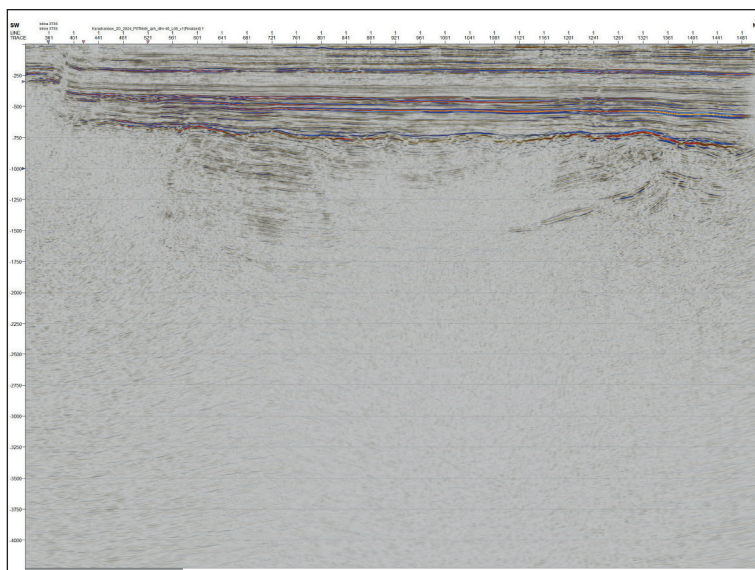


Рисунок 8 - Сейсмический разрез 2Д

Особо значимым стало успешное применение технологии в мелководной части Каспийского моря, где глубина воды колебалась от 40 см до 1,5 метров. Здесь были эффективно использованы источники в водном исполнении, буксируемые лодками, что обеспечило непрерывность профилей в переходной зоне.

Обсуждение и перспективы. Результаты полевых работ подтверждают, что технология невзрывного импульсного электромагнитного возбуждения не только жизнеспособна, но и в ряде аспектов превосходит традиционные методы. Отсутствие взрывных веществ, нет остановок на возбуждение энергии, мобильность и экологическая нейтральность делают её особенно перспективной для объектов с особыми условиями эксплуатации [7].

Важной особенностью метода является безопасность проведения работ вблизи объектов промышленной инфраструктуры - эксплуатационных скважин, нефтегазопроводов, станций ППД и других инженерных сооружений. Это позволяет использовать технологию на действующих месторождениях без риска повреждений или необходимости приостановки производственного цикла.

Существенным преимуществом применения электромагнитных источников является и их экономическая эффективность по сравнению с вибрационными си-

стемами. По данным проектной оценки, затраты на проведение полевых работ оказались ниже на 31–44%, чем при использовании традиционных вибраторов. Это обусловлено рядом факторов:

- отсутствием необходимости в применении тяжёлой самоходной техники (вибраторов массой 15–20 тонн), требующей специально подготовленных дорог и площадок;

- возможностью возбуждения упругих волн непосредственно в движении, без остановок на позиционирование и запуск;

- высокой мобильностью электромагнитных источников на слабонесущих, заболоченных и прибрежных участках, где вибраторы часто оказываются неприменимыми.

Таким образом, в условиях сложной логистики и повышенных требований к экологической и промышленной безопасности невзрывные импульсные электромагнитные источники являются более адаптивным и экономически выгодным решением, обеспечивая при этом достаточную глубину проникновения и качество регистрации.

Заключение и выводы. Применение невзрывных импульсных электромагнитных источников на месторождении Каражанбас подтвердило их высокую эффективность, технологическую надёжность и практическую применимость в условиях сложных природных и инфраструктурных ограничений. Полученные результаты демонстрируют, что данный метод способен успешно решать задачи сейсморазведки как на этапе поисков, так и доразведки залежей углеводородов в прибрежных, транзитных и труднопроходимых зонах.

Методика показала стабильные характеристики по глубинности проникновения волн (до 2–5 км), высокой кратности (до 1000), хорошей разрешающей способности и высокой полевой производительности (до 2400 ПВ/сутки при МОГТ-3Д), что делает её сопоставимой или превосходящей традиционные методы возбуждения по целому ряду параметров [7].

Ключевым преимуществом является возможность возбуждения в движении, что обеспечивает непрерывность съёмки и снижает затраты времени и ресурсов на логистику. Кроме того, технология демонстрирует устойчивую работоспособность на слабонесущих и переувлажнённых грунтах, в том числе в условиях мелководной акватории Каспийского моря [7].

С экологической и промышленной точки зрения метод полностью соответствует современным требованиям: он безопасен для объектов инфраструктуры, не создаёт акустических и механических возмущений, не требует применения ВВ или тяжёлой техники, что особенно важно при проведении работ в зонах с особыми условиями землепользования [7].

Таким образом, невзрывные электромагнитные источники возбуждения упругих волн представляют собой перспективное направление развития сейсморазведки, способное существенно расширить географию и технологические возможности геофизических исследований в Казахстане и других регионах с аналогичными условиями. 🌐

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Воцалевский Э.С., Булекбаев З.Е., Искужиев Б.А., Камалов С.М., Коростышевский М.Н., Куандыков Б.М., Куантаев Н.Е., Марченко О.Н., Матюшинский Н.Г., Нажметдинов А.Ш., Филиппев Г.П., Шабатин И.В., Шахабаев Р.С., Шудабаев К.С. Месторождения нефти и газа Казахстана: справочник. – Алматы, 2013. – 326 с. [Votsalevskiy E.S.. Bulekbayev Z.E.. Iskuzhiyev B.A.. Kamalov S.M.. Korostyshevskiy M.N.. Kuandykov B.M.. Kuantayev N.E.. Marchenko O.N.. Matyushinskiy N.G.. Nazhmetdi nov A.Sh.. Filipyev G.P.. Shabatin I.V.. Shakhbayev R.S.. Shudabayev K.S. Mestorozhde niya nefi i gaza Kazakhstana: spravochnik. – Almaty. 2013. – 326 s.].
- 2 Кодекс Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях». – Астана: Министерство юстиции РК, 2017. – Ст. 257. Бондарев В.И. Основы сейсморазведки: учебное пособие для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 332 с. [Kodeks Respubliki Kazakhstan «Ob osobo okhranyayemykh prirodnym territoriyakh». – Astana: Ministerstvo yustitsii RK. 2017. – St. 257.
- 3 Акчулаков У.А., Ахгалиев Д.К., Коврижных Н.П. и др. Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан: Устюрт-Бозашинский бассейн. Отчёт. – Алматы: АО «Казахский институт нефти и газа», 2012. – 3 кн. – Кн. 1: 275 с.; Кн. 2: 174 с.; Кн. 3: 219 с. [Bondarev V.I. Osnovy seysmorazvedki: uchebnoye posobiye dlya vuzov. – Ekaterin burg: Izd-vo UGGGA. 2003. – 332 s.].
- 4 Akchulakov U.A.. Akhgaliyev D.K.. Kovrizhnykh N.P. i dr. Kompleksnoye izucheniye osadoch nykh basseynov Respubliki Kazakhstan: Ustyurt-Bozashinskiy basseyn. Otchet. – Almaty: AO «Kazakhskiy institut nefi i gaza». 2012. – 3 kn. – Kn. 1: 275 s.; Kn. 2: 174 s.; Kn. 3: 219 s.].
- 5 Щадин П.Ю. Характеристики волнового сейсмического поля, возбуждаемого им пульсными источниками «Енисей» // Технологии сейсморазведки. – 2013. – № 4. – С. 74–80. [Shchadin P.Yu. Kharakteristiki volnovogo seysmicheskogo polya. возбуждаемого им pulsnymi istochnikami «Enisey» // Tekhnologii seysmorazvedki. – 2013. – № 4. – S. 74–80.].
- 6 О результатах переобработки и переинтерпретации данных сейсморазведки 3D на месторождении Каражанбас в 2019 г.: отчёт. – Алматы: ТОО «Professional Geo Solutions Kazakhstan», 2019. – В 2 кн. – Кн. 1: 156 с.; Кн. 2: 252 с. [O rezultatakh pereobrabotki i pereinterpretatsii dannykh seysmorazvedki 3D na mestorozhdenii Karazhanbas v 2019 g.: otchet. – Almaty: TOO «Professional Geo Solutions Kazakhstan». 2019. – V 2 kn. – Kn. 1: 156 s.; Kn. 2: 252 s.].
- 7 Отчёт о выполнении полевых сейсморазведочных работ в рамках НИОКР «Исследование эффективности использования невзрывных источников возбуждения упругих волн с целью детализации строения земной коры и уменьшения экологического воздействия» на месторождении Каражанбас. – Алматы: АО «Азимут Энерджи Сервисез», 2024. – 161 с. НЕФТЬ И ГАЗ 2025 3 [Otchet o vypolnenii polevykh seysmorazvedochnykh работ v ramkakh NIOKR «Issle dovaniye effektivnosti ispolzovaniya nevzryvnykh istochnikov возбуждения uprugikh voln s tselyu detalizatsii stroeniya zemnoy kory i umensheniya ekologicheskogo vozdeystviya» na mestorozhdenii Karazhanbas. – Almaty: AO «Azimut Enerdzhi Servisez». 2024. – 161 s. NEFT I GAZ 2025 3].