

Сейсмический вибрационный источник «БАТЫР».

Техническое решение в условиях международных санкций

■ Гафаров Р.М., Идиятов Р.Х., АО «Башнефтегеофизика», г.Уфа.

В статье подробно описываются технические характеристики сейсмического вибрационного комплекса «Батыр», выпускаемых компанией Башнефтегеофизика в рамках импортозамещения. Опыт применения данных источников позволяет сделать вывод о надежности и работоспособности в любых климатических условиях, а также возможность использовать их для работ по любым методикам, включая высокопроизводительные Slip-Sweep и ISS. Информация окажется полезной для технических специалистов и геофизиков, которым предстоит выполнять полевые работы в различных регионах России.

Введение

Сейсмическая разведка, как один из наиболее прогрессивных методов нефтегазовой геологии, остается крайне востребованной. Мы сталкиваемся с такими реалиями как необходимость обеспечения прироста запасов за счет широкомаштабных ГРП на неосвоенных территориях в сложных природно-климатических и геологических условиях, с одновременным повышением качества получаемых геофизических данных, достоверности и детализации геологической информации.

Разведочная геофизика является одним из основных направлений деятельности АО «Башнефтегеофизика», которая сегодня занимает лидирующие позиции на рынке сейсморазведочных услуг [1]. Лидерство подразумевает постоянное обновление и пополнения

парка используемого оборудования. АО «Башнефтегеофизика» пошло по пути создания отечественного источника возбуждения сейсмических сигналов.

Становление бренда «Батыр»

Во второй половине десятих годов настоящего столетия начали остро ощущаться последствия санкций, введенных зарубежными странами в отношении России. Особенно это коснулось поставок зарубежного геофизического оборудования и комплектующих к ним. Данная ситуация диктовала необходимость осуществлять производство собственного оборудования. Поэтому в 2017 году АО «Башнефтегеофизика», совместно с ОАО «Сейсмотехника» (г. Гомель, Белоруссия), на территории ООО «Сервис-Мастер» (дочернее общество АО «Башнефтегеофизика») приступило к производству

▼ Рис. 1. Вибрационный источник Батыр и его технические характеристики.



1.1. Тип возбудителя вибраций	СВ-30
1.2. Номинальное толкающее усилие	264,8 кН (27 тс)
1.3. Максимальное рабочее усилие	300,6 кН (30 тс)
1.4. Рабочий диапазон частот	от 4 до 200 Гц
1.5. Реактивная масса	4800 кг
1.6. Максимальная амплитуда перемещения реактивной массы	110 мм
1.7. Усилие прижима опорной плиты	274,4 кН (28000 кг)
1.8. Опорная плита:	
масса	1970 кг
площадь	2,5 м ²
1.9. Тип сервоклапана	ATLAS-240Н
1.10. Тип блока управления	ГДС-1+ либо VE432, VE464
1.11. Номинальное давление рабочей жидкости:	
в линии нагнетания возбудителя вибраций	210 бар
в линии низкого давления	14 бар
1.12. Номинальная частота вращения двигателя привода насоса при номинальном давлении в гидросистеме	35 с ⁻¹ (2100 об/мин)
1.13. Максимальная подача гидронасоса источника	7,5 10 ⁻³ м ³ /с (450 л/мин)
1.14. Номинальное давление воздуха в пневмоопорах:	
изолирующих	0,7 ^{+0,01} МПа (7,0 ^{+0,1} кгс/см ²)
компенсационных	0,45 ^{+0,05} МПа (4,5 ^{+0,5} кгс/см ²)

и сборке сейсмовибраторов под брендом «Батыр». Первыми, серийно, начали выпускать источники, с аббревиатурой CBC-30/150 на двух гусеницах с давлением на грунт до 30 тонн (рис. 1).

Большое внимание было уделено тестированию первого прототипа источника. 26 сентября 2017 года на территории, прилегающей к производственной базе ОАО "Башнефтегеофизика", г. Уфа, с участием эксперта по виброисточникам, Циммермана В.В. была проведена проверка характеристик излучения первого изготовленного вибратора CBC-30/150 [2].

Исследования характеристик излучения вибратора проводились с использованием аппаратуры "Notebook VCA" (Pelton) по методике ЗАО "СейсЭл". Обработка и графическое представление результатов выполнено с помощью программ "Seismic Source TESTER" (ЗАО "СейсЭл", ЗАО НПЦ "ГеоСейсКонтроль"), "VibQC" (Pelton Co., Inc, USA) и "Testif-I Instrument and Source Analysis Programme" (Verif I Ltd.). На время проведения испытаний на вибраторе была установлена отечественная электронная система управления "GDS-I PLUS" (ООО "Геофизические Системы Данных"), совместимая по соединительному интерфейсу с электроникой "VibPro" (Pelton, USA).

Источник CBC-30/150 был испытан в широком диапазоне частот и мощности излучения. Не смотря на далеко не идеальную с точки зрения величины нагрузку, вибратору удавалось обеспечивать задаваемую величину вибрационного усилия в диапазоне частот от 6 до 180 Гц при мощности излучения от 40 до 99% (Рисунок 2). Признаки дефицита мощности едва начали появляться лишь на самом высоком уровне излучения 99% (в районе 30 Гц). Это очень хороший

результат. Он свидетельствует о высокой энергоёмкости вибратора.

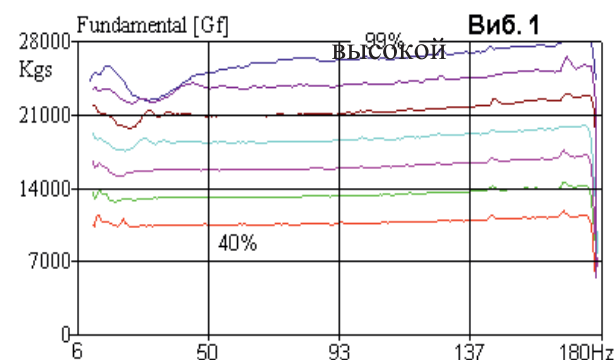
Вибратор продемонстрировал высокие энергетические возможности, позволяющие выдерживать максимальный уровень мощности излучения в диапазоне до 180 Гц практически без признаков ограничений. Работа вибратора и его системы управления была устойчивой во всём диапазоне частот. Уровень чётных гармоник незначительный, даже при максимальной мощности излучения. Это свидетельствует о качественной работе системы прижима плиты к поверхности грунта.

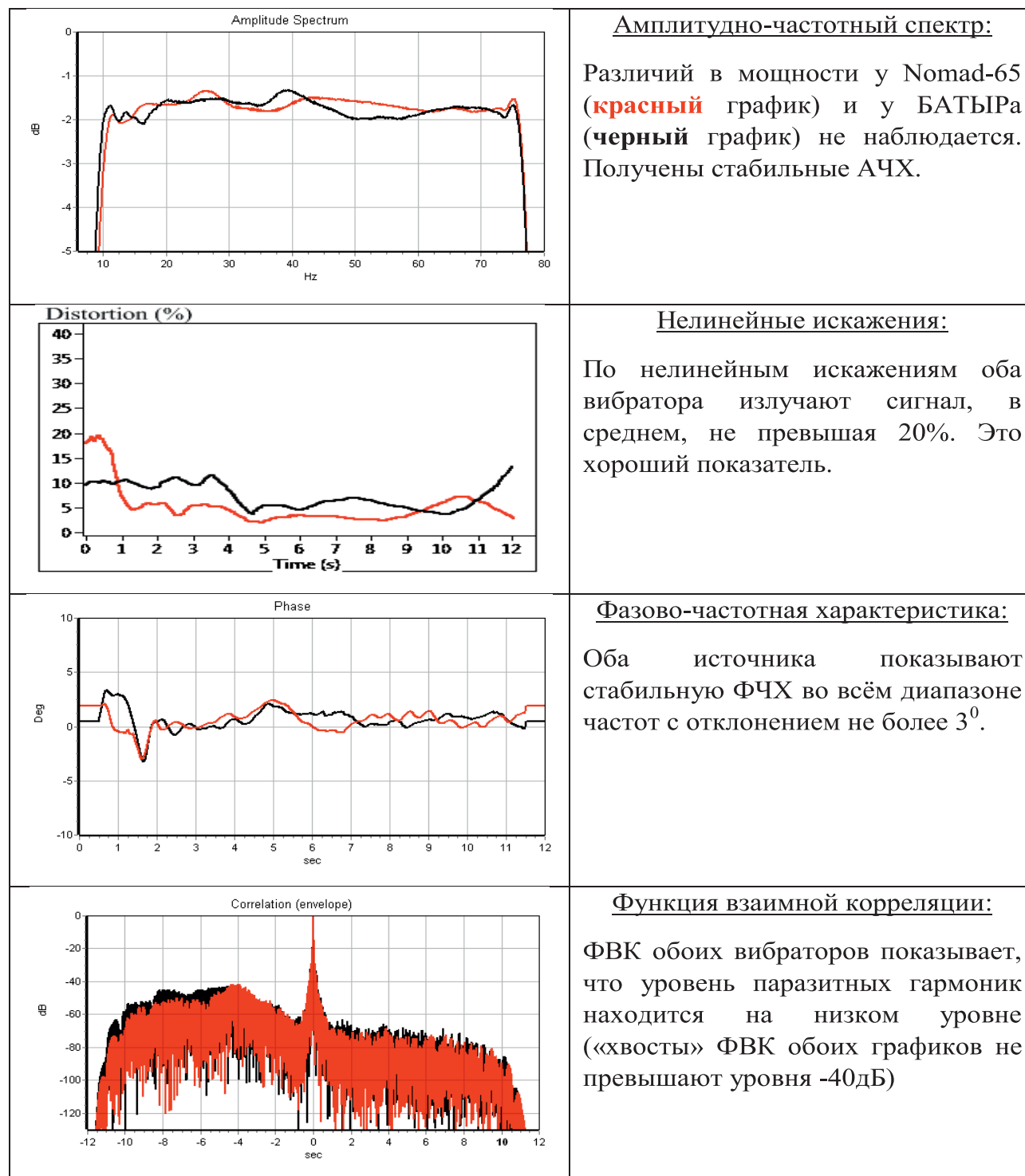
Дальнейшее тестирование нового бренда происходило в производственной партии в Таймырском регионе [3]. При проведении работ были задействованы две различные группы источников: Батыр и Nomad-65. На источниках была установлена электронная система управления VE-432. Выполнены работы по сравнению характеристик сигнала в полевых условиях (рисунок 3). Проведен анализ первичного материала.

Анализ первичного полевого материала

Регистрация данных выполнялась телеметрической системой «SERCEL 428 XL». Прием сейсмических колебаний осуществлялся группами сейсмоприемников GS-20DX. База группирования 25 м,

▼ Рис. 2. Характеристики мощности излучения сейсмовибратора «Батыр».





▲ Рис. 3. Результаты кабельной сверки источников NOMAD-65 и «Батыр».

расстояние между ПП 50 м. выбранные пункты возбуждения отрабатывались с приемной расстановкой 24 линии по 144 канала, Рисунок 4, обзорная схема участка проведения тестирований. Возбуждение колебаний осуществлялось группами вибраторов NOMAD-65 и «БАТЫР».

Количественный атрибутивный анализ

сейсмических данных был проведен на базе программного обеспечения «Geovesteur v3100», расчет атрибутов проводился с редакцией шумящих трасс.

На Рисунках 5 и 6 приведены примеры типичных сейсмограмм и полученные атрибуты сейсмической записи. По сейсмограммам визуально разница не

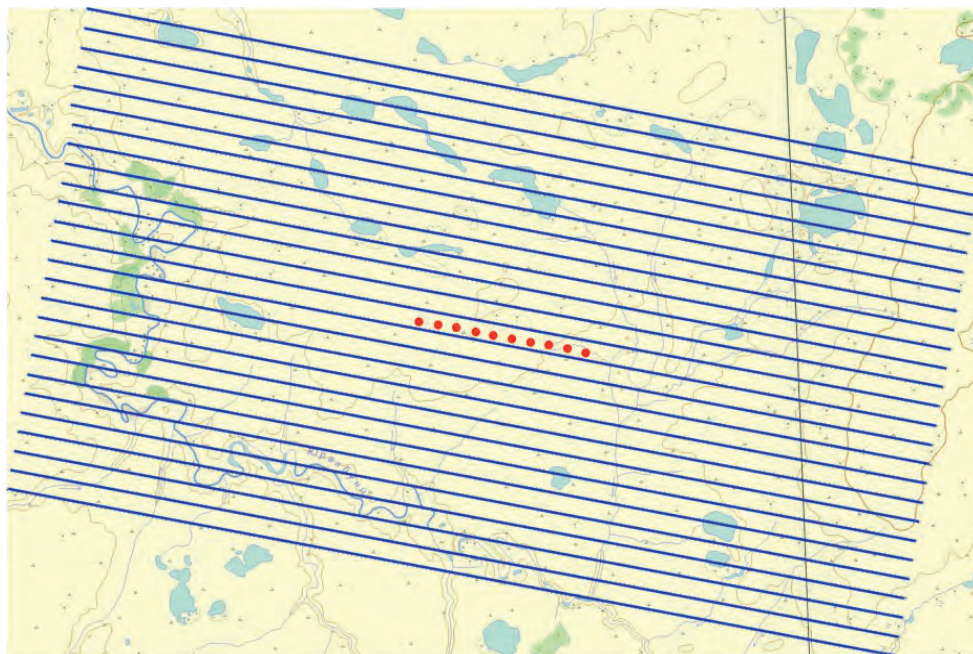
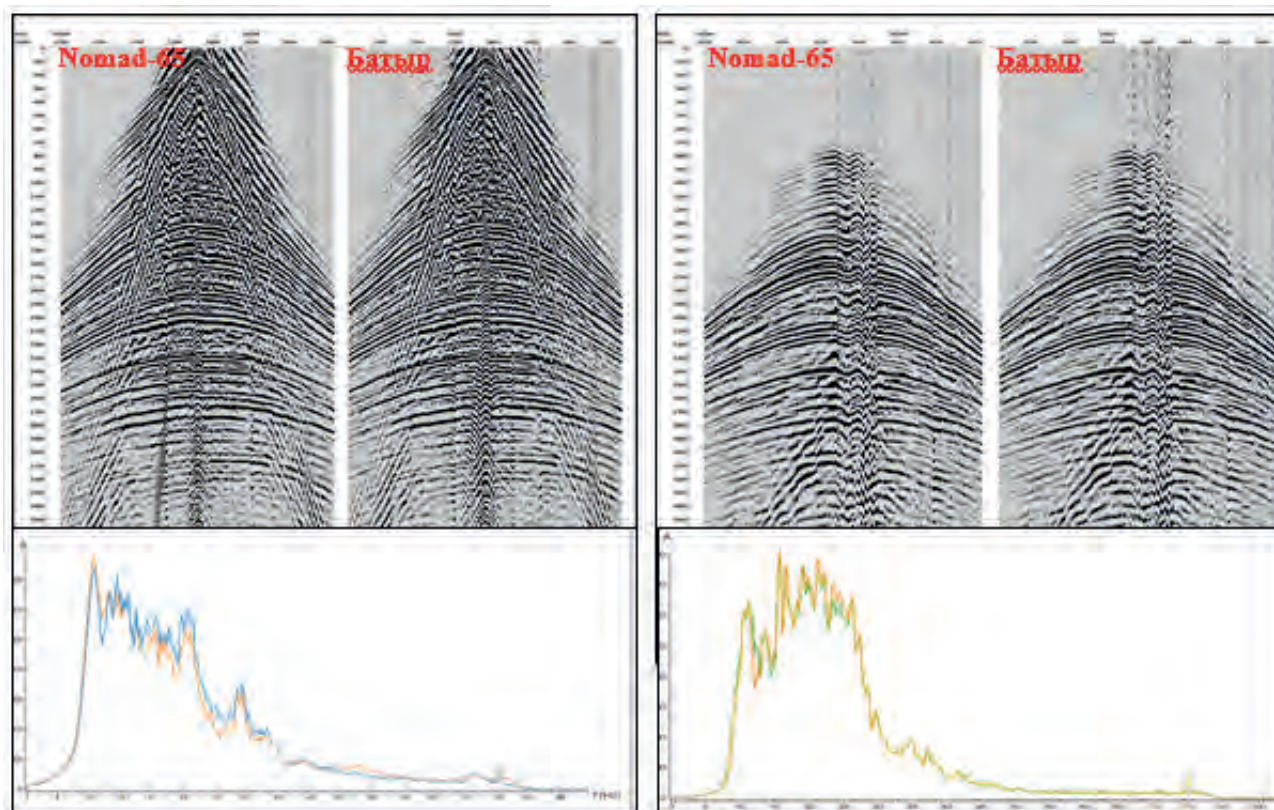


Рис. 4.
Обзорная схема участка проведения тестирований.

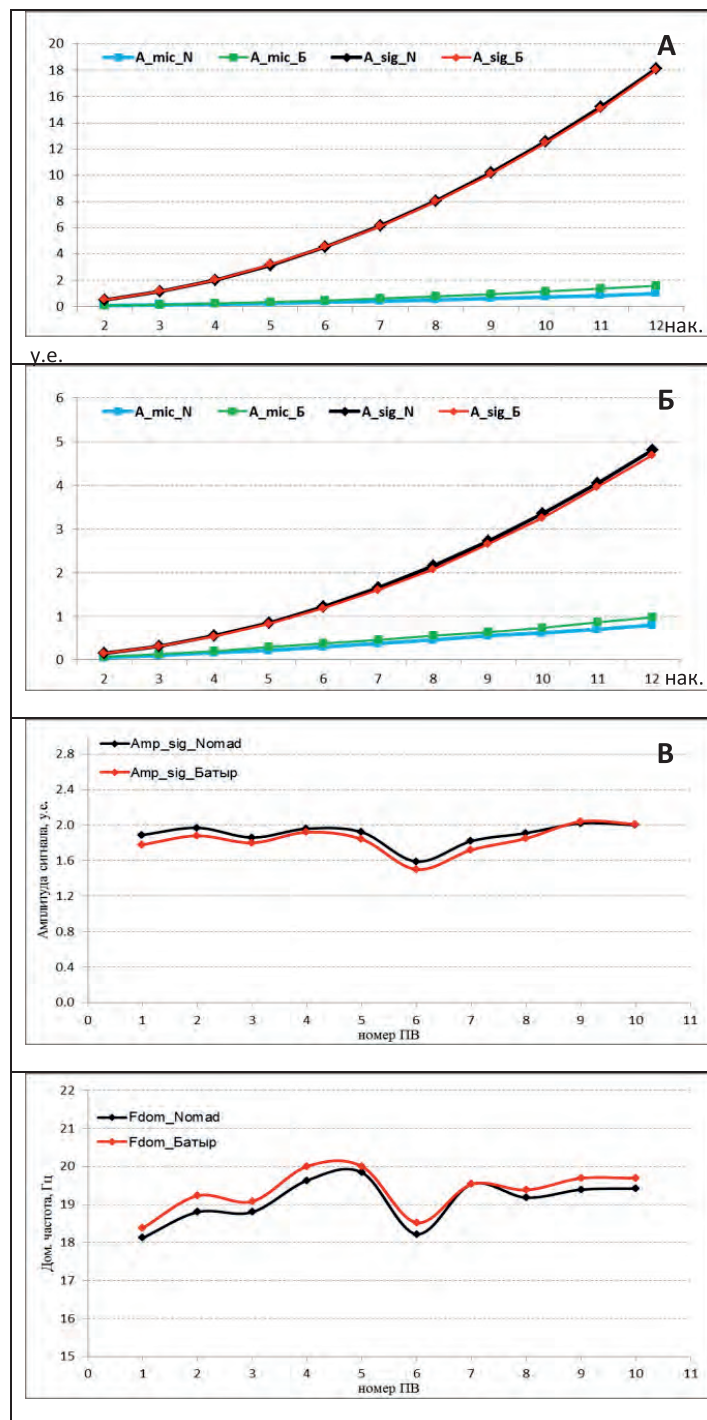
Рис. 5. Сейсмограммы и АЧХ, ближняя и дальняя линия приема.



заметна. По АЧХ выделить существенные различия сложно. В целом уровень амплитуд сигнала очень близкий, незначительную разницу можно объяснить разницей толкающего усилия: у Nomad – 276кН, у БАТЫР – 264,8 кН, т.е. при 70% усилия разница в 7,84кН ~ 800кг.

Дальнейшее развитие бренда. Новые модификации

Полученные при тестировании технические характеристики и дальнейшее опробование в полевых условиях побудили производителей к дальнейшему развитию бренда. Следующей модифи-



▲ Рис. 6. Атрибуты полученных сейсмограмм.

кацией, в 2019 году, стал источник с аббревиатурой СВ 30-150М на шасси багги для производства полевых работ в Уральском регионе и Поволжье. Изменения претерпела, не только транспортная база, но и возбудитель вибрации – масса плиты увеличилась до 5 000 килограмм, расчётное толкающее усилие поднялось до 305,1 кН. А начиная с 2021 года, эта модификация получила шасси на четы-

Анализ амплитуд сигнала и микросейсм:

А – группа из 4 источников, 12 накоплений

Б – одиночный источник, 12 накоплений

В - группа из 4 источников на разных ПВ

Полученный полевые данные характеризуется близкими либо идентичными значениями амплитуд сигнала для любого количества накоплений.

Различие в амплитудах сигнала объясняется разницей толкающего усилия: у Nomad – 276кН, у БАТЫР – 264,8 кН.

Разница в амплитудах микросейсм обусловлена изменением погодных условий, увеличением ветровой помехи.

Частотные характеристики:

На всех зарегистрированных данных отмечается, что на сейсмограммах, полученных источниками Батыр, доминантная частота выше в среднем на 0,4Гц.

рёх гусеницах с аббревиатурой СВ 30-150МТ (рисунок 7).

Современное состояние и производительность

АО «Башнефтегеофизика» поставило целью полностью обновить парк сеймовибраторов, заменяя стареющие зарубежные источники NOMAD. На сегодняшний день выпущено и находится в работе 20



▲ Рис. 7. Модифицированная версия «БАТЫР» в колёсном и гусеничном вариантах.

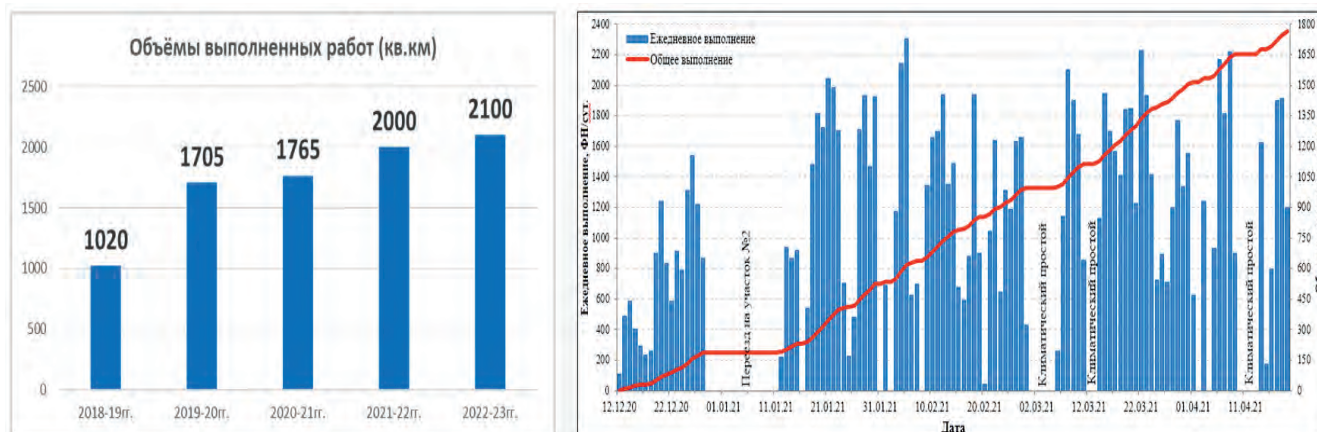
групп по 5 источников «БАТЫР», в основном в модифицированном варианте.

Без преувеличения, огромный парк современных, «молодых» источников позволяет производить работы любого объёма и сложности. Наличие новых сейсмовибраторов позволило АО «Башнефтегеофизика», начиная с 2018 года успешно проводить масштабные сейсморазведочные работы по методике slip-sweeper в Арктической зоне. На данный момент, наибольший объем выполненных работ составляет 2100 км² (более 140 000 физических наблюдений) за полевой сезон одной сейсмопартией (Рис.8). Наибольшая производительность за время полевого сезона составила 2300 физических наблюдений в сутки, средняя 1033 ФН/сутки. Среднее время

регистрации в сутки 10,8 часов, максимальная – 20,7 часов.

Но и это ещё не предел. В настоящий момент, в зимнем полевом сезоне 2023-24 гг. в Арктическом регионе одновременно работают четыре сейсморазведочные партии, общий объём работ которых составляет более 5 600 км². В пересчёте на физические наблюдения, за один сезон будет отработано 498 000 ПВ. В составе каждой партии имеется, минимум по 20 сейсмовибраторов, и в подавляющем большинстве, это «БАТЫР». Стоит отдельно упомянуть о том, что методикой данных работ предусматривается возбуждение низкочастотно-модулированного (с 2 Гц) свип-сигнала, в связи с чем заказчик настоял на замене имеющейся в партии группы NOMAD-65,

▼ Рис. 8. Объёмы работ за последние годы и достигнутая производительность при выполнении полевых сейсморазведочных работ силами одной партии.



которая не обеспечивала необходимых параметров возбуждения, группу источников «БАТЫР». На момент написания статьи, все партии осуществляют полевые работы в соответствии с плановыми показателями.

Заключение

1. Виброисточник «БАТЫР» по праву занимает лидирующие позиции на рынке источников сейсмических сигналов при проведении полевых сейсморазведочных работ;

2. Сейсмовибраторы «БАТЫР», по техническим характеристикам, превосходит общепризнанный зарубежный источник NOMAD-65 и наравне соперничает с его новой модификацией NOMAD-65 NEO;

3. АО «Башнефтегеофизика» поставило на поток производство полевых работ по высокопроизводительной методике Slip Sweep. На очереди рекорд – полмиллиона физических наблюдений четырьмя полевыми партиями за один полевой сезон.

Литература

1. Ахметшин И.Н., Сираев И.А., Гафаров Р.М. Сейсморазведка. Испытание временем. Геофизика №3 – 2017.
2. Циммерман В.В. ОТЧЕТ о проведении инструментального контроля вибратора "СВС-30/150". Москва, 2017.
3. Идиятов Р.Х., Сираев И.А., Гафаров Р.М., Ахтямов Р.А. Опыт проведения сейсморазведочных работ высокопроизводительным методом slip-sweep в Арктическом регионе. Геофизика №4 – 2022.