

Экологосберегающая сейсморазведка 3D на территории Пермского края

■ Лаптев А.П., Пятунина Е.В., Череповский А.В., АО «Росгеология», г. Москва
 ■ Хакимова Ж.А., ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», г. Пермь

Рассмотрены экологосберегающие технологии в условиях пересеченной лесистой местности и транзитных зон (озера, водохранилища). Применение малогабаритного бурового оборудования позволяет значительно снизить объемы вырубki леса и проводить сейсмические исследования в самых сложных орографических условиях, исключая недопустимое снижение кратности сейсмических наблюдений 3D и обеспечивая высокое качество регистрируемых данных.

На современном этапе развития общества экологическая культура производства, то есть бережное отношение к окружающей среде, является первостепенной задачей для всех видов человеческой деятельности, в том числе и для исследований земных недр геофизическими методами. Поэтому не случайно, что в последние десятилетия при сейсморазведочных работах на первый план выходит сохранение лесных массивов и минимальное воздействие на грунт, что требует ограничивать применение тяжелой автомобильной и тракторной техники [3, 5].

Применительно к Западному Уралу, Удмуртии, Кировской и Свердловской областей, т.е. тех регионов, где в основном ведет работы ПАО «Пермнефтегеофизика», условия отработки площадей крайне сложны из-за высокой залесенности местности (от 60 до 100%), частичной заболоченности, изрезанности предгорного рельефа, а также наличия многочисленных рек, ручьев и оврагов. Наличие предгорного рельефа обуславливает необходимость буксировки техники тракторами при применении стандартных технологий полевых работ.

На болотистых участках, где лесной массив, как правило, угнетен, возникают другие трудности. Вследствие плохого промерзания, особенно на открытых болотах (соляной карст), тяжелая техника не в состоянии передвигаться по местности даже после месячной укатки снежного покрова и морозной зимы. Для

освоения подобных территорий специалистами ПАО «Пермнефтегеофизика» был предложен способ проведения сейсморазведки [3, 5], основанный на использовании малогабаритного бурового оборудования с оригинальными конструкторскими, техническими и методическими решениями (Рис.1). На эту технологию получен патент Федерального института промышленной собственности [2].

На современном этапе сейсморазведка 3D в Прикамье направлена главным образом на детализацию геологического строения нефтяных месторождений. При этом используются стандартные и уплотненные системы наблюдения – соответственно, с расстояниями между линиями возбуждения и приёма, равными

▼ Рис. 1. Бурение взрывных скважин малого диаметра с использованием самоходных буровых установок УБШМ-1-13. Работы проводятся по визирам шириной до 1 м.



250–300 и 150–200 м, интервалами между пунктами возбуждения и приема, равными 50 и 25 м, и количеством ПВ на 1 кв.км, равным 55–80 и 100–200 и более. Даже при стандартной плотности наблюдений для исследования 100 км² площади, залесенной на 60%, с применением традиционных источников возбуждения (вибраторов или взрывов с бурением скважин крупногабаритными буровыми станками) только под прокладку трасс профилей возбуждения требуется вырубка свыше 80 га леса, что связано с большими экономическими затратами и нарушением экологической обстановки. В создавшейся ситуации такие площади становятся зонами, труднодоступными для сейсморазведочных исследований.

В то же время, наша экологосберегающая технология взрывной сейсморазведки МОГТ 2D/3D полностью исключает традиционную рубку просек шириной 4–6 м и корчевку пней для проезда тяжелой техники. Благодаря новым технологиям теперь во многих случаях сейсмические работы проводятся круглогодично по визирам шириной до 1 м с минимальным ущербом для природы.

Для возбуждения упругих колебаний производится подготовка взрывных скважин небольшого диаметра и глубиной от 3 до 10 м с использованием малогабаритного бурового оборудования, такого как самоходные буровые установки УБШМ-1-13. Для зимних работ буровые установки монтируются на санях и буксируются снегоходами «Буран» (Рис.2). Для работы летом Курганским заводом «Авторемонт» в содружестве со специалистами «Пермнефтегеофизика» для буровых установок были сконструированы самоходные шасси ШС-3.

Зарядка скважин малыми зарядами (0,085–0,400 кг) и взрывание реализуются в пешеходном варианте с применением переносных блоков управления. Пробуренная и заряженная скважина укупоривается отработанным шламом. Выбросов газов на поверхность не проис-

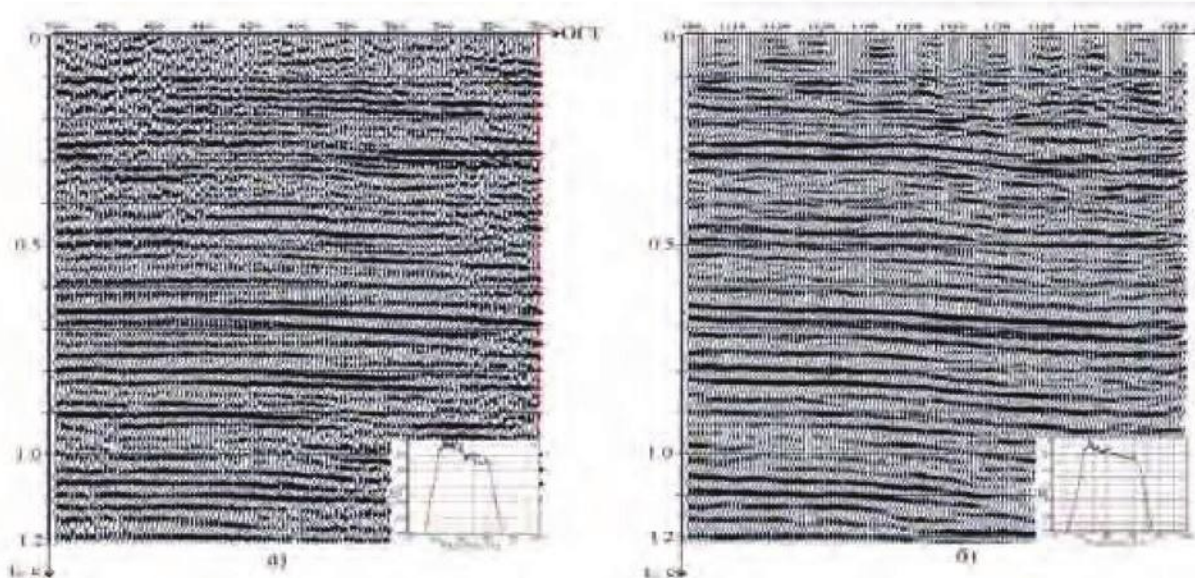


▲ Рис. 2. Компонировка самоходной буровой установки УБШМ-1-13 для зимних работ. Буксировка осуществляется снегоходами «Буран».

ходит. Наш опыт работ в рамках экологосберегающей технологии показал [6], что использование зарядов с минимальным весом не только снижает их вредное воздействие на окружающую среду, но и позволяет получать более высокочастотную, а значит и более разрешенную сейсмическую запись (Рис.3).

Что касается сейсмостанции и регистрирующего оборудования, то для их перемещения используются существующие межквартальные просеки, лесные дороги и ранее отработанные профили. Наземное регистрирующее оборудование переносится и раскладывается либо вручную, либо с использованием самоходных шасси (зимой – снегоходы «Буран»).

Начиная с 2007 года, с использованием собственной экологосберегающей технологии по методике МОГТ 2D пермскими сейсморазведчиками отработано 32 площади общим объемом 15607 км профилей, а по технологии 3D отработано 124 площади объемом 17414 кв. км на территориях Пермского края, Удмуртской республики, Коми, Башкортостана и Свердловской области. В результате проведения данных сейсморазведочных работ во всех без исключения случаях получены высокие геологические результаты, а главное, исследова-



▲ Рис. 3. Сопоставление временных разрезов, полученных с виб्रोисточниками (а) и со взрывами в скважинах по экологосберегающей технологии (б).

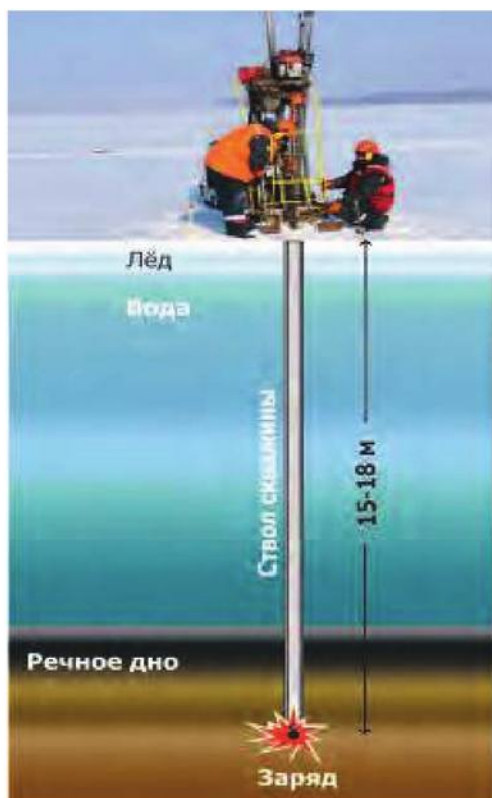
ния проведены там, где традиционные способы сейсморазведки ранее не были применимы. Подготовлено под глубокое бурение 72 структуры с извлекаемыми ресурсами категории D0 нефти 49,6 млн.т и газа 2050,0 млн. м³, рекомендовано к глубокому бурению 106 поисково-оценочных скважин. Из глубокого бурения выведено 59 продуктивных структур, подготовленных ПАО «ПНГ». Коэффициент успешности поискового бурения составил 0,98.

Только за последние 11 лет экологосберегающая сейсморазведка проведена на землях лесного фонда площадью 5502 га (или 55 кв.км). Если бы сейсмические исследования выполнялись с рубкой 4-метровых просек для проезда тяжелых буровых станков или вибрационных установок, то было бы вырублено почти 50% леса. Таким образом, производство сейсморазведочных работ по экологосберегающей технологии позволяет не только минимизировать воздействие на природу, но и существенно сократить затраты компании-недропользователя на возмещение убытков сельскому и лесному хозяйствам.

Большие успехи достигнуты в области донной и речной сейсморазведки. В

нашем крае донная сейсморазведка 2D была впервые применена в 2008-09 гг. на Камском водохранилище. Но тогда речные профили обрабатывались компанией «Донгеофизика» с пневматическим источником «Пульс-6», а сухопутная и прибрежная (транзитная) часть площади работ обрабатывалась нашей организацией с применением взрывов в мелких скважинах, пробуренных со льда (Рис.4). Сопоставление сейсмического материала, полученного на суше и на льду по нашей технологии, говорит о высоком качестве данных донной сейсморазведки (Рис.5). Оформлен патент на изобретение № 2369882 «Способ сейсмической разведки».

В результате работ 2D на акватории Камского водохранилища была подготовлена под глубокое бурение Зырянская структура с извлекаемыми ресурсами нефти 20,043 млн. т. В 2012 г. по результатам бурения поисковой скважиной №1 здесь было открыто месторождение им. Сухарева с промышленными запасами нефти в фаменско-турнейских, бобриковских и башкирских отложениях в объеме более 12 млн.т. В 2014 году месторождение доизучено сейсморазведкой МОГТ 3D, где также использовалась технология



▲ Рис. 4. Схема бурения взрывной скважины со льда водохранилища.

донного бурения. В настоящее время месторождение разрабатывается с насыпного острова.

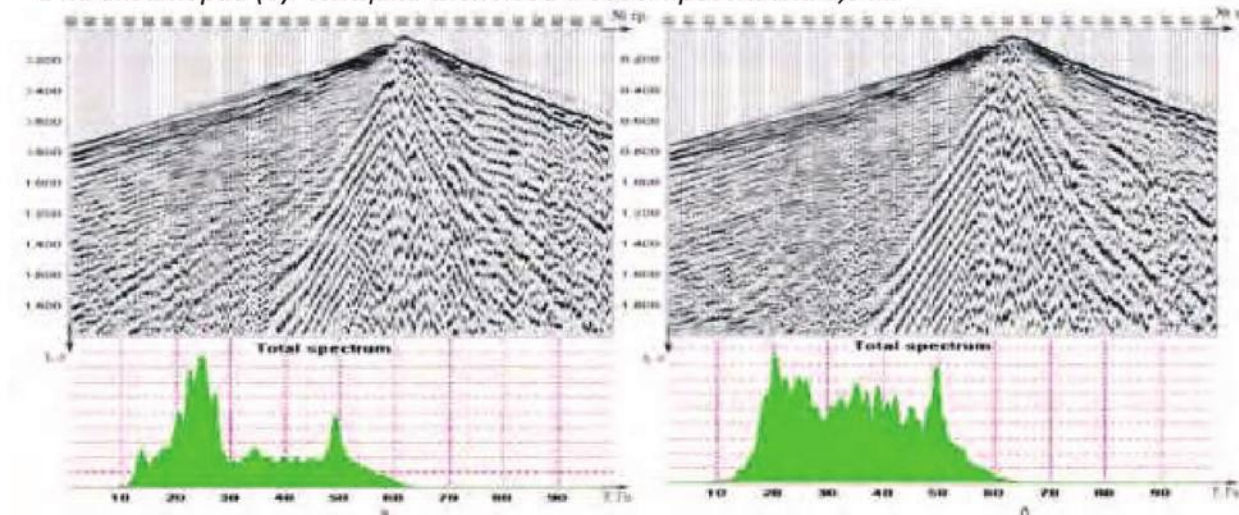
На момент подготовки данной статьи в пределах акваторий водохранилищ, крупных рек, заболоченных территорий Пермского края и Республики Татарстан

отработано 13 площадей МОГТ 2D/3D на акваториях водохранилищ и крупных рек Республики Татарстан и Пермского края в объеме 280 пог.км и 2875 кв.км, где доля акваторий составляла 10-80% от площади.

Уточнено строение Тимеровского, им. Сухарева, Ильичевского, Ножовского, Падунского, Майкорского, Юрманского и Ёлкинского месторождений, подготовлены новые объекты под бурение. Во всех, без исключения, случаях получены высокие геологические результаты, а главное, что исследования проведены там, где сейсморазведка по общепринятой технологии недоступна.

В 2021 году ПАО «Пермнефтегеофизика» выполняла донную сейсморазведку на Западно-Осинской площади, 55% территории которой расположено на акватории Воткинского водохранилища и в его транзитных зонах на юго-западе Прикамья. Здесь были свои особенности - в русловой части глубина реки достигает 25 м при ширине русла 0,8-1,0 км, что обязывало выносить пункты возбуждения за пределы русловой зоны. Кроме того, высокая скорость течения не позволяла размещать заряды в данной части исследуемого участка. Несмотря на это, вблизи русла максимальная глубина бурения, достигнутая буровыми брига-

▲ Рис. 5. Сопоставление сейсмического материала, полученного на суше (а) и на акватории (б). Толщина слоя льда и воды превышала 1,5 м.



дами, впервые составила 18 м. А на суше передвижение буровых установок осуществлялось по визиркам шириной до 1 м, без сплошной рубки лесных насаждений по результатам интерпретации сейсмических данных 3D на акватории Западно-Осинской площади под глубокое бурение подготовлены новые структуры.[1].

Как сообщает Холдинг «Росгеология» [4], еще одним примером успешных работ геофизических партий «Пермнефтегеофизики» стали исследования 3D по «зеленой технологии» на Восточно-Вишерской площади на севере Пермского края. В рамках контракта с недропользователем (ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь») сейсморазведкой 3D было отработано 378,1 кв.км. Работы проводились в зимний сезон 2019/2020 гг. и летом 2020 года на территории Соликамского и Чердынского районов Пермского края в сложных поверхностных условиях. Около 30% площади заболочено, почти 90% покрыто лесом, а восточная часть участка осложнена долиной реки Кама и ее многочисленными притоками. В акватории реки Кама, в заводненной береговой зоне и на мелководье, около 3% скважин были отработаны зимой со льда с использованием технологии донного бурения. Заказчик отметил, что использование зарядов сверхмалого веса, располагаемых в скважинах на глубине 4-6 м под дном водоема, исключает вредное воздействие на ихтиофауну. Цель проведенных исследований – детальное изучение геологического строения отложений палеозойского осадочного чехла для оценки и подготовки к поисково-разведочному бурению нефтеперспективных объектов. В настоящее время на Вишерском лицензионном участке экологосберегающей технологией МОГТ 3D уже отработано 1109 кв.км, и 1153 кв.км планируется в среднесрочном периоде на полностью залесенных и (или) заболоченных площадях.

Следует отметить, что в процессе широкого внедрения экологосберегающей технологии выявились и проблемы [6], которые возникают из-за неоднородного строения зоны малых скоростей (ЗМС), представленной плотными и рыхлыми глинистыми пропластками, торфяниками и песками. Общеизвестно, что изменчивость ЗМС приурочена к характерным формам рельефа, смене ландшафта, литологии и возрасту пород. Опыт сейсморазведочных работ показывает, что за исключением Передовых складок Урала (выход высокоскоростных карбонатных пород на поверхность) основная территория Прикамья характеризуется переслаиванием песчано-глинистых известково-мергелистых отложений и, следовательно, наличием волноводов, крайне неблагоприятных для возбуждения в них упругих колебаний. Задача наших специалистов, выполняющих полевые работы, заключается в том, чтобы избежать попадания точечного сверхмалого заряда (0,1–0,4 кг) в такие условия. Следовательно, глубина скважины должна быть переменной на площади исследований (от 1,5 до 8 м), и выбор оптимальной глубины скважины должен диктоваться размещением заряда в уплотненных глинистых образованиях. Принято считать, что при выборе оптимальных условий возбуждения заряд должен размещаться на $\frac{1}{4}$ длины волны ниже подошвы ЗМС. Практика показала, что от этой традиции можно отойти, если точно известна глубина залегания уплотненных глинистых пород, являющихся благоприятными для возбуждения упругих колебаний. Очевидно также, что обязательным условием возбуждения широкополосного сигнала является хорошая укупорка скважин.

В заключение отметим, что стоимость работ по экологосберегающей технологии выше приблизительно на 10% по сравнению с традиционными методами.

Однако при этом на столько же уменьшаются расходы на аренду земель, рекультивацию и возмещение ущерба землепользователям. Кроме того, существенно сокращается количество ранее недоступных для сейсморазведки участков (заказники, водозаборы, промзоны и др.), и значительно облегчается получение разрешений на производство работ. При этом соблюдение проектной системы размещения точек возбуждения и приема колебаний повышает эффективность извлечения полезного сигнала и точность сейсмических построений. Есть все основания полагать, что технология работ, созданная специалистами ПАО «Пермнефтегеофизика», еще не раз подтвердит свою работоспособность и будет востребована заказчиками, в особенности там, где применить традиционные методы сейсморазведки 3D не представляется возможным.

Литература

1. Захаров Ю.М., Хакимова Ж.А., Бекешко П.С. Особенности проведения сейсморазведочных работ МОГТ 3D по технологии донного бурения в русловой части Воткинского водохранилища. Материалы научно-практической конференции "Геология и геофизика 2022: наука, производство", г. Уфа, 2022.

2. Лаптев А.П., Саловский В.А., Ланцев В.Ф. и др. Патент 61894, Российская Федерация. Транспортабельный комплекс оборудования для проведения трехмерных сейсморазведочных работ 3D. – Бюл. №7 от 31.07.2006.

3. «Пермнефтегеофизика» осваивает труднодоступные районы Западного Урала. – Oil&Gas Eurasia. 2007/2008. №12/1. с. 13–14.

4. Пермнефтегеофизика выполнила «зеленую» сейсмику 3D на Восточно-Вишерской площади для «ЛУКОЙЛа». - В мире нефтегазовых технологий (<https://oilgascom.com>), выпуск 27.07.2020.

5. Пятунина Е.В., Зеленая сейсмика. – Коалиция авторов Росгео, <https://dzen.ru/a/YqxFlpE8rXNuw2sU>

6. Рошмаков Ю.В., Столбова Т.А. Экологосберегающие технологии сейсморазведки при отработке труднодоступных территорий и транзитных зон. – Вестник Пермского университета, Вып.2(15), 2012 г., с.38-47.

Подробнее об авторах



Лаптев
Александр Павлович
Управляющий директор
ПАО «Пермнефтегеофизика»,
АО «Росгеология», канд.
геол.-мин. наук, доцент
кафедры геофизики ПГНИУ,
автор и соавтор более
30 публикаций и 2 патентов.
Почетный нефтяник.



Пятунина Екатерина
Владимировна
Главный геолог ПАО
«Пермнефтегеофизика»,
АО «Росгеология», канд.
геол.-мин. наук, автор и
соавтор более 25 публикаций.



Хакимова
Жанна Александровна
ведущий геолог
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»,
автор и соавтор 7 публикаций.



Череповский
Анатолий Викторович
Советник Первого зам.
Генерального директора,
АО «Росгеология», канд. техн.
наук, автор и соавтор более
40 научных статей и докладов.
Лектор ЦДУ. Автор монографии
«Наземная сейсморазведка
нового технологического
уровня» (2017 г.).