ISSN 2074-8906

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

АПРЕЛЬ-ИЮНЬ
2/2020
Издается с 2002 г.

ТЕМА НОМЕРА:



Ранняя весна – существенный фактор сейсморазведки

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Обзор сейсморегистрирующих систем от Древнего Китая до наших дней

SMARTSOLO
World's First Smart Seismic Sensor

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

СОВЕРШАЕТ ПЕРЕВОРОТ В СТОИМОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

работы ведутся вдвое быстрее

на 50% уменишается количество рабочих бригад и техники на проекте

на 50% снижена операционная стоимость проекта



ВЫСОКОПЛОТНУЮ СЕЙСМОРАЗВЕДКУ ТЕПЕРЬ МОЖНО ДЕЛАТЬ ДЕШЕВО!

《ВКонтакте》

Первый в мире интеллектуальный сейсмический датчик
Высокоплотная и экономичная сейсморазведка — теперь это возможно

Email: marketing@dtcc.asia
Tel:+86-10-60844158
Website: www.smartsolo.com.ru/www.dtcc.biz

Общие глобальные поставки
300,000
каналов

ТЕМА НОМЕРА:

Ранняя весна - существенный фактор в сейсморазведке

СОДЕРЖАНИЕ:

Наши партнеры
Логотипы организаций, участвующих в издании этого номера журнала 4

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Дорогие друзья!
Слонов Д.Н. 5

ТЕМА НОМЕРА

Климатическое оружие природы
Толкачев В.М. 6

Повышение эффективности работы ООО «ТСГК» в условиях глобального потепления
Камалтдинов Р.Р., Зозуля В.А., Шевченко И.И. 11

Костер «с одной спички» или как организовать спасение утонувшей техники. Обзор практического опыта
Д.Н.Слонов 17

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

О примерах выполненных микросейсмических исследований методом пассивных наблюдений с использованием оборудования SmartSolo
Youli An 23

Оценка беспроводной телеметрии WANS и кабельных систем ARAM ARIES и Sersel на основе спектрального и микросейсмического анализа
Киселев В.М., Малюта С.И. 26

ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

О развитии технических средств регистрации сейсмического сигнала и вибрационной сейсморазведки. Часть 1. Системы регистрации
Жуков А.П., Горбунов В.С. 34

Аппаратура «БИКС» и перспективы ее развития
Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г. 52

ООО "ТНГ- Групп» предлагает решение уникальных задач ВСП с помощью современного оборудования Geochain X HP
Мустафин И.Р., Вильданов Р.В., Звегинцев А.А. 56

Российское сейсмостатическое зондирование: где купить? Когда ожидать?
Прохачёв М.В., Романов В.В. 65

ЛЮДИ, ДАТЫ, СОБЫТИЯ
О собрате по профессии (к 90-летию М.Б.Шнеерсона)
Шехтман Г.А. 68

НАШИ ПАРТНЕРЫ

Приборы и системы разведочной геофизики.
Общероссийский научно-технический ежеквартальный журнал. Издается с 2002 г.

Главный редактор:
Д.Н. Слонов

Редакционная коллегия:
к.т.н. М.Т. Абдулвалиев
Н.П. Алелюхин
к.т.н. А.В. Белоусов
к.г-м.н. Е.Н. Волкова
к.т.н. С.В. Горбачев
д.т.н. Г.Н. Гогоненков
С.В. Гурьев
к.т.н. В.А. Детков
д.т.н. А.П. Жуков
Б.В. Запорожец
д.г.-м.н. Л.А. Золотая
д.г.-м.н. С.И. Михеев
к.т.н. О.М. Сагайдачная
к.т.н. Н.В. Тарасов
к.т.н. В.В. Циммерман
к.т.н. А.В. Череповский
д.т.н. Г.Я. Шайдуров
д.т.н. Г.А. Шехтман
д.т.н. М.А. Шнеерсон

Координатор проекта:
С.А. Матвеев

Корректор:
И.Э. Дурова

Учредитель:
СРО МОО ЕАГО

Издатель:
ООО «ПСРГео»

Адрес издательства:
г. Саратов. Ул.Осипова, 1
Телефон +7-987-822-68-37

Подписано в печать:
28.06.2020

Дата выпуска:
07.07.2020

Обложка и оформление:
Д.В. Мокроусов

Вёрстка:
Д.В. Мокроусов

Тираж отпечатан в типографии ООО «Формат»
Тел. +7 (8452) 39-33-77
Тираж: 300 экз.

Мы В Контакте

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редколлегия может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов. Контакты с авторами статей ведутся через редакцию.

Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций за номером ПИ № 77-7906 от 27.04.2001 г.
ISSN: 2074-8906

Web-сайт: psrgeo.ru

Дорогие друзья!

Номер, посвященный проблемам ранней весны, мы задумали давно. Зимние дожди, сокращение рабочего времени, подтопление техники, снижение надежности регистрирующих систем, риск невыполнения проекта в целом – об этом всем много говорят полевики после сезона. Мы ожидали, что наши авторы начнут делиться своими сюжетами, рассказывая, как героически преодолеваются трудности несмотря ни на что и невзирая на.

Но нет, в своих материалах они дали понять – «у природы нет плохой погоды». Главное быть готовым ко всему. И это уже уровень организации производства и технического оснащения компаний.

Тем не менее, тема получилась. В номере есть серьезный анализ от президента компании ПАО «Геотек Сейсморазведка» Владимира Толкачева о причинах глобального потепления и тенденциях развития климата. Коллеги из компании Геосейс поделились своим опытом, за счет чего можно снизить погодные риски. Не остались в стороне и мы, сделав обобщение спасработ по поднятию провалившейся под лед техники.

Украшением номера стал рассказ обо всех сейсморегистрирующих системах в их развитии, подготовленный специалистами компании ГСД. Надеемся, что эта публикация, во-первых, получит развитие, - если читатели захотят добавить информацию о невошедших в обзор системах, а, во-вторых, получит продолжение похожими обзорами по: сейсмодатчикам и источникам возбуждения. Несомненно, этот труд станет ценным источником информации как для студентов, так и для специалистов. В работе нашли отражение многие революционные технологические вехи, дававшие толчок в развитии нового оборудования.

Сегодняшние социальные катаклизмы, связанные с COVID-19, так же нужно рассматривать как революционные. Вирус будет, несомненно, побежден, вот только мир уже прежним не будет. Многие процессы, ушедшие в онлайн, такими и останутся. Изменятся и организация, и правила ведения бизнеса, причем не только для офисных работников, но и для полевых проектов. И разработчикам оборудования необходимо понимать, к каким технологическим вызовам им надо готовиться.

Не остались в стороне от новаций и мы – в социальных сетях ВКонтакте и Facebook организованы группы, где мы планируем выкладывать в своей группе журналы целиком и постатейно. Мы хотим расширить аудиторию издания, дать возможность живого общения нашим авторам и читателям. Первой ласточкой такого общения стала статья-вызов Максима Прохачева - представителя сообщества, предлагающего отечественным разработчикам взяться за создание прибора сейсмостатического зондирования.

Надеемся, расширение читательской аудитории пойдет журналу на пользу. Новые формы работы, которые мы предлагаем авторам и читателям должны повысить качество нашей работы.

Вообще тема «качество» достойна того, чтобы ей был посвящен целый номер. Тема это вечная, являющаяся краеугольным камнем геологоразведки, определяющим соотношение цены работы, и скорости выполнения проекта.

Ждем предложений по развитию темы «КАК РАБОТАТЬ КАЧЕСТВЕННО» в третьем номере журнала «Приборы и Системы разведочной геофизики» 2020.





Слонов
Дмитрий
Николаевич

Климатическое оружие природы

Толкачев В.М., ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Москва

Мы живем в эпоху климатических изменений. Вековое повышение приземной температуры составило плюс 0,6 градусов Цельсия. Под воздействием тепла дрогнула «вечная мерзлота» и даже ледяной покров Арктики. Северные территории России, ранее считавшиеся зоной экстремально холодного климата, стали областью проявления возможных геокриологических и техногенных катастроф. Вместе с тем именно здесь производится шестая часть ВВП и обеспечивается около четверти экспорта России, добывается основная доля российского газа, алмазов, никеля, кобальта и платины, апатитов, сурьмы и редких металлов, свыше половины меди. В связи с этим особую актуальность приобретает получение обоснованного ответа на вопрос о причинах и процессах, влияющих на формирование климата.

Многие существующие сегодня представления о причинах «потепления-похолодания» представляют собой, как точно подметил Шарль Монтескье, «ряд выдуманных событий по поводу действительно совершившихся».

Что касается предположений о применении климатического оружия, то его сегодня следует сразу же однозначно обозначить как оружие природы, а не человека. При прочих равных условиях, формирование климата, образование или таяние покровных льдов или подземной мерзлоты зависит от географического положения участков или регионов планеты, альбедо (отражающей способности) их поверхности, особенностей рельефа и растительности, состава пород и их свойств (влажности, теплопроводности, пористости, электропроводности и др.), состава и турбулентности атмосферы и вод морей и океанов.

Аксиомой является на сегодня вывод о том, что тепловой, радиационный и световой режимы участков земной



поверхности, Мирового океана и атмосферы зависят от положения нашей планеты в космическом пространстве и, в частности, от наклона ее оси вращения к плоскости орбиты (эклиптики), и территориального распределения солнечного и геотермального тепловых потоков, магнитного, гравитационного и электрического полей Земли, Солнечной системы и Млечного пути. Отметим, что из-за наличия лесного покрова поверхность континентов нагревается намного быстрее, чем поверхность океана.

Главным источником тепла для земного шара является излучение Солнца, но эта звезда не отличается постоянным характером излучения. Внешне ее активность проявляется в размерах и частоте солнечных пятен, солнечных вспышках. Количество солнечных пятен периодически то растет, то идет на спад. Период подобных колебаний составляет примерно 11 лет.

В истории Земли уже были периоды, когда Солнце «впадало в спячку», резко уменьшая интенсивность солнечных циклов. В такие периоды «спокойного Солнца», когда число зафиксированных на нем пятен уменьшается в тысячи раз, на Земле действительно происходило значительное понижение среднегодовых температур. За последние 8 тысяч лет, по подсчетам ученых, было более 15 минимумов солнечной активности. Наиболее известные из них — минимум Маундера (1645-1715 гг.), минимум Шперера (1450-1540 гг.) и минимум Дальтона (1790-1820 гг.). Все они, в совокупности, находятся во временном интервале так называемого Малого ледникового периода, длившегося с XIV по XIX век, когда в отдельные годы замерзали Темза, Сена и Дунай, пролив Босфор и Адриатическое море.

В соответствии с классическими представлениями, наблюдаемый на Земле гигантский объем мерзлых пород, залежей льда, газовых гидратов и охлажденных ниже нуля градусов подземных вод (криопэгов) образовался в условиях господства низких среднегодовых температур на территориях, слабо защищенных снежным или растительным покровом.

▼ *Фото: NASA/JPL-Caltech/GSFC*



Совокупность формирующих климат природных условий и факторов можно условно подразделить на три большие взаимозависимые группы: космические, планетарно-орбитальные и земные.

К космическим (по сути говоря, галактическим) факторам следует, в основном, отнести существующее и постоянно изменяющееся энергетическое, гравитационное, магнитное и электрическое взаимодействия Солнца, планет Солнечной системы и галактики Млечный путь.

Среди планетарно-орбитальных причин изменения климата определенную роль играют расширение Земли и замедление скорости ее вращения, а также изменения параметров пространственного положения Земли на ее орбите. При этом сама Земля эволюционирует, растут ее габариты и масса, а также замедляется скорость вращения. В составе земной группы природных процессов и явлений, содействующих или противодействующих изменению климата и образованию покровных оледенений и мерзлоты, следы которых зафиксированы в палеолетописи нашей планеты, чаще всего упоминаются дрейф континентов, изменение их размеров и площади Мирового океана, тектонические, магматические и вулканогенные процессы, изменение напряженности магнитного поля, состава атмосферы и вод Мирового океана, а также направления ветров и морских течений.

Температурный режим климата Земли формируется и регулируется в процессе теплообмена между земной поверхностью и окружающей средой. Основным источником энергии этого теплообмена является получаемое нашей планетой солнечное излучение, а также геотермальная энергии недр, тепло или холод «газового дыхания» Земли, кинетическая энергия падения астероидов, комет и метеоритного вещества и антропогенные источники тепловой энергии.

При прочих равных условиях, образование, сохранение и таяние покровных льдов или подземной мерзлоты (в приложении к конкретным участкам или регионам планеты) зависит от их географического положения, альбедо (отражающей способности) снежно-ледовой и земной поверхности, особенностей рельефа и растительности, состава пород и их физических и химических свойств (влажности, теплопроводности, пористости, электропроводности и др.), состава и турбулентности атмосферы, вод морей и океанов. Все эти разнообразные природные условия и факторы проявляются на фоне неоднородных по мощности и территориальному распределению солнечного и других земных тепловых потоков, магнитного, гравитационного и электрического полей Земли. Агрессивному климатическому воздействию холода противодействует внутреннее тепло недр Земли с геотермальной ступенью, равной приросту температуры в среднем на 1°С на каждые 33 метра глубины. При этом основным обязательным условием создания мерзлых толщ является превышение темпов сезонного промерзания над сезонным оттаиванием недр.

Читателям, которые хотели бы самостоятельно отслеживать динамику климатических процессов, связанных с потеплением-похолоданием, можно дать совет — следите не только за солнечной активностью, но и за дрейфом магнитных полюсов Земли. Иными словами, наблюдайте за изменением дистанции между магнитными и географическими полюсами.

Магнитная ось Земли, которую условно можно представить в виде пучка линий напряженности магнитного поля, асимметрична. Гипотетическая ось этого пучка магнитных силовых линий проходит не через центр Земли, а под Тихим океаном. В процессе вращения Земли магнитная ось «очерчивает» на поверхности Северного и Южного полушарий своеобразные воронки «энергетических гортаней» планеты. Через них в недра Земли «просачивается» солнечный ветер, магнитные и электрические поля, потоки космической энергии и вещества. Через них же из недр Земли теряется тепловая энергия в космическом пространстве, размеры потока которой определяются площадью «энергетических гортаней». Следы аналогичного по схеме поступления в Космос планетарной тепловой энергии были зафиксированы зондом Cassini в центре полярных воронок на Юпитере и Сатурне.

В результате многолетних наблюдений установлено, что в конце предыдущего века Северный магнитный полюс Земли в своем «блуждании» по полярной области нашей планеты сблизился с северным географическим полюсом, и в северном полушарии резко сократилась окружность, описываемая северным магнитным полюсом при его вращении вокруг «энергетических гортаней». В результате резко сократилась площадь земель, подвергающихся воздействию электромагнитной «машины» холода, и высвободилась колоссальная тепловая энергия, которая ранее рассеивалась в космосе. Этот избыток энергии в итоге и сказался на наблюдаемом в наши дни заметному потеплению климата в Северном полушарии.

В этот же период южный магнитный полюс Земли в своем вековом движении покинул Антарктиду и переместился на просторы Индийского океана. В результате этого смещения там увеличилась площадь действия «электромагнитной машины холода», обеспечивающей отбор и рассеивание тепловой энергии Земли в космосе. Этот возрастающий отток внутренней тепловой энергии Земли не компенсируется существующим в Антарктике высоким уровень солнечной инсоляции. Прирост объемов рассеиваемой в космосе тепловой энергии отражается в наблюдаемом ныне похолодании и приросте мощности покровных льдов Антарктиды. Производительность действующих в полярных зонах Земли электромагнитных «машин холода» определяется суммарной энергией геомагнитного поля, а также силой земных и возбуждаемых солнечным ветром электрических токов. В упрощенном варианте этот механизм, по сути дела, является «природным тепловым насосом». Таким образом, в природе, как и в промышленных технологиях используются термоэлектрический и термомагнитный методы охлаждения.

Еще раз подчеркну, что потепление в Северном полушарии происходит на фоне фиксируемого прироста мощности льдов Антарктиды. Причины изменения климата Земли и ритмы его асимметричных колебаний напрямую связаны не только с активностью Солнца, но и определяются ходом последовательной эволюции всей Солнечной системы и регулируются сменой полярности магнитного поля Млечного пути. Для понимания ритмов потепления-похолодания целесообразно вспомнить, что вблизи Северного полюса расположены Северо-

Восточная и Канадская магнитные аномалии. Именно к ним, а не к зоне Северного полюса приурочены «полюса холода» — Оймякон и Верхоянск в России и Йеллоунайф и Снаг в Канаде.

Электромагнитные «машины холода», приуроченные к Северному и Южному магнитным полюсам, а также к Канадской, Восточно-Сибирской и Антарктической магнитным аномалиям, функционирующие в условиях полярного климата и «газового дыхания» Земли, создали в недрах нашей планеты мощную криолитозону, реликтовые объекты которой сохранились, активно формируются и регенерируются в наши дни. Полагаем, что в природе осуществляется комплексная реализация всех традиционных климатических и нетрадиционных физико-химических, генерирующих холод процессов, в итоге взаимодействия которых образуется как первичная, так и вторичная мерзлота.

Полагаю, что в дальнейшем северный магнитный полюс продолжит движение в сторону Восточно-Сибирской глобальной магнитной аномалии. В этом случае будет расширена площадь рассеивания тепловой энергии и снизится амплитуда потепления. В дальнейшем, при вероятном развороте северный магнитный полюс вновь будет постепенно смещаться в сторону географического полюса и далее — в направлении к Канадской глобальной магнитной аномалии. Блуждающий пучек магнитно-силовых линий северного магнитного полюса с сопутствующими ему авроральными токами при приближении к Канадской магнитной аномалии будет описывать максимально возможную окружность, что скажется на потерях тепловой энергии полярной области Земли. Локальное воздействие полярных «электромагнитных машин холода» на климат будет во много раз более значимым, чем геотермальное и антропогенное воздействие.

Подробнее об авторе



Толкачев
Владимир Михайлович

президент
ПАО «ГЕОТЕК
Сейсморазведка»

Повышение эффективности работы ООО «ТСГК» в условиях глобального потепления

■ Камалтдинов Р.Р., Зозуля В.А., Шевченко И.И,
Тюменская Сервисная Геофизическая Компания, г. Тюмень

Риски проведения сейсморазведочных работ в России становятся все выше и выше. В разных регионах геофизики сталкиваются с разными проблемами при проведении работ. Но не только лесники и фермеры делают труд геофизиков сложным. Кажется, сама природа добавляет трудностей и без того нелегкой работе.

Основная масса проектов проводится только зимой. В данной работе рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются геофизики при проведении работ в условиях сокращающегося полевого сезона. Причем, порой, сокращающегося внезапно.

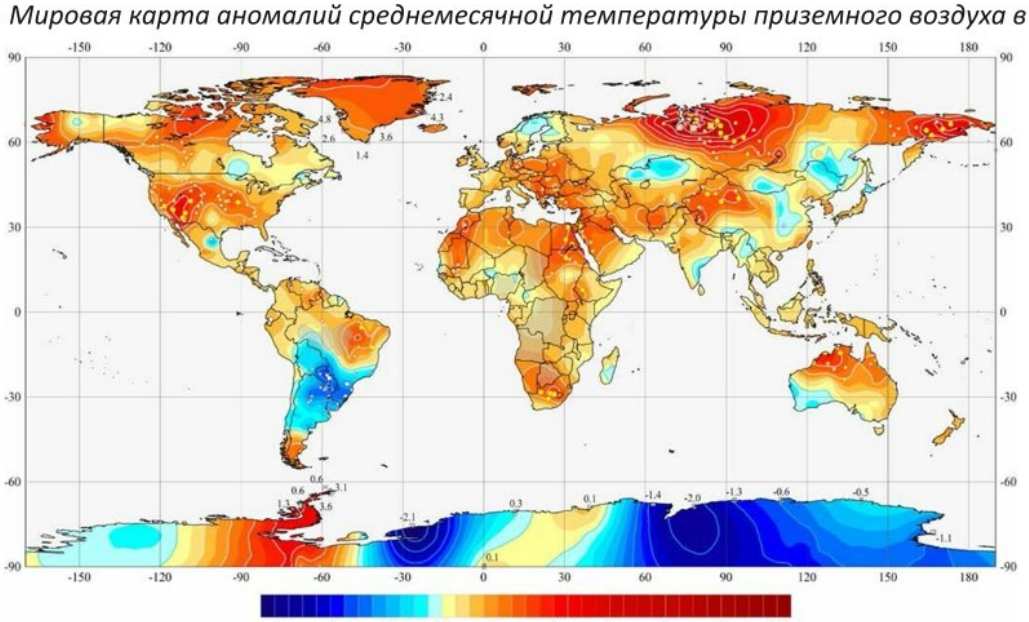
Реальность глобального потепления.

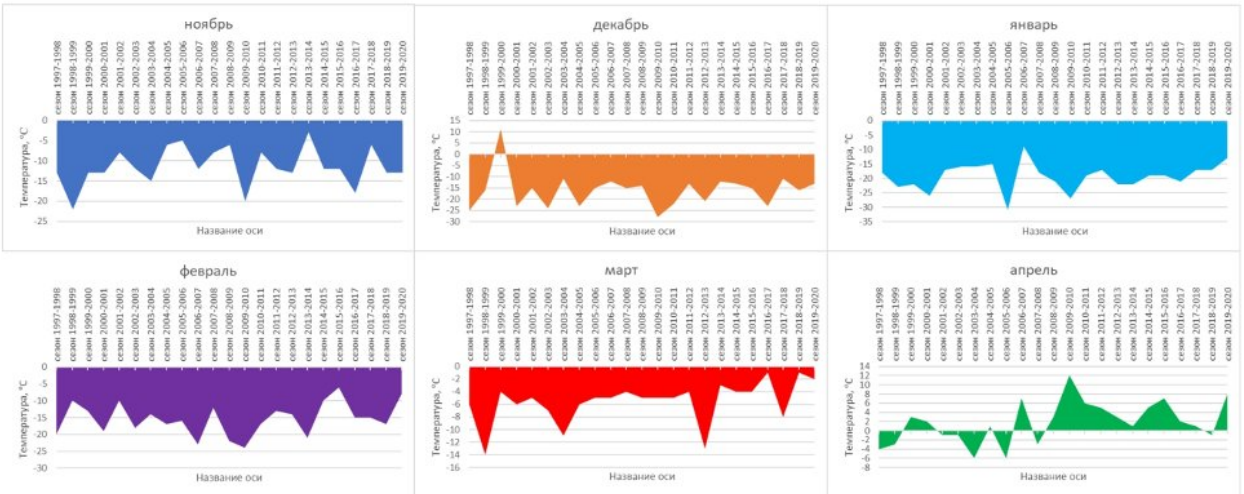
Глобальное потепление — это наблюдаемый факт, он никак не зависит от мнения ученых или политиков. Достаточно взглянуть на динамику средней годовой температуры на планете.

Не только в России, но и практически в каждом уголке планеты за последние 50 лет наблюдается тотальное изменения в климате. Вопрос глобального потепления бурно обсуждают всеми организациями, изучаются причины и следствия. И уже никто не спорит с тем, что погода теплеет, а зима становится короче.

2019 год стал для нашей страны самым теплым за весь период метеонаблюдений. И что интересно – именно в этом вопросе мы «впереди планеты всей»! Несколько интересных фактов из доклада Росгидромета: 0,47 градуса за 10 лет – с такой скоростью растет средняя температура в России в последние сорок лет (1976 – 2018). При этом средняя температура всей планеты повышается на 0,17 – 0,18 градуса за десятилетие. Дальше – простая арифметика: в России глобальное потепление идет в 2,5 раза быстрее, чем в мире. На рисунке 1 представлена мировая карта аномалий среднемесячной температуры приземного воздуха в 2018 году (Рис. 1).

▼ *Рис. 1. Мировая карта аномалий среднемесячной температуры приземного воздуха в 2018 году*





▲ *Рис. 2. Среднемесячные температуры с ноября по апрель для «зимних» полевых сезонов с 1997 по 2020 г. для г. Сургут.*

Почему мы и в области глобального потепления впереди планеты всей? Главная причина - география. Наша страна большая и северная. 18% территории России находится в Арктике, и это 3 миллиона квадратных километров. А теплеет быстрее всего именно в полярных широтах. У климатологов даже есть такой термин - Арктическое усиление глобального потепления.

В феврале 2018 года датские метеорологи с изумлением зафиксировали небывалую аномалию: на Северном полюсе случилась оттепель, температура поднялась выше ноля градусов! Есть прогнозы, что к концу века климат полярных широт станет теплее на 13 градусов.

Чемпионы России по темпам потепления - полуостров Таймыр в Красноярском крае и побережье Восточно-Сибирского моря, административно относящееся к Якутии и Чукотке. Средняя температура в этих северных краях растет с рекордной скоростью 0,8 - 1,2 градуса за десятилетие. А ведь это территории, которые с настоящий момент времени стали активно изучаться сейсморазведкой, где с каждым годом объем проведения работ только увеличивается.

Медленнее всего климат меняется на юге Западной Сибири – там, где расположены Новосибирск, Томск, Барнаул, Кемерово. Мало того – в Сибири есть удивительный и в общем-то немаленький участок, где зимы становятся холоднее! Это часть Западной и юг Средней Сибири. В 1976 – 2014 годах зимние температуры там понижались со скоростью 0,54 градуса за десятилетие.

Так что каким бы глобальным ни было потепление, а сибирские морозы никто не отменял! При этом проведенный анализ (на примере г. Сургут) в центральной части Западной Сибири среднемесячные показатели температур с ноября по апрель с 1997 по 2013 год говорят о имевшихся в тот период стабильных зимах с протяженной холодной весной (Рис.2.).

Но начиная с 2014 года все изменилось. При относительно стабильных температурах в ноябре, ежегодно идет плавное повышение температуры в зимние месяцы и катастрофическое повышение среднемесячных температур в марте-апреле. Это приводит к сокращению «зимнего» полевого сезона с 4-5 месяцев до 2,5-3 месяцев. С учетом того, что большая часть работ производится в условиях отсутствия регулярной дорожной сети, период действия «зимников» значительно сокращается, сдвигаются

сроки мобилизации партии к месту работ и демобилизации партии на «большую землю», реальные сроки работ становятся еще меньше.

Весенние риски сейсморазведки.

Объемы, предлагаемые недропользователями к выполнению в полевом сезоне не просто остаются неизменными, - они растут от проекта к проекту. Внезапная весна приводит, зачастую, к невозможности ведения работы и остановке проекта.

Любой договор на проведение сейсмических исследований включает календарный график работ, предусматривает жесткие санкции в случае невыполнения объемов в срок. Штрафные санкции, вгоняют геофизиков в финансовые ямы, черные списки Заказчиков. Но это не решает поисковых проблем нефтяных компаний. Смена подрядчиков приводит при таких катаклизмах мало что меняет.

Сокращение полевого сезона требует от любой геофизической компании серьезных организационных действий, направленных на минимизацию климатических рисков, но без совместных действий с Заказчиком добиться положительного результата проблематично.

Что с нашей точки зрения можно предпринять для исправления сложившейся ситуации и минимизации рисков срыва выполнения договорных обязательств в новых полевых сезонах?

Из практического опыта компании ТСГК

В первую очередь при планировании работ предлагаем недропользователям рассмотреть вопрос оптимизации проектных календарных планов с учетом возможных сроков мобилизации партии, оформления разрешительной документации, а также реального обрискованного периода выполнения работ. Положительно показало себя раннее проведение закупочных процедур, при котором мобилизация партии возможна в весеннее время по еще действующим зимникам, что позволяет в последующем полевом сезоне максимально оперативно приступить к выполнению работ.

В свою очередь со стороны подрядчика очень важно эффективное планирование работ, которое обязательно должно включать детальную рекогносцировку площади. Прекрасно зарекомендовало себя проведение аэрофотосъемки и воздушно-лазерного сканирования на ранних этапах проведения подготовительных работ для построения цифровой модели рельефа. В текущей ситуации фактически при планировании приходится закладывать ресурсы, которые позволят закончить выполнение на 2-3 недели ранее календарных планов, чтобы максимально минимизировать возможные форс-мажорные ситуации. Трехмерная модель площади в комплексе с детальным актуальным снимком позволит не только облегчить процесс построения системы наблюдений максимально учитывающей смещения ПП и ПВ в эксклюзивных зонах, но и сократить непроизводительное время при проведении работ по перепривязке ПГН при работе топогеодезического отряда, повышает эффективность и безопасность полевых топоработ в целом.

Конечно же на производственном этапе выполнения работ критически важным аспектом становится скорость принятия решений, как непосредственно на уровне подразделений партии, так и всей Компании в целом. Необходимо оперативно принимать решения о перемещении ресурсов (техники, персонала, телеметрии и т.д.), усилении именно тех

участков, где создаются критические ситуации. Но давно известно, что насыщение партии ресурсами возможно только до определенного предела, после которого партия становится громоздкой и неповоротливой. Путь экстенсивного развития производства не приносит ничего кроме увеличения затрат и рисков травмирования персонала.

«Зеленая сейсмика ©»

Примером современного подхода к выполнению сейсморазведочных работ с повышением фондоотдачи ресурсов сервисных предприятий является путь «облегчения» сейсмопартий с применением технологии «Зеленая сейсмика ©», активно внедряемой компанией ПАО «Газпромнефть».

При выполнении работ по данной технологии, в партнерском сотрудничестве Заказчика и Подрядчика, происходит постоянная апробация и внедрение новой техники и оборудования, в частности малогабаритных буровых установок и бескабельного регистрирующего оборудования для работы на визирных приемных (ширина 1,5 метра) и «слалом» взрывных профилях (максимальное отсутствие рубки лесного массива) с целью снижению ущерба окружающей среде.

С целью снижения ущерба окружающей среде при проведении геологоразведочных работ опробована технология “Зелёная сейсмика” (Рис.3.) с использованием малогабаритных буровых установок и бескабельных систем регистрации данных. Существенно снижается воздействие на лесной массив, сокращается объём вырубаемого леса. Технология позволяет решить несколько очень важных задач: многократно повысить уровень производственной безопасности, сократить антропогенное воздействие на природу и оптимизировать сроки выполнения проекта.



▲ *Рис. 3. Выполнение работ по технологии «Зеленая сейсмика ©».*

В настоящее время бескабельное оборудование, в том числе и нодальное, не так активно применяется в нашей стране, как на зарубежных проектах, в связи с отсутствием у данного оборудования возможности контроля качества полевых данных в режиме реального времени. Однако, именно автономные модули могут стать хорошим решением для повышения устойчивости регистрирующих систем. Возможно, имеет прямой смысл активно использовать комбинации кабельного и бескабельного оборудования. Особенно на участках повышенных «весенних рисков».

Использование современных бескабельных регистрирующих систем, мощной буровой техники и легких вездеходов имеет огромные перспективы. Современный подход к производству по пути интенсификации и комплексирования инноваций приводит к сокращению количества необходимой для работы на профиле тяжелой техники, сокращает время установки оборудования. Это в позволяет снизить «общий вес» партии, сократить время на выполнение работ.

Весенние риски в области безопасного производства.

Следует отметить еще один аспект ранней весны – это увеличение рисков в

области ПБОТОС (промышленная безопасность, охрана труда и окружающей среды), особенно связанные с работой на ледовых поверхностях. Недоучет данных рисков отрицательно влияет на период проведения работ. Зачастую появляются участки, на которых и в зимний период проведение работ становится невозможным.

Компания ООО «ТСГК», как и другие компании сейсморазведочного сервиса, ежегодно сталкивается с обозначенными выше проблемами. Но мы всегда стремимся мыслить и работать креативно, повышая эффективность работ.

По нашему мнению, оптимальным решением для выхода из сложившейся ситуации является цифровизация производственных процессов при сейсморазведке, позволяющая оптимизировать процесс оперативного контроля и дистанционного управления выполнением сейсморазведочных работ непосредственно на профилях, что снижает риски травмирования персонала и скращает сроки выполнения работ.

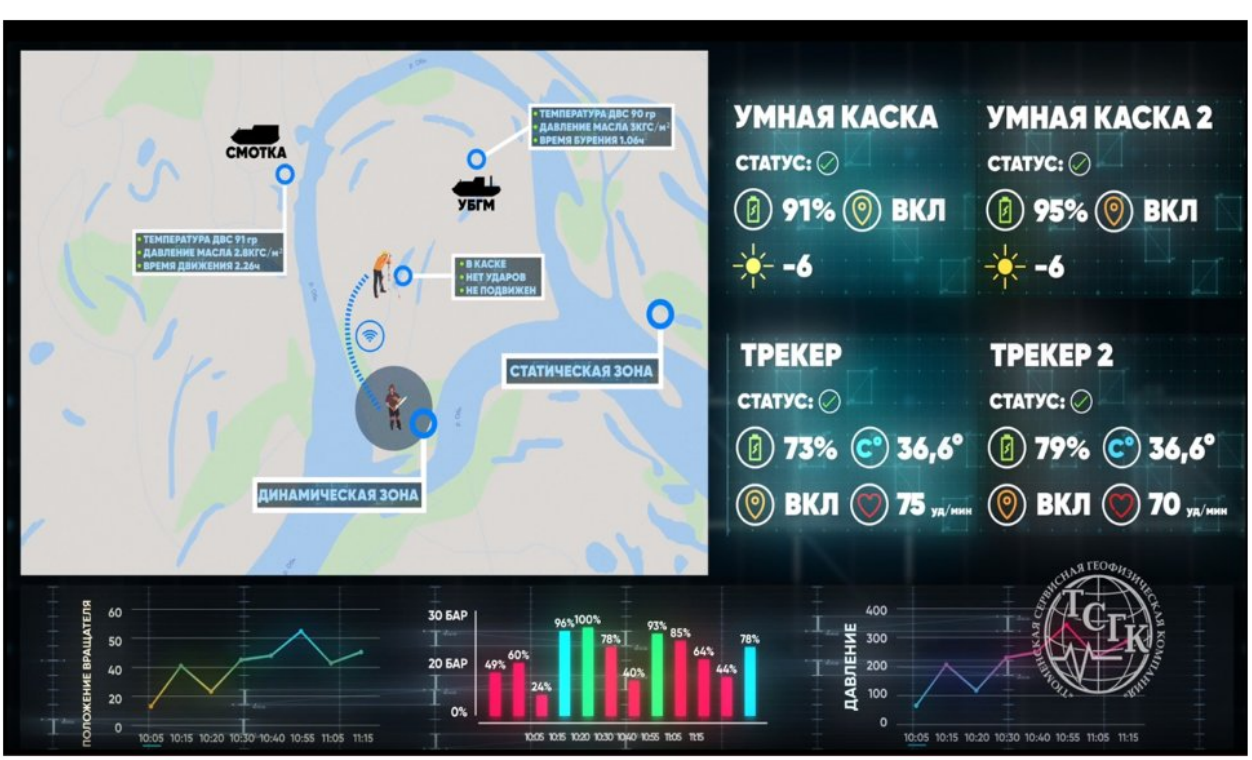
В настоящее время в рамках программы технологического развития нашей компании реализованы несколько этапов совместных опытно-промышленных испытаний системы «Цифровой диспетчер» - ООО «ТСГК» и технологии «Зеленая сейсмика ©» - ПАО «Газпромнефть».

Система «Цифровой диспетчер» (рис.4.), с использованием программно-аппаратных комплексов «Умная каска» и «Трекер» позволяет контролировать в режиме реального времени безопасное выполнение работ в течении рабочей смены.

Одной из основных функций данного комплекса является возможность создания и мониторинга статических и динамических зон повышенной опасности с целью минимизации рисков травмирования персонала.

Система передачи данных по цифровому каналу позволяет осуществлять мониторинг передвижения техники в

▼ *Рис. 4. Визуализация на экране монитора информации системы «Цифровой диспетчер»*



режиме реального времени, с возможностью контроля въезда в охранные зоны коммуникаций, на ледовые поверхности, в зоны проведения опасных видов работ.

В комплексе, данные системы позволяют визуализировать процессы при сейсморазведке с возможностью организации автоматизированной диспетчеризации производства.

Что дает возможность осуществлять контроль и дистанционное управление за безопасным выполнением работ в реальном времени.

Тюменская Сервисная Геофизическая Компания неизменно стремится повысить эффективность производства, используюя передовые технологии, уделяя особое внимание повышению уровня культуры безопасности, что в существующих реалиях бизнеса сейсморазведки очень актуально.

И весной.

И в любое время года.

Подробнее об авторах



Камалтдинов
Рустам Робертович

Тюменская Сервисная
Геофизическая Компания



Зозуля
Виталий Александрович

Тюменская Сервисная
Геофизическая Компания



Шевченко
Илья Игоревич

Тюменская Сервисная
Геофизическая Компания

Костер «с одной спички» или как организовать спасение утонувшей техники. Обзор практического опыта

■ Слонов Д.Н., главный редактор журнала «Приборы и системы разведочной геофизики», г. Саратов

Весенние радости, когда светит яркое солнце на синем небе, с каждым днем становится все теплее, журчат талые ручьи совсем не радуют геофизиков, ведущих сражение за выполнение сезонного плана.

Помимо сложностей, связанных с контролем за выполнением технических требований проекта в условиях вытаивания приемников, и нарушения контактов при подтапливании кос, огромной проблемой становится передвижение техники. На любой площади немало водоемов, превращающихся весной в «минные поля», таящие серьезные угрозы для людей и техники.

Как получается, что техника уходит под лед? Причины могут быть различные. Удивительно, но факт - под снегом на крепком казалось льду появляется вода, бегущая поверх льда. Эта вода долгое время не замерзает, несмотря на сильные морозы, либо покрывается тонкой коркой, готовя ловушки.

Бывает, что техника нагружена больше меры и лёд просто не выдерживает, тем более что весной лед меняет свою структуру, теряя надежность. А бывает, что под нарастающим весной потоком воды лед вытаивает на основном течении быстрее. Где же проходит основная струя потока не всегда можно угадать и почувствовать, несмотря на самый тщательный мониторинг переправ. И вчерашняя надежная переправа вдруг становится западней для вездехода или трактора.

О том как организовать проведение работ по подъему затонувшей техники посвящена данная статья, обобщающая опыт различных партий и организаций.



▲ *Рис. 1. Провалившаяся техника на подтаявшей переправе. Западная Сибирь.*

Не спешить!

Самое важное при проваливании под лед - спасти пассажиров и машинистов транспортных средств. Но в этой статье речь идет о случаях без пострадавших.

Итак: люди не пострадали, а транспорт полностью или частично ушел под лед. Главное правило организации аварийно-спасательных работ - не спешить!

Опытные путешественники, разводя костер на ветру в ливень тщательно готовятся, чтобы костер загорелся с первой попытки. От одной спички может зависеть многое. Не случайно этот принцип вынесен в заголовок статьи.

Как бы не хотелось исправить ситуацию сразу, - «пока техника вмерзла», «пока светло и бульдозер рядом», «пока начальство не узнало» - аргументация любая может быть использована, - нельзя кидаться сразу на спасение. Первое что необходимо – оценить ситуацию и обстановку.

К сожалению, чаще всего происходит иначе – водитель, выскочивший на лед, старается в горячке скорее спасти тонущее транспортное средство. На помощь



▲ *Рис. 2. Четыре единицы техники, «спасавшие» друг друга. Республика Коми*

ему устремляются товарищи, цепляя застрявшую единицу. ...Для того, чтобы провалиться рядом, усугубляя ситуацию, заодно поломав хрупкий лед, разрушив и без того ненадежную опору.

Первое, что должны сделать люди, оказавшиеся рядом с происшествием, - определиться с угрозами для жизни. На сколько все находятся в безопасном месте, требуется ли кому-нибудь медицинская помощь, нужно ли обеспечить обогрев или замену намокшей одежды. На сколько безопасно приближаться к утонувшей единице и какие есть средства для того, чтобы к месту проваливания можно было приблизиться без риска для жизни.

Первая и основная ошибка спасательных работ – начало действий по вытаскиванию затонувшей техники без верной оценки существующих рисков следующих утоплений и расчета требуемых ресурсов для извлечения утонувшей техники.

Кого назначать виноватым.

Кому отвечать за случившееся позднее разберется комиссия в ходе расследования инцидента происшествия. И думать об этом в процессе спасработ не стоит. Главный принцип любых спасательных работ – единоначалие – должен быть соблюден с самого первого момента. Не случайно на пожаре руководство тушением чаще всего осуществляет первый командир, прибывший на место. Какие бы потом не появлялись «звезды» на событии. У первого больше информации, он знает ситуацию с момента ее развития, у него есть план и последовательность действий, в которую следующие начальники не должны вмешиваться без лишней необходимости.

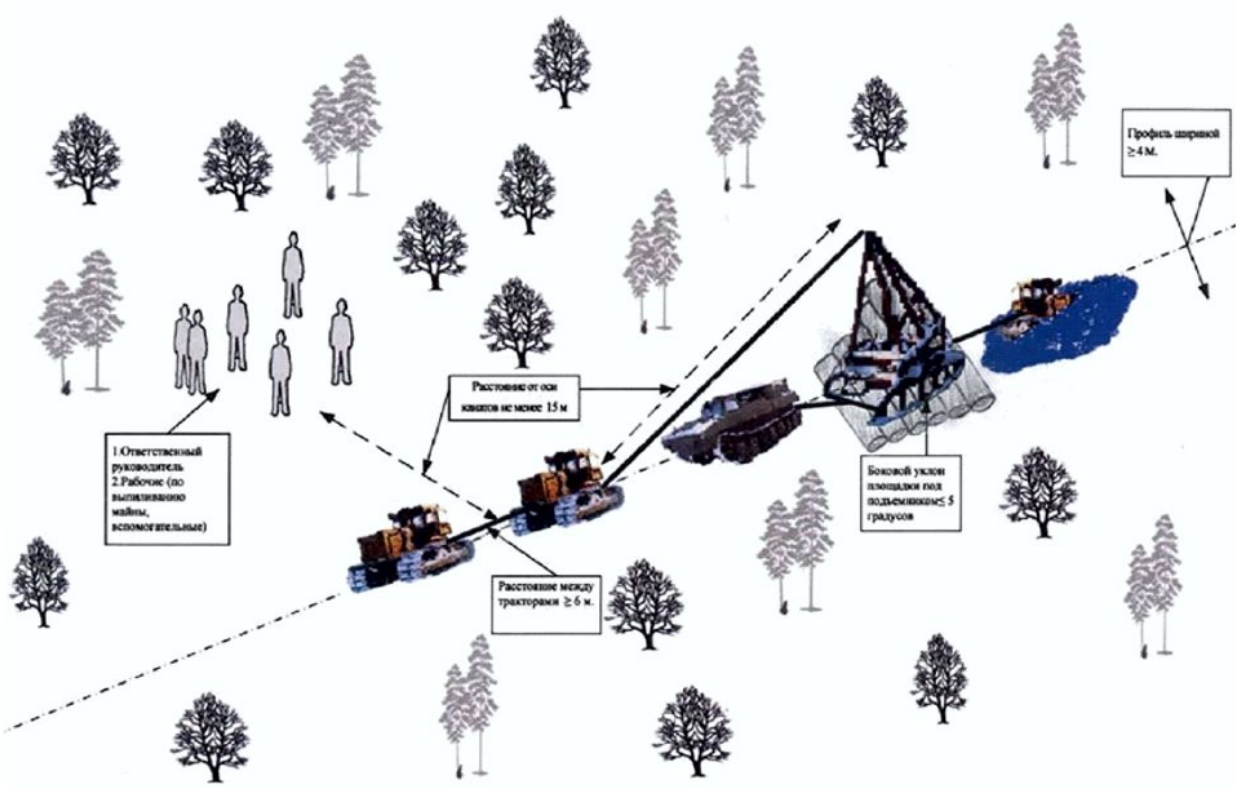
В спасательных работах принцип единоначалия должен так же действовать безусловно. И роль первого ответственного руководителя, попавшего к месту подтопления чрезвычайно важна.

Перед началом работ ответственный руководитель спасработ кратко излагает план мероприятия, меры безопасности, проверяет оснащенность каждого участника средствами индивидуальной защиты.

Не стоять.

Несмотря на то, что первое правило аварийно-спасательных работ «не спешить», этап оценки ситуации не может быть долгим. И надо начинать действовать. Главная задача начального этапа – подготовка надежных точек опоры для последующего извлечения техники. Это могут быть разные действия в зависимости от ситуации.

Точка опоры может быть на льду. Для этого необходимо убедиться его надежности, стараясь не разрушать целостность бурением большого количества проверочных лунок. Площадка, на которой будет укрепляться подъемный механизм полиспаста или размещаться эвакуаторные единицы должна быть максимально укреплена подручными



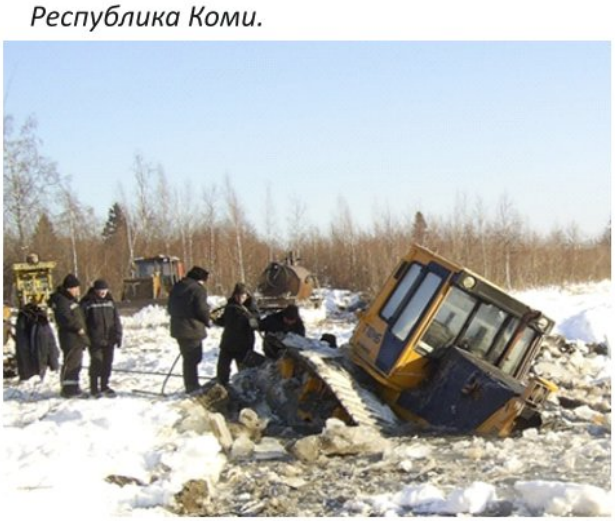
▲ *Рис. 3. Технологическая схема размещения работников и техники при вытаскивании затонувшей техники.*

средствами – бревна, доски, если позволит температура, возможно дополнительное намораживание.

После определения точек опоры и оценки наличных средств для подъема техники, необходимо оценить достаточность ресурсов, вызывая дополнительные единицы для того, чтобы был получен запас мощности.

Перед началом непосредственно спасработ все участники получают задание, проходят необходимый инструктаж, в ходе которого руководитель определяет необходимые команды и сигналы.

▼ *Рис. 4. Подъем бульдозера с использованием спасательной конструкции. Республика Коми.*





Специальные приемы и устройства.

Без специальных устройств и приспособлений, наработанных опытом, спасработы становятся не просто сложным процессом, а очень рискованным и опасным, чреватыми новыми инцидентами.

Полиспаст.

Одним из приспособлений, позволяющих извлечь затонувшую технику, является полиспаст – система роликов и блоков, увеличивающие мощность воздействия при вытягивании.

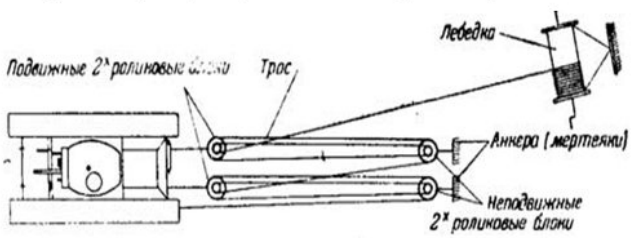


▲ *Рис. 5. Крюк для организации полиспаста.*

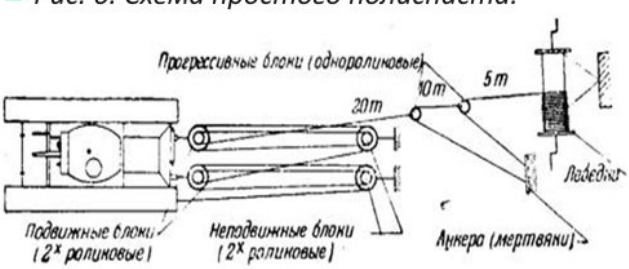
В качестве инструкции по организации подъема техники с использованием полиспаста приводятся рекомендации, утвержденные в танковых войсках.

Для вытаскивания тяжело застрявших танков в большинстве случаев необходимо приложить большие тяговые усилия, превышающие вес самого танка в 2,5—3,5 раза. Имеющиеся тракторы и тягачи могут не набирать без вспомогательных устройств создать необходимые по величине тяговые усилия для вытаскивания. Поэтому для вытаскивания тяжело застрявшей техники приходится применять полиспасты.

Полиспаст представляет собой механизм, предназначенный для подъема и передвижения тяжестей, состоящий из тягового приспособления, системы блоков и троса. Увеличение усилий в полиспасте происходит за счет уменьшения скорости движения передвигаемого предмета по сравнению со скоростью выбирания троса тяговым приспособлением (лебедкой или буксирным крюком движущегося трактора). Выигрыш в силе полиспаста обратно пропорционален изменению скорости. Для вытаскивания танков применяются простые полиспасты (рис. 6) и прогрессивные (рис. 7).



▲ *Рис. 6. Схема простого полиспаста.*



▲ *Рис. 7. Схема прогрессивного полипаста.*

Получаемые при помощи простого полиспаста результативные увеличенные усилия, приложенные к крюкам вытаскиваемого танка, определяются следующей формулой:

S=PnK, где:

•S — результативные увеличенные усилия, приложенные к крюкам вытаскиваемого танка;

•P — начальное тяговое усилие, развиваемое лебедкой или трактором;

•n — число ветвей троса полиспаста;

•K — максимальный коэффициент потерь усилий за счет сопротивления в блоках и на изгибе (при 3—12 блоках в полиспасте), равный 0,8.

Например, необходимое тяговое усилие для извлечения танка (установленное при данном виде застревания) — 35 т. На месте есть тяговое приспособление (лебедка или трактор ЧТЗ-60 или 65) с тяговым усилием P = 5 т. Определим

необходимое количество ветвей в полиспасте, пользуясь формулой S = PnK. Для этого подставим в нее вместо буквенных обозначений цифровые величины, а именно: S = 35 т; P = 5 т; K = 0,8, и в результате получим следующее выражение: 35 = 5 n 0,8, откуда n~9, т. е. количество ветвей в полиспасте будет равно девяти. Количество однороликовых блоков, необходимое для полиспаста (m), определяется по числу ветвей троса (n), уменьшенному на единицу, т. е. т = n — 1; в данном случае т = 9 — 1=8.

При применении двухроликовых блоков количество их уменьшается вдвое, т. е. в данном случае потребуется только четыре блока, что и показано на рис. 5. При применении трехроликовых блоков количество их соответственно уменьшается втрое. Если необходимо создать большие тяговые усилия, число ветвей троса и блоков в полиспасте следует соответственно увеличивать. Прогрессивный полиспаст (рис. 6) состоит из двух или нескольких простых полиспастов Прогрессивный полиспаст используют для создания тяговых усилий свыше 50 т для уменьшения количества блоков и троса в полиспасте и если на месте есть лишь маломощные тяговые приспособления (ручные лебедки до 5 т или тракторы ЧТЗ-60 или 65). Получаемые при помощи прогрессивного полиспаста результативные увеличенные тяговые усилия, приложенные к крюкам вытаскиваемого танка, определяются по формуле S=2mPnK, где:

•S — результативные увеличенные усилия, приложенные к крюкам вытаскиваемого танка;

•m — число прогрессивных блоков. Под прогрессивным блоком понимается дополнительно вводимый в систему простой полиспаст, состоящий из одного блока;

•P — начальное тяговое усилие, развиваемое лебедкой или трактором;

•n — число ветвей троса полиспаста;

•K — максимальный коэффициент потерь, равный 0,8.

При устройстве полиспастов руководствоваться следующим:

•при применении прогрессивного полиспаста прогрессивные блоки в начальный момент должны располагаться как можно ближе к подвижным блокам;

•при подходе первого прогрессивного блока к тяговому приспособлению необходимо перепасовать полиспаст (ослабить трос, переместить и перевязать прогрессивные блоки);

•блоки к крюкам танка и к анкерным устройствам крепить отдельными короткими концами троса или цепями, как указано на рис. 8, 9, 10 и 11;

•лебедку крепить к анкерам при помощи концов троса, причем трос завязывать таким же способом, как и в случае крепления блоков к анкерам;

•при устройстве полиспастов (при наличии 3-тонной лебедки) необходимо для получения требующихся тяговых усилий, указанных в схеме, применять в качестве тяговых устройств по две 3-тонных лебедки или выбирать следующую по порядку схему полиспаста;

•при натяжении троса в полиспасте запрещать обслуживающему персоналу стоять между блоками (в направлении натяжения троса), дабы избежать несчастных случаев;

•не становиться ногами и не бросать тяжелые предметы на натянутый в полиспасте трос, во избежание повреждения и обрыва троса;

•блоки различной тяговой способности должны распределяться в полиспасте в соответствии с приходящимися на них усилиями.

Пропиливание льда до берега.

Порой, единственной «точкой опоры» оказывается только берег водоема. И несмотря на соблазн организации работ со льда, необходимо прочищать трассу выхода техники до суши. Работа трудоемкая и кропотливая, но без этого «утопленника» на твердую землю не поставить. Лед приходится выпиливать вручную с использованием бензопил выбирая льдины из полыньи. Заталкивая блоки льда под края полыньи укрепляется поверхность проруби.

Бревно под фаркопом

При движении по весенним переправам, когда надо двигаться, и понятно, что риск высок, прикрепленное под фаркопом бревно поперек машины, выступающее за габариты как можно дальше, поможет удержать машину на льду. Конечно, бревно не добавит плавучести многотонной машине. Но выиграть время однозначно поможет. Проваливается машина не сразу и сначала под колесами. Бревно ложится на края полыньи, увеличивая площадь давления на лед. Это даст время начать организацию спасения провалившейся машины пока она находится еще надо льдом.

Подробнее об авторе



Слонов
Дмитрий Ниолаевич

главный редактор журнала «Приборы и системы разведочной геофизики»

Минимально допустимая толщина льда и минимальные расстояния до кромки льда при работах на замерзших водоемах

Груз	Масса груза, тн.	Наименьшая безопасная толщина ледяного покрова, см.		Предельные расстояния до кромки льда, м.
		морской лед	речной лед	
Человек в походном снаряжении	0,1	10	8	3-5
Автомобиль грузоподъемностью 1,5 тн с грузом	4	55	44	15
Автомобиль с грузом	6	67	54	20
Автосамосвал с грузом или бульдозер	8	76	62	30
Автотягач с грузом или трактор	6		44	15
Трактор гусеничный с грузом	10		60	30

Примечание: Данные приведены для осеннего льда. Весенний лед слабее осеннего в 1,5 - 2 раза.

Помните! Вас ждут дома!

Берегите себя!

О примерах выполненных микросейсмических исследований методом пассивных наблюдений с использованием оборудования SmartSolo

■ Youli An, главный геофизик, DTCC

Оборудование SmartSolo широко применяется в решении разнообразных задач в области инженерной геологии. Наши чувствительные автономные сейсмодатчики хорошо подходят для решения задач пассивного мониторинга микроколебаний (микросейсмика) на различных городских объектах.

Микросейсмика городских объектов и строений - это сложная система постоянных и случайных колебаний, состоящая из продольных и поперечных волн, при этом энергия поверхностных колебаний составляет более 70% от общей энергии. Микроволновая разведка в основном использует стендово-матричный метод получения микроволновой информации чувствительными датчиками, фиксирующими городские «шумы» в течении длительного времени. Для получения информации, формируется массив сейсмодатчиков, фиксирующих колебания в течении длительного времени. Сейсмодатчики могут размещаться по кругу, треугольниками, по кресту и в линии. Скорость поперечной волны получается путем преобразования в пластовую тонкослоистую модель среды, позволяющей сделать вывод о структуре исследуемого объекта.

Основные преимущества методов пассивной сейсмики и аппаратуры SmartSolo для выполнения микросейсмического мониторинга среды:

•Отсутствие повреждений исследуемых объектов;

•Высокая противоинтерференционная способность оборудования;

•Низкая стоимость исследований;

•Экологически чистые работы.

Метод извлечения дисперсионной кривой поверхностных волн.

Методы извлечения дисперсионных кривых в основном подразделяются на метод пространственных коэффициентов автокорреляции (метод SPAC) и метод спектрального соотношения скоростей среды. Основной принцип метода спектрального соотношения продольной и поперечной скорости заключается в вычислении спектра мощности сигнала во временной области микродвижения, а также в вычислении соотношения амплитуды горизонтального и вертикального направления каждой частоты в частотной области.

Процесс реконструкции геологической структуры состоит:

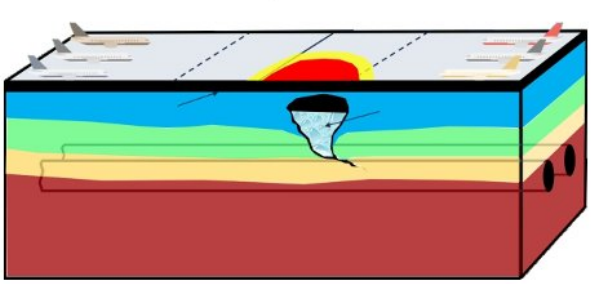
•Создание массивов наблюдений для получения микро-двигательного исходного сигнала в точке наблюдения;

•Извлечение кривых рассеяния поверхностных волн или кривых ВЧ/ВЧ-излучения из наблюдаемых данных;

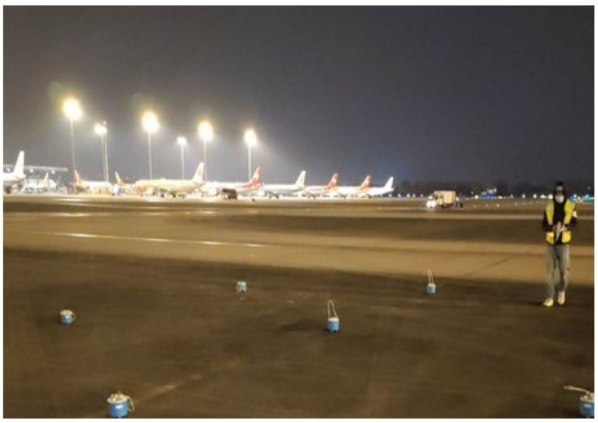
•Инверсия структуры скоростей S-волн из дисперсионных или H/V кривых для получения стратиграфии неглубоких поверхностей.

Исследования целостности покрытия в аэропорту Чэнду.

Поверхность под взлетно-посадочной полосой аэропорта может расслаиваться - под бетонным покрытием могут образовываться пустоты, связанные с проседанием, неравномерным уплотнением, а так же вымыванием песка и грунта из основания плит (Рис. 1). Исследования микросейсмического мониторинга были поставлены



▲ *Рис. 1. Поисковые объекты под поверхностью бетонного покрытия.*



▲ *Рис. 2. Размещение датчиков SmartSolo на взлетном поле аэропорта.*

на выявление таких пустот, нарушающих целостность покрытия.

На поверхности непосредственно над осевой линией исследуемой конструкции между плитами была установлена кольцевая система наблюдения, состоящая из шести сейсмометров, размещенных в вершинах внутреннего шестиугольника круга и одного сейсмометра в центре круга, которые могут образовывать два вида систем наблюдения, гексагональную и треугольную, а расстояние от вершин до центра круга считается радиусом наблюдения R. Размещенные на поверхности сейсмодатчики SmartSolo позволяют обнаруживать геологические условия ниже бетонной поверхности взлетной полосы (Рис. 2).

Исследование риска безопасности строительства.

Был осуществлен динамический мониторинг дорожного полотна с целью выявления зон изменения уровня грунта дорожного покрытия. Работы проводились по линейно-матричной системе наблюдения. Выявлялись зоны расслоения грунтов в связи с проседанием песка и гравия под дорожным полотном и фундаментом некоторых построек.

Данные работы были проведены без нарушения целостности полотна, оперативно и весьма эффективно.

Была выявлена зона разуплотнения грунта, проходящая в том числе и под фундаментом одного из зданий. Проведенные исследования позволили оперативно провести восстановительные работы (Рис 3).

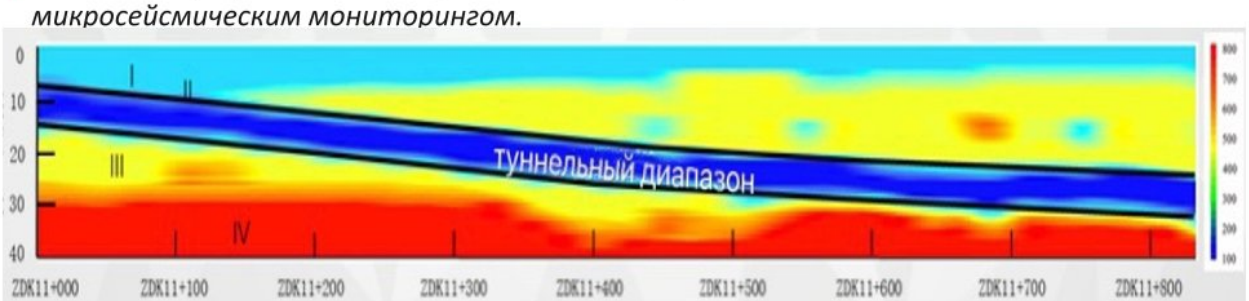
Обнаружение неблагоприятных геологических тел. Исследование карстовых пород в метро в Шэньчжэне.

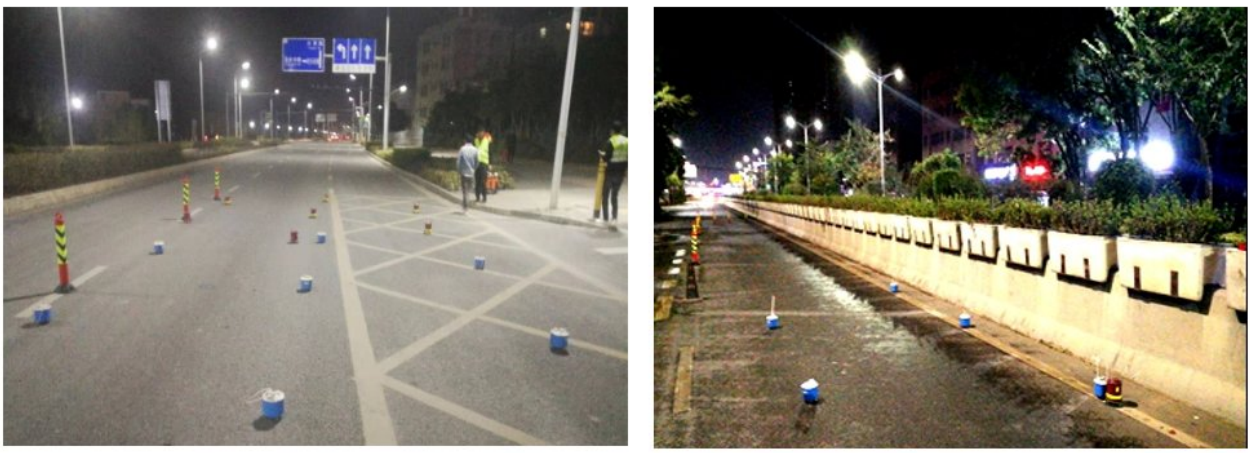
Структура дорожного покрытия проходит через карстовую зону и технология микросейсмичсеких исследований очень хорошо подходит для построения модели среды с целью достижения точного позиционирования полостей. Проведенные исследования полностью подтвердились последующим бурением. Учитывая дискретность информации, получаемой от скважинных исследований, наш метод очень важен для построение единой модели среды и в межскважинном пространстве (Рис. 4; 5).

Обнаружение и расположение муниципальных трубопроводов.

Нами были выполнены работы по контролю положения муниципальных трубопроводов. Результаты разведки дали возможность восстановить положение магистральных трасс, их размер и направление.

▼ *Рис. 3. Зона разуплотнения дорожного полотна, выявленная микросейсмическим мониторингом.*





▲ *Рис. 4. Размещение датчиков для выявления карстовых объектов.*

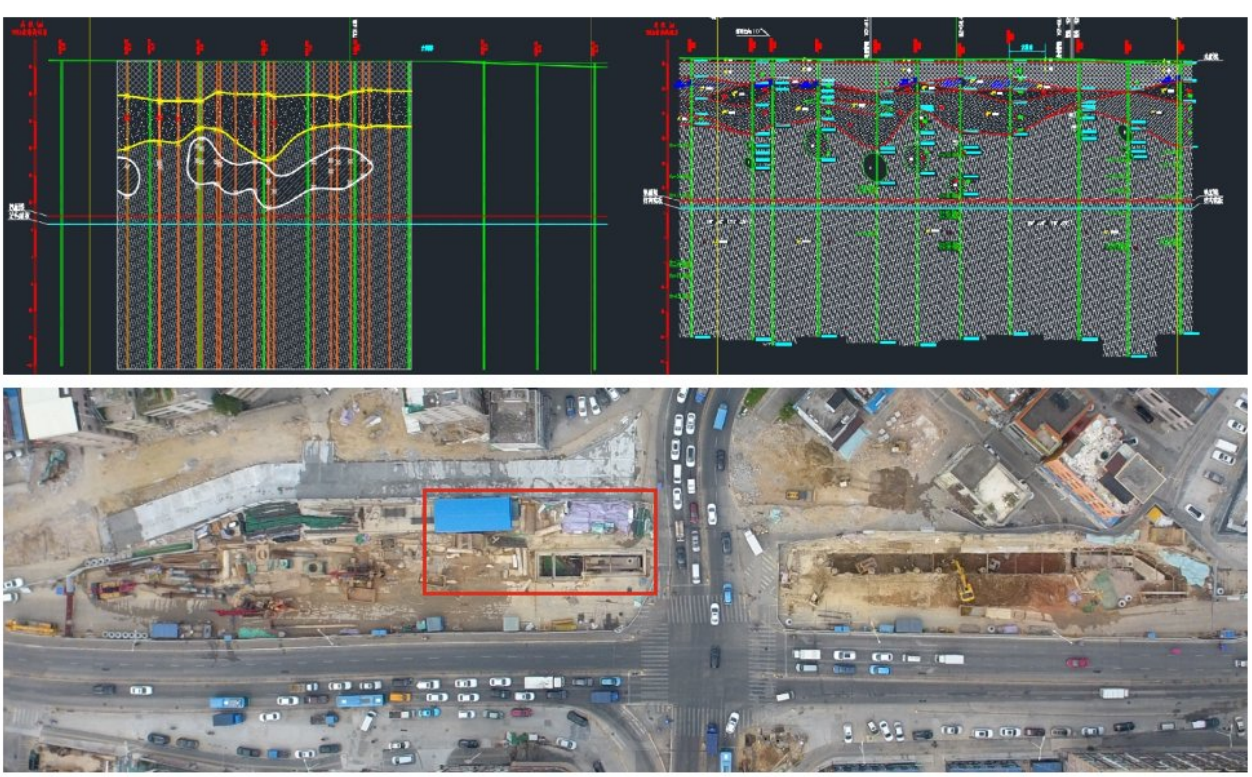
Заключние.

Технология микросейсмического мониторинга может быть использована повсеместно как во время предварительных инженерных изысканий, так и при последующем исследований в процессе эксплуатации объектов. Простота и цена таких исследований делает их удобным интсрументом,позволяющем решать многие задачи.

Оборудование, предлагаемое нашей компанией - высокоточный трехкомпонентный сейсмограф (IGU-BD3C-5) – наилучшим образом подходит для подобных исследований. Это чувствительный датчик и система передачи данных для анализа в режиме реального времени.

Мы с нетерпением ожидаем появления новых практических примеров работ и осознания практической ценности подобных проектов, эффективно снижающих строительные риски.

▼ *Рис. 5. Схема проведенных исследований карстовых зон.*



Оценка беспроводной телеметрии WANS и кабельных систем ARAM ARIES и Sersel на основе спектрального и микросейсмического анализа

Киселев В.М., Малюта С.И., Сибирский Федеральный Университет, Институт нефти и газа, ПАО «ГЕОТЕК Сейсморазведка», г. Москва

Введение

Сейсморазведка занимает ведущее место среди геофизических методов, применяемых при поисках месторождений нефти и газа.

Прогресс в технологии ведет к облегчению проведения работ, получению более высокой производительности при уменьшении затрат без потерь качества полевого материала [Херолд, Демидов, 2007] и [Буряк и др., 2007].

За более чем 20 лет развития спектрального анализа были разработаны различные подходы к регистрации микросейсмических событий [Сердюков и др., 2015] и [Roy White, Ehsan Zabihi Naeini, 2017], методов обработки и методик интерпретации результатов. Бескабельная регистрация сейсмических данных, получающая все большее распространение наряду с традиционными кабельными системами дает возможность проведения полевых сейсморазведочных работ на участках, где использование кабельных систем затруднено по той или иной причине.

С помощью беспроводной телеметрии могут решаться задачи исследования труднодоступных областей (горные районы, залесенные местности участки и т.д.), а так же высоко урбанизированные территории. Размотка кабельных телеметрических систем в таких условиях затруднительна, а зачастую невозможна.

Расширяется круг геолого-геофизических задач, повышается требование к объему и качеству материала. Увеличение количества каналов продиктовано рядом причин: увеличение производительности работ, применение многокомпонентной регистрации для получения дополнительной информации о геологическом разрезе, мониторинг эксплуатации месторождений. Дальнейшее повышение канальности регистрирующих систем сдерживается трудностями, связанными в том числе с транспортировкой и размоткой кабелей.

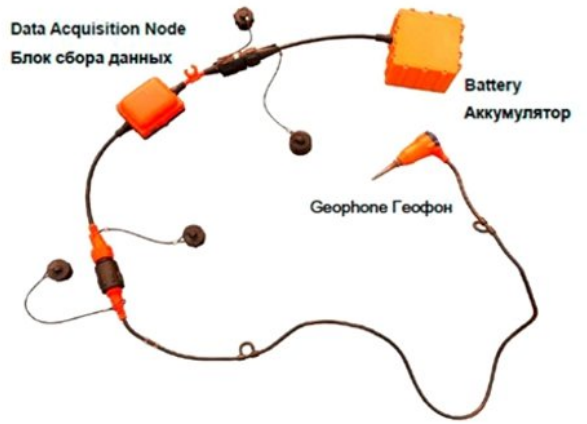
Применение кабельных систем имеет ряд недостатков: их значительный вес, большие трудозатраты, существенные потери времени, связанные с ремонтом и обслуживанием кабельных систем.

Очередным этапом технологической революции в сейсморазведке стала разработка бескабельных регистрирующих систем, открывшей широкие возможности не только для снижения веса наземной электроники и сокращения численности, наземных сейсмопартий, но и для принципиального пересмотра традиционных методик полевых работ и критериев оценки качества исходных данных [Абдулвалиев и др., 2020].

Беспроводная система сбора сейсмических данных WANS - представляется китайскими создателями как свежий шаг в развитии беспроводной телеметрии. Главная задача данной работы – показать, что эта модификация беспроводной телеметрии работает на уровне кабельных систем, дает возможность получения материала сопоставимого качества с оборудованием ARAM ARIES и Sersel.

Особенности системы WANS

В системе беспроводного сбора сейсмических данных WANS используются



▲ *Рис. 1. Внешний вид бескабельной системы сбора данных WANS.*

одиночные сейсмоприемники YF-SOLO-5Hz, кроме того, к данным модулям можно подключить стандартную группу приемников.

Система беспроводного сбора сейсмических данных состоит из блоков с определёнными функциями (Рис.1.). Блоки могут быть использованы в качестве компонента данной системы, а также отдельно в соответствии с потребностями пользователей как самостоятельная система.

Основные технические особенности системы:

1. Система имеет небольшой вес, обладает мобильностью, высокой надежностью, может быть использована в сложных полевых условиях.

2. Система имеет небольшую конструкцию. Загрузка данных, зарядка аккумуляторов выполняются непосредственно в полевых условиях

3. В блоках сбора данных применяются модульная конструкция и программируемый микропроцессор для логического контроля, что позволяет быстро и легко адаптировать систему к потребностям пользователя и условиям применения.

4. Система беспроводного сбора сейсмических данных WANS является комплексной интегрированной системой, в которую входят подсистема управления данными.

5. Разработчики системы WANS предусмотрели возможность ее работы, как с геофонами, так и с гидрофонами.

Программа и методика работ

В марте 2017 г. ООО «ТСГК» СПН№1 на участке работ (ХМАО) были проведены опытно методические работы. В феврале 2018г. силами «ГЕОТЕК-ВГК» СПН№10 в Восточной Сибири проводились повторные опытно методические работы. Все опытные работы проводились различной сейсморегистрирующей аппаратурой по схеме наблюдений МОГТ-2D (центральная система). Шаг дискретизации– 1мс. Длительность записи 5 сек.

Работы выполнялись с параллельной регистрацией сигналов кабельной системой и оборудованием WANS.

В таблице 1 представлена методика работ в 2017 и 2018 годах.

В таблице 2 дано сравнение технических характеристик использованных сейсмоприемников

Профиль №1: Оборудование ARAM-ARIES расставлено по обычной схеме, группирование сейсмоприемников 12шт. на базе 25м, ПП через 50 м. Беспроводное оборудование расставлено параллельно оборудованию ARAM-ARIES с использованием тех же групп сейсмоприемников через тройник переходник. Таким образом, на ПРN№1 одни и те же группы сейсмоприемников использовались одновременно системой ARAM ARIES и системой WANS.

На профиле №3 работы проводились дважды в 2017 и 2018 годах.

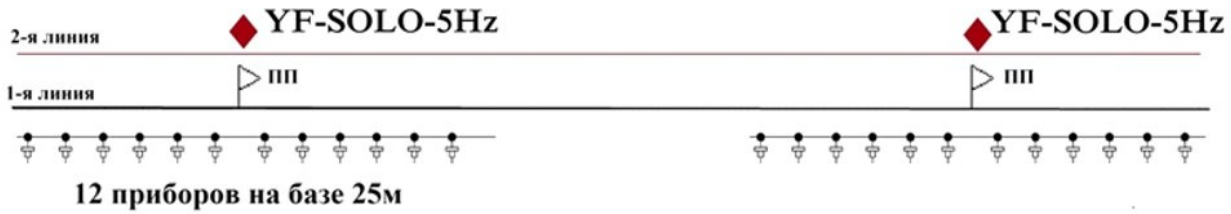
Работы 2017 года: Оборудование ARAM-ARIES расставлено по обычной схеме, группирование сейсмоприемников 12шт. на базе 25м, ПП через 50 м. Беспроводное оборудование WANS

▼ *Табл. 1. Методика проведения опытных работ.*

Параметры методики полевых наблюдений	Величина параметров Опытные работы 2017г	Величина параметров Опытные работы 2018-2019гг
Метод	МОГТ-2D	МОГТ-2D
Тип сейсмостанции	ARAM-ARIES/	Sersel428xl
Количество каналов (общее / активное)	120/120	160/160
Система наблюдения	центральная	центральная
Шаг дискретизации, мс.	2	1
Шаг ПП по линии приёма, м	50	50
Максимальное удаление ПВ-ПП, м	2975	7950
Тип сейсмоприемников	GS-20DX	GS-20DX 6S1P
Количество с/приемников на канал Способ группирование с/приемников	12 Линейное параллельно-последовательное	6 Точечное
- Количество и тип источников возбуждения - Количество накоплений	Взрывной 0,5кг -	Ударный модуль Енисей СЭМ 10, 4 шт. 4-16
Длина записи, с	5	5
Формат записи	SEG-Y, SEG-D	SEG-Y, SEG-D

▼ *Табл. 2. Сравнение технических характеристик сейсмоприемников.*

Характеристики	GS-20DX	YF-SOLO-5Hz
Собственная частота	10 ±5%	5 ±10%
Верхний предел частоты пропускания, Гц	250	≥240
Гармонические искажения	< 0.2%	< 0.2%
Выходное сопротивление в открытой сети, Ом	395 ±5%	1850 ±5%
Коэффициент преобразования (чувствительность в открытой цепи),В/м/с	27.6 +5%	80 +5%
Степень затухания в открытой цепи, %	30 ±5%	60 ±10%
Масса подвижной части, гр	11	22.7
Рабочее положение от горизонтали, град	90	90
Допускаемый угол наклона от рабочего положения, град., не более	20	10
Габаритные размеры, мм	25.4 x 33	27.0 x 43.5
Масса, гр	86	135



▲ *Рис. 2. Профиль №3. Схема расположения сейсмоприемников: 1-я линия группы GS-20DX, 2-я линия- одиночные YF-SOLO-5Hz.*



▲ *Рис. 3. Профиль №3. Схема расположения сейсмоприемников.*

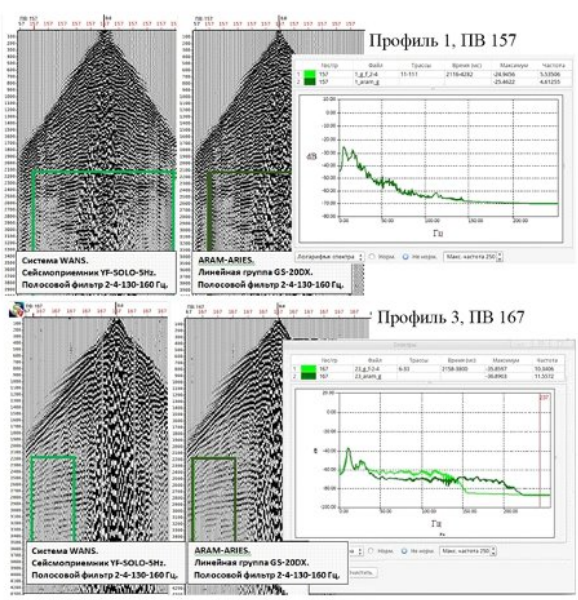
расставлено с одиночными приемниками YF-SOLO-5Hz параллельно с группами ARAM-ARIES, ПП через 50м (рис.2.)

Работы 2018г: Оборудование Sersel расставлено по схеме группирования сейсмоприемников 6 шт. на базе 12,5 м/ на площадке (установка в точку), ПП через 50 м. Беспроводное оборудование WANS расставлено с одиночными приемниками параллельно с группами Sersel, ПП через 50м (рис.3.)

Результаты работ

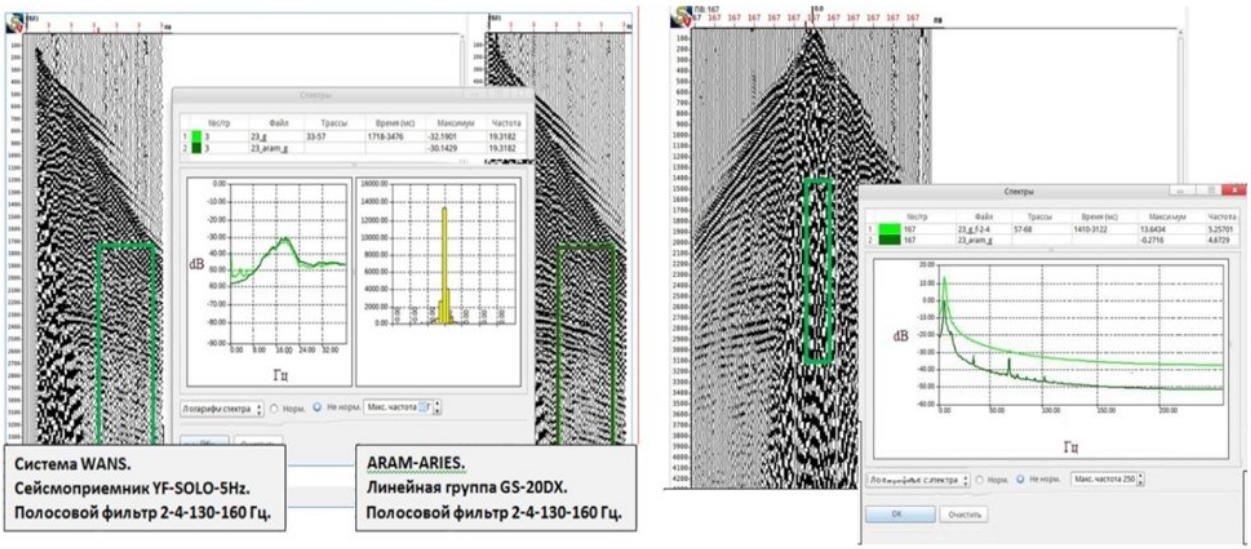
На первый взгляд при сравнении сейсмического материала с применением полосового фильтра 2-4-130-160 Гц по профилю № 1, полученного обеими телеметрическими системами, видно, что сейсмические записи практически идентичны по визуальной оценке.

Если быть точнее (рис.4) видно, что с помощью проведенного анализа спектров, полученные сейсмограммы схожи, так как разница в доминантной частоте составляет 0.823 Гц, а разница в полученной энергии сигнала 0.517 дБ. Можно говорить, что сама система сбора данных, не вносит никаких искажений в передачу данных.



▲ *Рис. 4. . Анализ спектров регистрации с применением полосового фильтра.*

Различия сейсмических записей на профиле 3 выше, как в доминантной частоте 1.217 Гц, так и в мощности сигнала 1.032 дБ, и в первую очередь обусловлены применением одиночных сейсмоприемников YF-SOLO-5Hz при регистрации системой WANS, в то время как записи ARAM-ARIES получены со стандартными группами сейсмоприемников. При этом следует отметить, что повышение спектральной составляющей в области высоких частот на записях WANS связано как раз с применением одиночного сейсмоп-



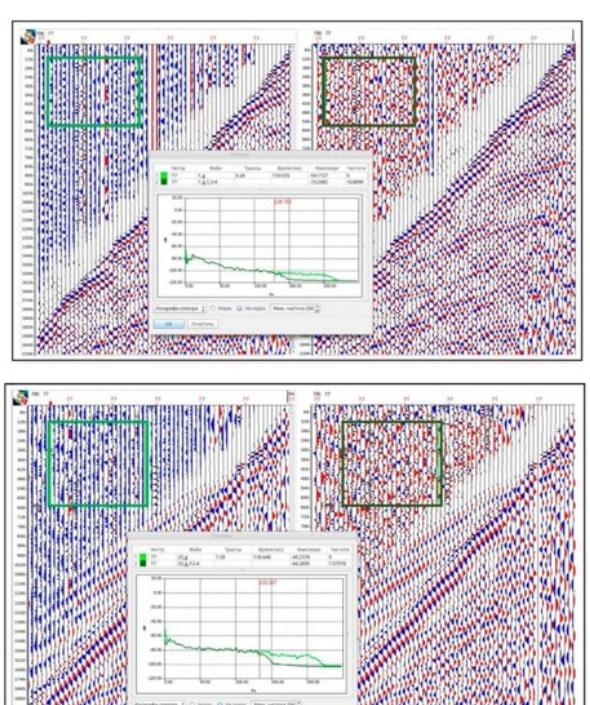
▲ *Рис. 5. Анализ спектров до 40Гц максимальные минимальные удаления.*

риемника (т.е. отсутствием группирования сейсмоприемников).

Проведенный анализ спектров до 40 Гц на минимальных и максимальных удалениях свидетельствует о значительных отличиях в полученных записях. Различия, прежде всего в низкочастотной части спектра (рис. 5), в которой низкочастотные компоненты по амплитуде значительно выше в записи, полученной WANS, чем на ARAM-ARIES. Собственно получили предполагаемые расхождения в характеристиках сейсмических записей, полученных с приемниками с разной собственной частотой.

Можно отметить ожидаемую высокую

▼ *Рис. 6. Сверху сейсмограмма Sersel до и после обработки, снизу запись WANS.*



▼ *Рис. 7. График изменения доминантной частоты, профиль 1.*



▼ *Рис. 8. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм, профиль 1.*



интенсивность поверхностных волн при регистрации сейсмоприемниками YF-SOLO-5Hz. В обоих случаях это связано как раз с применением одиночного сейсмоприемника.

По профилю 3 (опытные работы 2018г), заметны различия не только на необработанной записи, но и после первичной обработки, где, в граф обработки была включена процедура полосовой высокочастотной фильтрации (рис.6).

На (рис. 7,8) представлены графики изменения доминантной частоты сигнала на профиле 1.

Посмотрев графики сейсмических атрибутов, так же можно говорить о сопоставимости материалов (за исключением погрешности в измерениях), полученных обеими системами регистрации с одинаковыми приемниками, что уже было отмечено выше.

На (рис. 9,10,11) представлены графики изменения амплитуд и микросейсм сигнала по профилю 3, с применением разных (5 и 10 герцовых) сейсмоприемников. На графиках, видны значительные отличия в амплитудах микросейсм, доминантной частоты, соотношениях сигнал/помеха.

Из данных графиков видно, что, несмотря на значительные отличия графики, имеют схожую тенденцию в основной массе. Группирование сейсмоприёмников является одним из основных методических приёмов сейсмической разведки, позволяющих повышать отношение сигнал/помеха и улучшать, таким образом, качество исходных сейсмических записей. Способ группирования сейсмоприёмников, как средство борьбы с поверхностными волнами, был предложен в Советском Союзе В.С. [Воюцкий, 1934].

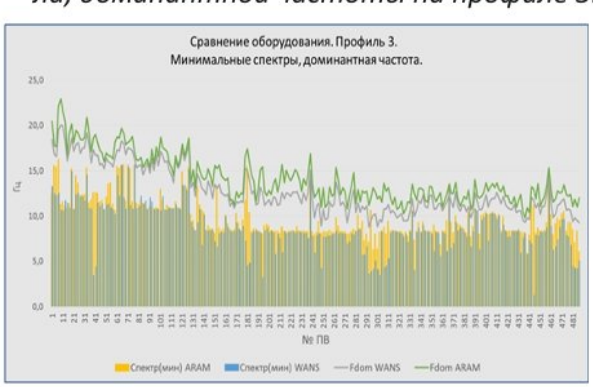
▼ *Рис. 9. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм на профиле 3.*



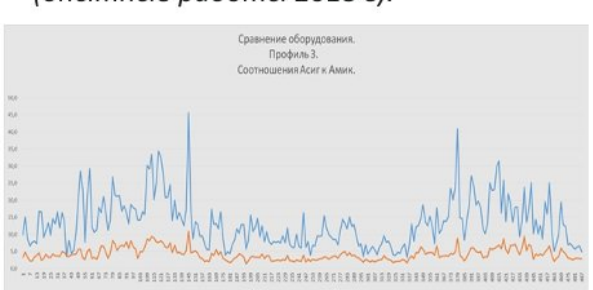
▼ *Рис. 10. График изменения ширины спектра на профиле 3.*



▼ *Рис. 11. Графики изменения спектра сигнала, доминантной частоты на профиле 3.*



▼ *Рис. 12. График изменения амплитуды сигнала и микросейсм на профиле 3 (опытные работы 2018 г).*



Наконец сравнение характеристик сейсмических записей, полученных с использованием линейных групп из 6 геофонов GS-20DX (Sersel) и бескабельной системы сбора данных WANS с геофонов YF-SOLO-5Hz, а именно сравнение соотношений Асиг к Амик полученого оборудованием Sersel и WANS по профилю 3 (опытные работы 2018г) (рис.12).

Разница наглядна, эффект, возникающий вследствие группирования сейсмоприёмников, заключается в следующем: отражённые волны, приходящие из нижнего полупространства, характеризуются фронтами близкими к горизонтальным и поэтому практически одновременно подходят к различным сейсмоприёмникам группы, синфазно суммируясь и увеличивая, таким образом, амплитуду на выходе группы в ≈N раз, где N – число сейсмоприёмников в группе. Вместе с тем поверхностные волны-помехи, распространяющиеся с относительно низкими скоростями вдоль профиля, приходят к соседним приборам группы со значительными фазовыми сдвигами и поэтому, по сравнению с синфазным суммированием, при сложении могут существенно ослабляться. Тем самым при использовании групп сейсмоприемников можно получить более качественный материал, нежели с одним геофоном.

Выводы

На основании проведенного анализа результатов опытных работ по опробованию бескабельной телеметрической системы сбора WANS в сравнении с оборудованием ARAM-ARIES и Sersel можно сделать следующие выводы:

Эффективность используемых групп зависит от величины базы и числа элементов группирования, от распределения чувствительности для различных элементов интерференционной системы, а также от параметров волн-помех и целевых отражений.

Сравнение сейсмических данных по профилю 1, свидетельствует о сопоставимости различных систем регистрации.

Повышение спектральных составляющих, как в области низких частот, так и высокочастотной области на записях WANS, связано с применением одиночного сейсмоприемника YF-SOLO-5Hz. Применение таких геофонов может быть полезно при решении динамических задач.

Небольшие расстояния между каналами позволит осуществлять обработку и интерпретацию записей первых вступлений с построением детальной скоростной модели, необходимой для вычисления статических поправок.

Телеметрическая система WANS сопоставима с кабельными системам которые сейчас приняты на вооружение у многих российских компаниях и у ряда зарубежных для проведения данного вида работ.

Бескабельные системы имеют большое будущее, особенно в плане реализации новых технико-методических приемов сейсморазведки, в частности, при увеличении плотности наблюдений.

Литература

Абдулвалиев М.Т., Тиссен А.П., Череповский А.В., 2020, Контроль качества в современных бескабельных регистрирующих системах: приборы и системы разведочной геофизики,1. 31-40

Буряк С.В., Певзнер А.И., Понимаскин

А.И., Харитонов А.Е., 2007, Контроль качества и полевая обработка сейсмических данных: приборы и системы разведочной геофизики,4. 43-45.

Воюцкий В.С., 1934 г., Авторское свидетельство СССР №42640.

Левянт В.Б., Шустер В.Л., Элланский М.М., Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов), ТУМА ГРУПП, Москва, 2003 г., 176с.

Тищенко И.В., Тищенко А.И., Жуков А.А. 2009, Контроль качества сейсмических данных – проблемы и решения. 77с.

Сердюков С.В., Азаров А.В., Дергач П.А., Дучков А.А. Аппаратные решения микросейсмического мониторинга геодинамических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 3. – С. 192–200.

Херолд Д.Л., Демидов Н.И., 2007, полевая обработка в реальном времени и оперативный атрибутный количественный анализ качества сейсмических данных: Приборы и системы разведочной геофизики, 3.

Roy White, Ehsan Zabihi Naeini, Optimised spectral merge of the background model in seismic inversion Journal of Applied Geophysics, Volume 136, January 2017, Pages 246-261

Smith J.F., Как создавалась новая беспроводная аппаратура для наземной сейсморазведки: First Break; February 2006, Vol 24, No 2.

Подробнее об авторах



Киселев
Валерий Михайлович

Д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедры Геофизика СФУ, Института нефти и газа. Область научных интересов: Планетарная и прикладная геофизика. Солнечно-земная физика



Малюта
Станислав Игоревич

аспирант Сибирского Федерального Университета института нефти и газа. Сотрудник СП6 «ГЕОТЕК-ВГК» Область научных интересов: сейсморазведка

О развитии технических средств регистрации сейсмического сигнала и вибрационной сейсморазведки. Часть 1. Системы регистрации

Жуков А.П., Горбунов В.С., ООО «Геофизические системы данных», г. Москва

"Можно уподобить всякое землетрясение фонарю, который зажигается на короткое время и освещает нам внутренность Земли, позволяя рассмотреть то, что там происходит".
Б.Б. Голицын

Современного уровня сейсморазведка достигла не сразу. Ей предстоял долгий и нелегкий путь от примитивных приборов до высокотехнологичных и высокоточных систем. Благодаря достижениям науки и техники, оборудование и конструкция сейсморазведочных станций постоянно совершенствовались – уменьшался их размер, расширялся динамический диапазон, происходил экспоненциальный рост числа используемых для регистрации каналов и «канальности» сейсмостанций.

Цель настоящего обзора – проследить, как развивались технические средства сейсмической разведки с момента их зарождения до настоящего времени. Представляется важным показать, как создавались все более совершенные образцы сейсмической аппаратуры, впитывая все последующие достижения в радиоэлектронике, физике и других смежных областях науки и техники. Кроме того, необходимо отдать дань уважения компаниям-первопроходцам, сыгравшим ключевую роль в создании сложнейшей сейсморазведочной аппаратуры. Просим заранее извинить за неточности, которые могут встретиться в обзоре.

Эволюция систем регистрации сейсмических данных

Еще в 132 г. китайский ученый Чжан Хэн создал первый известный в истории сейсмоскоп (Рис. 1) – устройство, способное фиксировать землетрясения. Этот прибор мог определять только направление к эпицентру землетрясения, но не имел возможности записи сейсмических событий. Конструкция сейсмоскопа была проста: внутри медного сосуда диамет-

Рис. 1. Сейсмоскоп Чжан Хэна. 132 г. Реконструкция [1].



ром около двух метров располагался статический маятник, а на поверхности сосуда по азимутам находились восемь отверстий в виде головы дракона с закрепленными шариками. Головы драконов были связаны с маятником рычагами, поэтому, когда сейсмическая волна приводила корпус в движение, натяжение связующих элементов системы заставляло разжимать челюсти головы дракона, и шарик падал в пасть бронзовой лягушки, находящейся у подножия сейсмоскопа, показывая направление эпицентра землетрясения.

Прошло более полутора тысяч лет, и на другом конце света, в Италии в 1855 г. Луиджи Пальмиери сконструировал прибор для регистрации землетрясений. Принцип работы этого сейсмоскопа был в общих чертах похож на китайский, только в данном случае в роли шариков выступала ртуть. В зависимости от направления прихода сейсмической волны ртуть проливалась в специальную емкость, которая блокировала ход часов, фиксируя время сейсмического события [2].

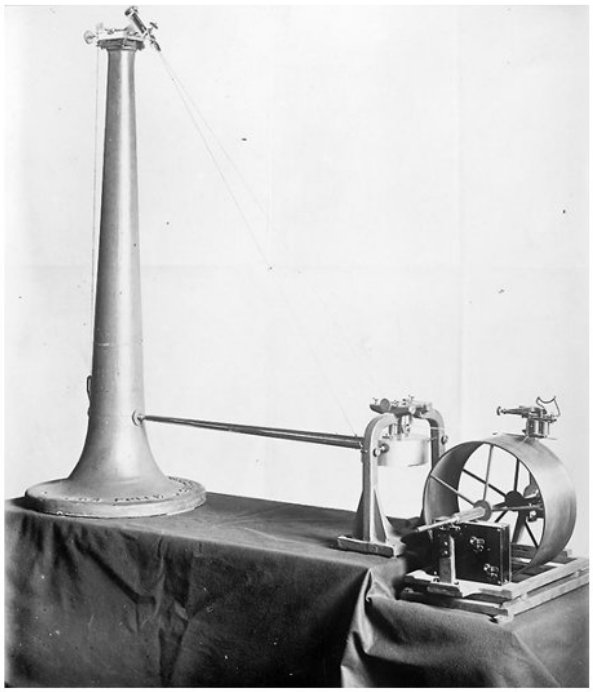
Первая известная попытка использования искусственного землетрясения (взрыва) для изучения упругих свойств геологической среды была осуществлена английским ученым Р. Маллетом в 1846 г. Подобный опыт повторил немецкий ученый Пафф (1873 г.), а затем американец Эббот (1878 г.). Однако для точной регистрации времени прихода волны их сейсмоскопы не обладали достаточной чувствительностью. Новая попытка усовершенствования была предпринята Л. Фуко и М. Леви в 80-х гг. XIX в., которые, изучая распространение упругих волн в земле, регистрировали амплитуды колебаний поверхности ртути в емкости с помощью фотографического аппарата [3,4].

Прямая запись на бумагу

Первые сейсмографы были разработаны в конце XIX в. и служили для регистрации и измерения движений грунта во время землетрясений. Сейсмографы были механическими: колебания корпуса относительно маятника с помощью рычагов усиливались и передавались на перо, оставлявшее следы на барабане, покрытом закопченной бумагой. Таким образом, осуществлялась прямая механическая запись.

В конце XIX в. в Японии группа английских физиков – Джеймс Альфред Юинг, Томас Грей и Джон Милн – создала простой и удобный сейсмограф, получивший широкое распространение в сейсмологии [5]. В это же время в Европе, особенно в Германии, активно развивались методы и инструменты для записи сейсмических колебаний. В этой области особенно выделялись исследования Э. Вихерта. В процессе создания сейсмографов Вихерт и Милн столкнулись с проблемой трения элементов системы механических сейсмографов (в том числе и трения пера о бумагу), что не позволяло повысить чувствительность приборов. Единственное разрешение проблемы виделось в увеличении массы маятника и длины плеча рычага для получения большого момента инерции, чтобы минимизировать влияние трения (Рис. 2). Так, Вихерт в своих экспериментах довел массу маятника сейсмографа до тонны с длиной плеча в несколько метров, чтобы регистрировать слабые землетрясения.

К концу XIX в. казалось, что усовершенствование механических сейсмографов практически достигло своего предела. Но в то время параллельно с Вихертом разработкой чувствительного сейсмографа занимался князь Борис Борисович Голицын (1862–1916) – физик, сейсмолог, академик Императорской Академии



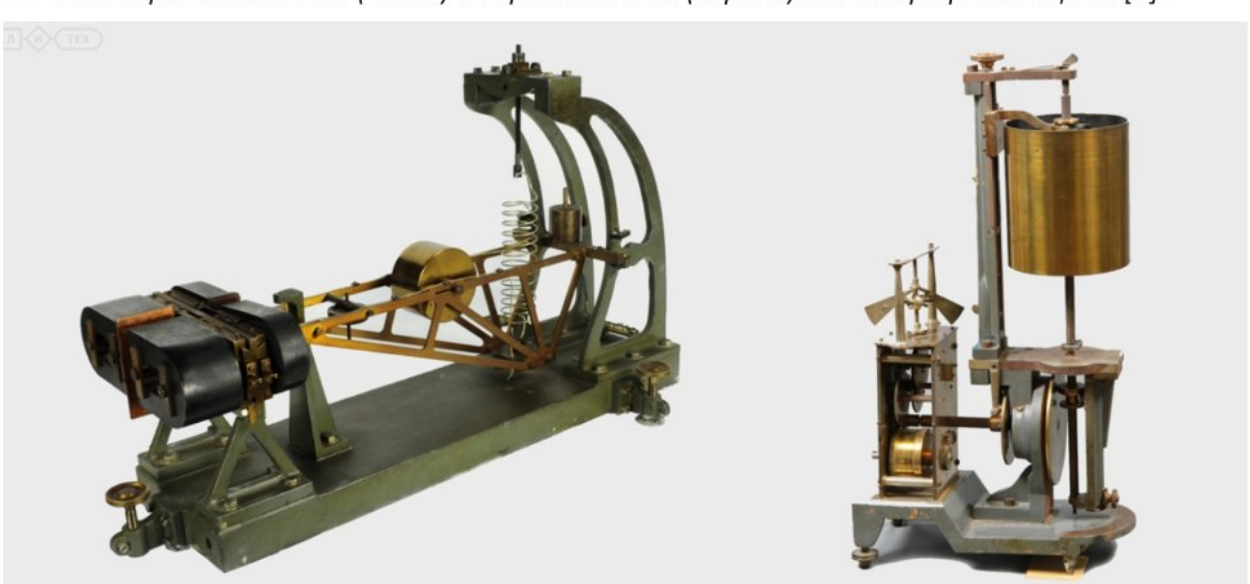
▲ *Рис. 2. Сейсмограф системы Вихерта (Bosch type) [6].*

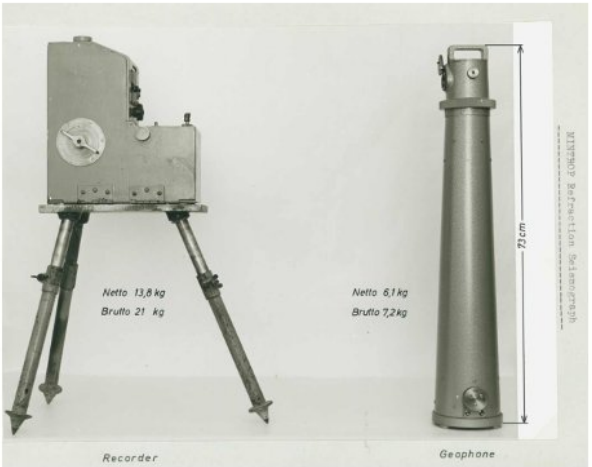
наук, внесший весомый вклад в развитие сейсмологии (о чем зарубежные коллеги скромно умалчивают). Голицын читал курсы электричества и магнетизма, термодинамики, теории упругости, акустики, высшей оптики в Морской академии. В 1903 г. он описал горизонтальный электромагнитный сейсмограф с гальванометрической регистрацией, а уже в 1906 г. установил его в Пулковской астрономической обсерватории. Это было принципиально новое устройство, в котором механические колебания маятника преобразовывались в электрический сигнал посредством электромагнитной индукции. Возникающий электрический ток при помощи зеркального гальванометра светолучевым методом записывался на двигающуюся осциллографическую бумагу, предназначенную для фотографической записи колебательных процессов в световых осциллографах с лампами накаливания.

Б.Б. Голицын привлек известного инженера Г.А. Мазинга к созданию первых сейсмографов (Рис. 3). В 1910 г. Голицын изготовил первый вертикальный сейсмограф с гальванометрической регистрацией.

Понимая всю важность своего изобретения для развития науки, Голицын не стал его патентовать, а наоборот, поделился результатами своих работ и чертежами устройства своих сейсмографов со многими научными учреждениями Старого и Нового Света. Разработанный Голицыным принцип гальванометрической регистрации и по сей день применяется в сейсмоприемниках. Фактически

▼ *Рис. 3. Горизонтальный (слева) и вертикальный (справа) сейсмографы Голицына [7].*





▲ *Рис. 4. Сейсмограф Минтропа. Детектор сейсмических волн (справа) и регистратор волн (слева) [6].*

любой современный сейсмограф можно назвать усовершенствованным «сейсмографом Голицына».

В 1914 г. в Германии Людгер Минтроп, коллега Вихерта, запатентовал метод первых вступлений и разработал первый компактный механический сейсмограф, который состоял из двух частей: детектора сейсмических волн и регистратора (Рис. 4). Детектор представлен металлическим шаром, подвешенным на пружине. Во время прихода сейсмических волн вертикальное движение массы отклоняет горизонтально зеркало, установленное на вершине перевернутого конуса. Луч от источника света в регистраторе, направленный на зеркало, отражается обратно и фиксируется на движущейся светочувствительной бумаге. Так происходит регистрация движения шара детектора и, следовательно, сейсмических волн [8].

Опробование новой технологии и оборудования произошло в 1921 г. в Германии, где был обнаружен первый соляной купол. Успешные сейсморазведочные работы для поиска нефти и газа компания Минтропа «SEISMOS» (позже «PRAKLA-SEISMOS») проводила и в США (Рис. 5). В конце 1924 г. был обнаружен соляной купол на побережье Мексиканского залива в Техасе (нефтяное поле «Moor», более известное как «Orchard»). Сейсмограф Минтропа использовался в 20-е и 30-е годы исключительно для поиска соляных куполов методом преломленных волн в районе Мексиканского залива. Почему именно соляных куполов? Пластичная соль прорывает вышележащие слои, деформируя их и изгибая вверх. По пористым вмещающим породам нефть мигрирует вверх, упираясь в непористую соль, благодаря чему образуются отличные ловушки углеводородов. Скорость прохождения сейсмических волн в соли в два раза выше, чем во вмещающих осадочных горных породах, поэтому значительное сокращение времени пробега волны является явным признаком наличия соляного купола и легко обнаруживается сейсмическими методами. По этой причине большая часть соляных куполов в регионе Мексиканского залива была открыта именно сейсморазведкой.

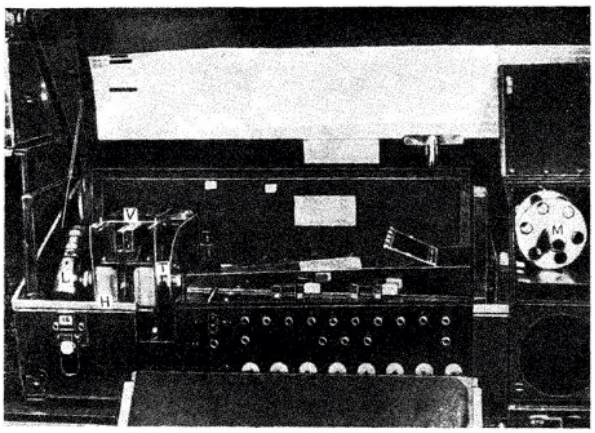
«SEISMOS» в 20-е годы монополизировала рынок сейсморазведки. Сейсмографы Минтропа и их чертежи невозможно было купить или украсть, при проведении полевых работ оборудование находилось под вооруженной охраной, а иной раз Минтроп мог лично досматривать вещи своих сотрудников. Кроме того, метод интерпретации полученных данных был описан лишь в общих чертах,

▼ *Рис. 5. Подготовка к полевым работам. «SEISMOS», начало 30-х годов.*





▲ *Рис. 6. Сейсмограф вертикальный. «Petty Geophysical», 1925 г. [6].*



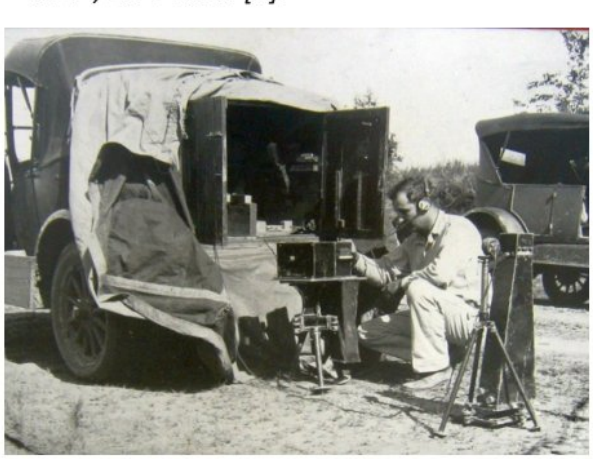
▲ *Рис. 7. 10-канальный регистратор «Petty Geophysical», 1931 г. [6].*

и никто точно не знал, как он применяется. Однако отсутствие финансовой поддержки, нарушение патентных прав, внедрение метода отраженных волн (которым пренебрегал Минтроп) и разработка более совершенных сейсмографов другими компаниями, в первую очередь «GRC» и «Petty Geophysical», вынудили Минтропа продать патенты «Техасо» и уйти из «SEISMOS» в 1933 г. [9].

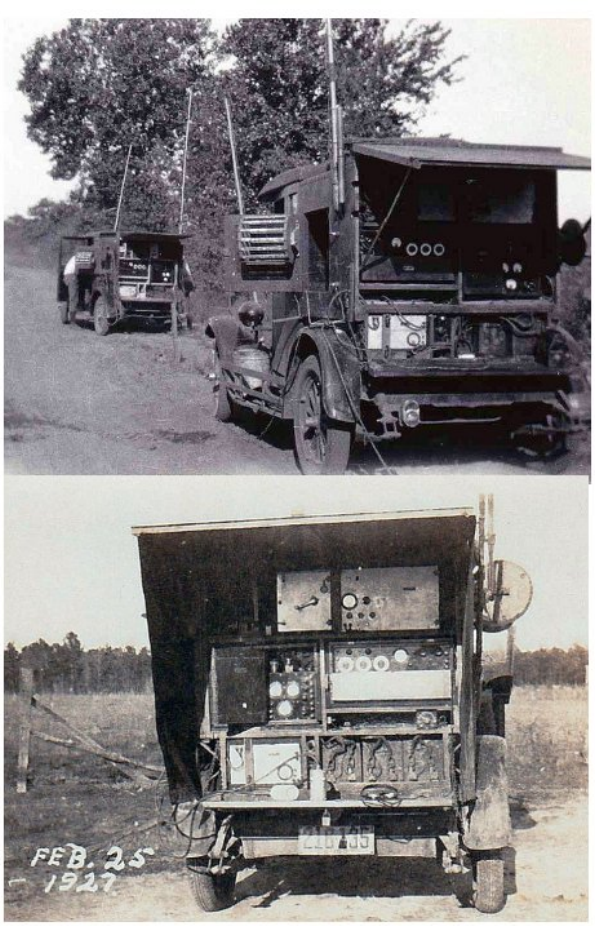
На волне успеха Минтропа многие сервисные компании правильно оценили перспективы сейсмического метода для поиска нефтяных и газовых месторождений и начали развивать теорию, методику и технические средства сейсморазведки (Рис. 6–7). Лидерами в отрасли были американцы – и сервисные, и добывающие компании совместно занимались разработкой аппаратуры: «Petty Geophysical», «GRC», «GSI», «Conoco», «Texaco», «Sun Oil», «Chevron» и др. (Рис. 8–9).

С начала 30-х годов механические сейсмографы постепенно вытеснялись

▼ *Рис. 8. Процесс регистрации сейсмических данных. «Petty Geophysical», США, 20-е годы [6].*



▼ *Рис. 9. Передвижные сейсмостанции. США, 1927 г. [6].*



электронными регистраторами и электромагнитными преобразователями, называемыми сейсмометрами, которые в несколько раз более чувствительны. До Второй мировой войны и 5–10 лет после ее окончания использовались большие и тяжелые электромагнитные сейсмоприемники с постоянным магнитом и механическим демпфированием (путем погружения маятника в вязкое масло). Только к началу 50-х годов, благодаря использованию более совершенных материалов и применению электромагнитного демпфирования, удалось уменьшить их до небольших размеров. Впрочем, техническая эволюция сейсмоприемников – тема, требующая отдельного и более внимательного рассмотрения.

Вернемся к истории сейсмических станций. В конце 20-х годов практически каждая компания, занимающаяся сейсморазведкой, обладала собственными разработками систем регистрации. Так, в США к концу 20-х годов использовались 4–6 канальные станции, а уже в начале 30-х появились сейсмостанции, имеющие до 10–12 каналов записи [10]. В СССР в 20-е годы использовались немецкие сейсмографы Швейдера и П.М. Никифорова (ученика Б.Б. Голицына). Бурная научно-техническая активность Г.А. Гамбурцева в 30-е годы привела к созданию различных образцов сейсморазведочной техники, например, электродинамического сейсмографа СИ-2 [11]. В 1929 г. между СССР и фирмой «Schlum-berger» был подписан договор о сотрудничестве в области промысловой геофизики, в который в 1934 г. была включена также и сейсморазведка. Французской фирмой были предоставлены сейсмостанции, которые послужили прототипами первых отечественных 5-канальных станций, разработанных при активном участии сотрудников ВГКР (Всесоюзная контора геофизических разведок, Москва): Г.А. Гамбурцева, Л.А. Рябинкина, В.В. Шаскольского, С.Н. Шишмарева, А.Н. Федоренко. Производство сейсмостанций было налажено в том же 1934 г. на заводах ЛЭФИ и «Геологоразведка» (Ленинград) [12,13]. В 1938 г. в сотрудничестве с фирмой «Schlumberger» в СССР была произведена первая отечественная 8-канальная сейсмостанция СС-8. С 1939 г. все контакты с французской фирмой были разорваны, поэтому дальнейшее развитие регистрирующей сейсморазведочной аппаратуры в СССР велось самостоятельно и весьма успешно под руководством Г.А. Гамбурцева.

К сожалению, война на несколько лет остановила серийный выпуск разработанных до 1941 г. многоканальных сейсмостанций. Однако после ее окончания возобновилось бурное производство сейсморазведочного оборудования на заводе «Нефтеприбор» (Ленинград); техника разрабатывалась в мастерских ВИРГа (Всесоюзный институт разведочной геофизики) [14]. Стали появляться более совершенные аналоговые 24-канальные сейсмостанции с прямой записью: ВИРГ-24-48, ВИРГ-24-Эхо-1 (1947), СС-24-48. Далее были разработаны сейсмостанции СС-26-51Д, СС-60-55 (Рис. 11), СС-30/60-56, СС-24П (переносная). [15].

В 40–60-е годы используются в основном 24-канальные станции (Рис. 10). Происходит усовершенствование уже существующего оборудования.

Все выше перечисленные отечественные и зарубежные сейсморазведочные станции имели характерную особенность – прямую осциллографическую запись на фотобумагу. То есть сейсмограммы сразу записывались в окончательном виде, без возможности последующего воспроизведения и обработки.



▲ *Рис. 10. 24-канальная сейсмостанция. («Eng Labs» & «SIE») США, 1946 г. [6].*



▲ *Рис. 11. Осциллограф сейсмический ОС-60 (СС-60-55) на 12 каналов [16].*

Почетный нефтяник России А. Устюжанинов так вспоминал рабочий процесс тех времен: «Молодые специалисты, приходя на современные станции, уже, наверно, не смогут представить себе темно-коричневые от постоянного пользования проявителем для фотобумаги руки своих предшественников; смонтированные в кузовах автобусов геофизические станции, внутри которых, свисая с натянутых веревок, сушились ленточки из фотобумаги, на которой в то время регистрировалась информация, пришедшая из глубин Земли».

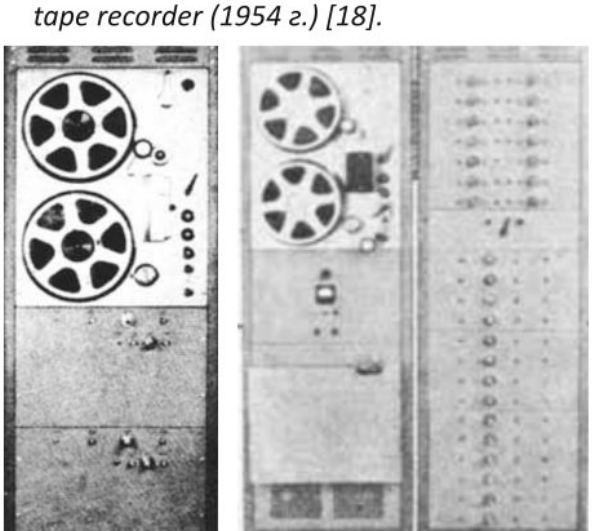
Говоря о дальнейшем увеличении «канальности» сейсмостанций, нельзя не упомянуть о Гарри Мейне («Petty Geophysical») – человеке, который разработал метод ОГТ. Его идея, в конечном счете, изменила способы получения и обработки сейсмических данных. Со времен изобретения электромагнитного сейсмографа это была вторая научно-техническая революция в сейсморазведке. В полной мере метод ОГТ раскроет себя после появления цифровой записи, телеметрии и 3D съемок.

Аналоговая запись на магнитную ленту

В начале 50-х годов в США вместо прямой осциллографической записи на фотобумагу появился способ прямой аналоговой записи на ленту с высокочастотным подмагничиванием, т.е. магнитная аналоговая запись. Это давало возможность воспроизведения записанной информации. При появлении записи на магнитную ленту в сейсмостанциях, помимо устройства записи, появилось устройство воспроизведения, где можно было производить накопления, применять различные фильтры и регулировки, что существенно повысило возможности сейсморазведки. Магнитная лента имела динамический диапазон около 40–45 дБ. [17].

В 1953 г. компания «Ampex Electronic Corporation» представила первую сейсмическую станцию Ampex 306 data

▼ *Рис. 12. Слева – Ampex 306 data recorder (1953 г.), Справа – Ampex 306-14 magnetic tape recorder (1954 г.) [18].*





▲ *Рис. 13. Сейсмостанция «SIE» MR-12 (24 канала).*

recorder с записью на магнитную ленту (Рис. 12). Её успех подхватили другие производители геофизических приборов. В 1954 г. компания «SIE» следом за «Ampex» выпустила серию сейсмических станций MR (magnetic recorder), начиная с MR-4. На рисунке 13 представлена 24-канальная сейсмостанция «SIE» MR-12.

Наряду с «Texas Instruments» «Dresser-SIE» (Southwestern Industrial Engineering Company) являлась одним из лидеров в приборостроении того времени; фирма изготавливала большую номенклатуру различного оборудования: элементы приборов, геофоны, усилители для сейсмостанций и сейсмостанции, осциллографы и т.д. «SIE» одна из первых выпустила компактные геофоны.

▼ *Рис. 14. Г.А. Гамбурцев, А.И. Слуцковский и В.С. Воюцкий. Наро-Фоминский полигон ВНИИГеофизики, 1954 г. [20].*



В СССР система с промежуточной магнитной записью появилась в 1957 г. под индексом ССМ-57 [13,19]. Дальнейшие ее усовершенствования под руководством А.И. Слуцковского («ВНИИГеофизика») привели к созданию таких моделей как СС-24-61М, СМП-24/СМОВ-24, Поиск-1-48 (Рис. 14).

Производство отечественных сейсморазведочных станций также было организовано и на предприятии «СКБ СП» (Специальное конструкторское бюро сейсмического приборостроения, г. Саратов). В 60-е и 70-е годы было выпущено несколько моделей 24 и 48 канальных сейсмостанций с магнитной записью: СМ-24, СМ-48, СС-24-61М, СС-24МН, СС-48М, СС-48МН, СМП-24, а также машины для обработки сейсмоданных (ПСЗ-1, ПСЗ-2, ПСЗ-2М, ПСЗ-4, МС-1, МС-2), которые позволяли вводить кинематические поправки в произведенную запись и осуществлять простые операции по обработке, а также ряд фотопостроителей (ФБ-1, ФБ-2, ФБ-3, ФБ-4, ФБШД) [21].

Цифровая запись на магнитную ленту

Следующим шагом в развитии систем регистрации стало внедрение аналого-цифровых преобразователей (АЦП или ПАК) в модуле записи информации. То есть оцифровка сейсмограмм происходила до записи на магнитную ленту. Это позволило существенно расширить динамический диапазон, и в итоге повысить качество и скорость обработки. Появление такого вида записи дало возможность в полной мере реализовать метод ОГТ.

Внедрение цифровой технологии в начале 60-х годов резко изменило характер сейсмического приборостроения. В 1961 г. компания «GSI» вместе с «Texas

Instruments» (на тот момент пока ещё дочерняя компания «GSI»), при поддержке «Texaco» и «Mobil» начала разработку цифровой технологии записи сейсмических данных на магнитную ленту. В 1963 г. была осуществлена первая цифровая запись. Так появилась цифровая сейсмостанция DFS-I (24 канала с частотой дискретизации 1, 2 или 4 мс) [22].

В 1968 г. компания «Texas Instruments» («TI») представила новую модель цифровой сейсмической станции – DFS III (третье поколение). В отличие от предыдущих поколений станций DFS это была первая станция данной фирмы с интегрированными чипами АЦП; пропускная способность была увеличена до 48 каналов и имела более высокий динамический диапазон – до 84 дБ. В конце 1970 г. «Texas Instruments» выпустила модернизированную станцию – DFS IV, а в 1975 – DFS V – настоящий бестселлер своего времени (продано 1000 комплектов за 6 лет) и отраслевой стандарт на многие годы (Рис. 15). В том числе благодаря тому, что в DFS IV и DFS V была решена проблема надежного и скоростного магнитофона. 120-канальная станция DFS пятого поколения была значительно компактнее предшественников, что давало возможность работы в труднодоступных условиях. Вообще применение интегральных микросхем CMOS/VLSI и многослойной печати резко уменьшили размер модулей [23]. Кроме того была разработана первая компьютеризированная сейсмостанция CFS-I. Она обеспечивала оперативное управление системами DFS, производила операции с сейсмическими данными до записи на магнитную ленту, в том числе вертикальное суммирование по различным алгоритмам и корреляцию виброграмм.

Компания «Sercel» («CGG») всегда была одним из лидеров отрасли и спустя



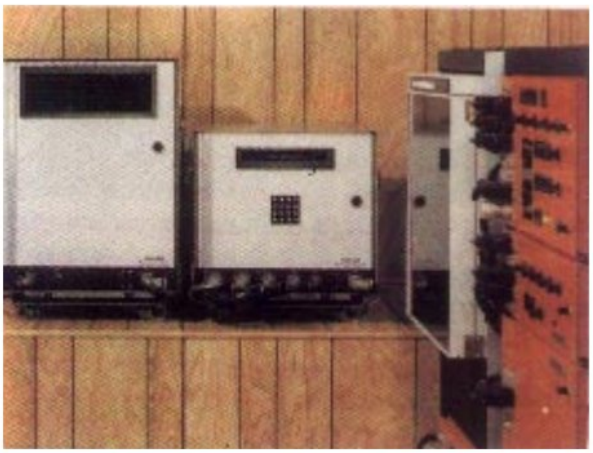
▲ *Рис. 15. Цифровая сейсмостанция DFS-V [24].*

некоторое время (в 1966 г.) представила свою первую цифровую систему SN662, а в 1968 – SN328 с пропускной способностью до 48 каналов. В 1971 г. компания выпустила очень удачную сейсмостанцию – SN338 с IFP усилителем, имеющую модульное расширение до 72 каналов (Рис. 16).



▲ *Рис. 16. Цифровая сейсмостанция «Sercel» SN338. 1971 г. [25].*

В 1973 г. на рынке сейсморазведочного оборудования появился новый производитель – «Geosource». Компания приобрела «Petty Geophysical Engineering Company» и «Mandrel Industries» (дочерняя компания «Ampex Corporation») с подразделением «Ray Geophysical». «Geosource» производила несколько удачных моделей цифровых сейсмостанций под маркой «MDS» (Mandrel Data System): MDS-8 (48 каналов), MDS-10 (96 каналов) с IFP (Рис. 17), MDS-14.



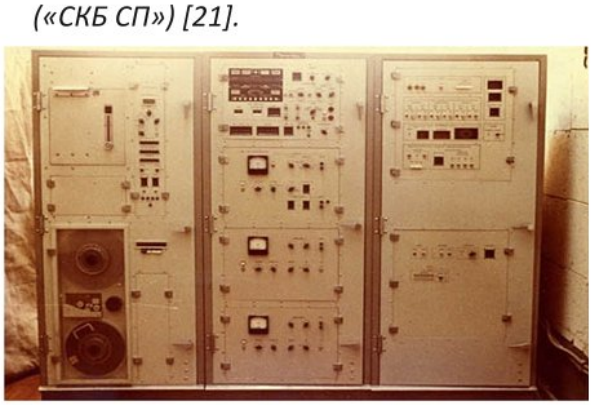
▲ *Рис. 17. Цифровая сейсмостанция MDS-10 [24].*

В СССР в конце 60-х была разработана первая собственная 24-канальная цифровая сейсмостанция ССЦ-1 (Станция Сейсмическая Цифровая). Ее созданием занимался коллектив инженеров «ВНИИГеофизики» во главе с Геннадием Михайловичем Борковским. ССЦ-1 не была предназначена для широкого использования на производстве, но послужила прототипом для следующей модели ССЦ-2 – первой серийно выпускаемой советской сейсмостанции (с 1970 г.). Первые полевые работы с сейсмостанцией ССЦ-2 были проведены в «Таймырской геофизической экспедиции» зимой 1972 года одновременно с внедрением методики ОГТ. Так началась эра цифровой сейсморазведки в нашей стране. Московским заводом «Геофизприбор» было выпущено более 200 сейсмических станций ССЦ-2, что позволило в кратчайшие сроки внедрить цифровую регистрацию в полевых проектах, создать предпосылки для разработки пакетов обработки цифровых данных и, что является исключительно важным, удалось подготовить отряд высококвалифицированных операторов цифровых станций, обслуживающих сложную аппаратуру. Это позволило быстро освоить новый технологический уровень сейсморазведочных работ.

В 1972 г. «ВНИИГеофизика» совместно с фирмой «SERSEL» на основе SN-338 разработала сейсмостанцию ССЦ-3 (серийный выпуск с 1974 г.), а в 1976 г. – ССЦ-4. Кроме того, в 70-е годы был также разработан и испытан опытный образец компьютеризированной станции «Горизонт», однако до серийного выпуска дело не дошло.

В 1975 г. в «СКБ СП» под руководством Б.Л. Лернера последовательно выпускаются четыре модификации станций «Волжанка». Немногим позже (в 1978 г.) на базе переработанной «Волжанки» начался выпуск цифровых 48-канальных станций «Прогресс-1», «Прогресс-2» (Рис. 18) и «Прогресс-3». Цифровая 96-канальная сейсмическая станция «Прогресс-96» имела компьютеризированную систему диагностики и контроля полевого оборудования. С появлением «Прогресс-96В» в 1988 г. началось массовое внедрение вибрационной сейсморазведки благодаря коррелятору, встроенному в цифровую станцию. Данная модификация стала наиболее распространенной в СССР. На основе данных, полученных с помощью этой станции, были открыты многие месторождения в Западной Сибири и других регионах нашей страны.

▼ *Рис. 18. Сейсмостанция «Прогресс-2» («СКБ СП») [21].*



Телеметрия

В предыдущих поколениях регистрирующих систем сигнал на сейсмостанцию приходил в аналоговом виде и только внутри системы преобразовывался в двоичный код. Кроме того, у таких станций имелся ряд ограничений: не более 128 каналов, длина линии передачи данных не более 3 км из-за искажения сигнала (наводки, взаимное влияние проводов). Недостатком таких сейсмостанции являлась передача данных только лишь с одной приемной линии. Это исключало проведение 3D сейсморазведочных работ. Но геологоразведочной индустрии требовалось получение более информативных и качественных сейсмических данных. Телеметрическим системам удалось избавиться от этих недостатков.

Оцифровка сигнала производилась в полевых модулях сбора информации, находящихся в непосредственной близости к сейсмоприемникам, что позволило повысить пропускную способность, уменьшить количество пар проводов, и как следствие – установить детальный контроль качества полевого оборудования.

Появление телеметрических систем сбора данных привело к взрывному росту количества каналов, используемых при проведении сейсморазведочных работ, и ознаменовало начало эпохи 3D сейсморазведки (несмотря на то, что первые экспериментальные 3D работы были проведены компанией Exxon еще в 1967 г.).

Сейсмостанция GUS-BUS с напольными модулями сбора информации CDX – первая в мире цифровая телеметрическая станция – была выпущена в 1976 г. компанией «Globe Universal Science Manufacturing». Максимальная пропускная способность GUS-BUS (Рис. 19) на момент выпуска была заявлена в 1344 канала, а 80-е годы компания выпустила систему на 10 000 каналов. Компания «GUS Manufacturing» и ее президент Джей Миллер (Jay W. Miller) внесли весомый вклад в развитие сейсмической телеметрии и новых методов сбора данных для удовлетворения потребностей отрасли. Многие разработки компании опередили свое время [26].

▼ *Рис. 19. Телеметрическая станция GUS-BUS System 2 [6].*



В 1977 г. компания «Sercel» выпустила свою первую телеметрическую станцию SN348 с пропускной способностью в 240 каналов с дискретом 2 мс (Рис. 20). Однако у нее имелась только одна телеметрическая линия, что ограничивало использование большого количества каналов.

▼ *Рис. 20. Телеметрическая станция «Sercel» SN348 [25].*



В 80-е годы телеметрические системы активно развивались в направлении уменьшения веса сейсмических кабелей, ослабления индуктивных наводок, минимизации пути передачи аналоговых данных и общего улучшения электроники управления. В 1985 г. компания «Sercel» выпустила 240-канальную (2 мс) телеметрическую станцию SN368 с возможностью подключения к центральной станции дополнительных периферийных полевых телеметрических модулей, что позволяло увеличивать количество каналов до 1200.

Компания «Geosource» производила телеметрические системы MDS-16 (1016 каналов) и MDS-18, модификации которых с 1988 г. по 1994 г. выпускала «HGS» («Halliburton Geophysical Services»). «HGS» образована в 1988 г. путем покупки «GSI» (дочерняя компания «Texas Instruments») и «Geosource» Inc. компанией «Halliburton». Кстати, компания «GSI» ещё до продажи в «Halliburton» выпустила свою последнюю модель – телеметрическую цифровую станцию DFS-VII (480 каналов). Неадекватный менеджмент привел производство оборудования «HGS» в упадок, из-за чего в 1994 г. компания была продана в «Western Atlas».

В 1988 г. в области производства телеметрических станций происходит настоящий прорыв. Малоизвестная компания «Input/Output» (I/O) представляет свою первую одноименную телеметрическую систему – Input/Output System One. А уже в 1991 г. компания выпускает новую систему Input/Output System TWO (Рис. 21), реализовав в ней самые передовые технологии, включая новейшую 24-битную систему преобразования аналоговых данных в цифровые (дельта-сигма модуляция) [27]. Это значительно расширило динамический диапазон, и соответственно повысило точность и качество регистрируемых сейсмических данных. Качество данных, удобство работы и возможность регистрации более 8000 активных каналов сделали эту станцию бестселлером своего времени, а компанию «Input/Output» вывели на лидирующие позиции по продаже сейсмического оборудования. К 1993 г. «Input/Output» занимала долю рынка по продажам сейсмического оборудования больше 50%, в то время как «Sercel» (главный конкурент) – около 40% [28].



▲ *Рис. 21. Центральный сейсмический модуль телеметрической сейсмической системы I/O SYSTEM TWO [29].*

Через два года «Sercel» выпускает конкурента, одну из самых популярных сейсмостанций за всю историю – телеметрическую станцию SN388 также с 24-битным преобразователем (Рис. 22).

После провальных лет второй полови-

▼ *Рис. 22. Модули SN388. 1993 г. [25].*



ны 90-х для «I/O» у «Sercel» практически не остается серьезных конкурентов, но, тем не менее, компания продолжает совершенствовать сейсморазведочное оборудование, включая системы регистрации. В 1999 г. «Sercel» выпускает 408UL, в 2005 – 428XL, в 2013 – 508XT с возможностью регистрации практически неограниченного количества каналов при интеграции бескабельных систем.

Компания «I/O» только в 2002 г. выпустила обновленную систему I/O SYSTEM FOUR, но былой любви пользователей снискать не удалось, как, впрочем, и станции G3I HD (>120000 каналов), сконструированной на основе разработок компании «GX Technology» и выпущенной уже под брендом «ION».

Что же касается Советского Союза и России, то в нашей стране разработки телеметрических систем велись с середины 80-х годов, но перестроечный период и либеральные реформы 90-х годов привели к упадку отечественного приборостроения. Тем не менее, в 1994 г. СКБ СП была выпущена телеметрическая станция «ПРОГРЕСС-Т», а в 2002 – «ПРОГРЕСС-Т2», но серьезную конкуренцию лидерам рынка они составить не смогли. Только в 2009 г. СКБ СП удалось создать продукт, позволяющий в какой-то мере конкурировать с западными производителями – «ПРОГРЕСС-Т3» (26400 каналов при периоде квантования 2 мс).

Бескабельные системы

На смену телеметрическим системам постепенно приходят бескабельные системы.

Эволюция систем регистрации в этом направлении весьма закономерна, поскольку неограниченный рост количества каналов ведет к увеличению численности персонала, к десяткам или даже сотням километров кабелей и их обслуживанию, к огромному количеству напольных модулей и т.д. В конечном счете, это существенно снижает рентабельность сейсморазведочных работ. Компоновка бескабельных систем, напротив, проста и удобна: сейсмоприемник, который может использоваться отдельно или интегрироваться в телеметрическую систему, АЦП, микропроцессоры, гигабайты памяти, GPS – и все это в одном небольшом блоке.

Бескабельные системы можно разделить на два вида: автономные («слепые») и беспроводные системы контроля качества в режиме реального времени. Автономные системы не имеют возможности передачи информации, например, об уровне микросейсм и заряда батареи, а сбор данных происходит уже на базе партии. Отсутствие контроля может привести к потере информации: «Нет ничего дороже, чем отсутствие данных после выполнения всей работы» (Г. Мэйн). Подобных недостатков лишены беспроводные системы регистрации в режиме реального времени.

Первое упоминание бескабельных систем относится еще к 1941 г., когда был получен патент США на способ передачи сейсмических данных по радиоканалу. Однако только в 70-х годах благодаря техническому прогрессу удалось создать массовые образцы бескабельных систем сбора данных: Telseis от фирмы «Aquatronics» (в 1976 г. куплена компанией «Fairfield»), OpSeis 5500 компании «Applied Automation» (куплена «CGG»), Myriaseis («CGG»/«IFP»), Digiseis от «Terra-Marine» (куплена в 1991 г. компанией «Geco-Prakla»). В основном бескабельные системы имели вспомогательную функцию и использовались для регистрации сейсмических данных в

транзитных зонах. Они характеризовались малым временем автономной работы (до 72 часов), большим весом (до 20 кг) и длительным временем передачи данных. Последнее сильно тормозило развитие бескабельных систем.

Компания «GUS Manufacturing» выпустила автономную бескабельную систему регистрации SGR (1979 г.) без «real-time», с записью в самом «ноде» с последующей выгрузкой в обрабатывающую систему, что позволило уменьшить вес системы до пригодных для эксплуатации размеров. Синхронизация записи происходила по радиоканалу [30]. В 1982 г. компания «GUS Manufacturing» выпустила SGR-II с возможностью записи более 10 000 каналов (Рис. 23) [18]. Как и в случае с телеметрией разработка опередила свое время.

Однако невозможность оперативного контроля автономных систем усложняла работу, поэтому развитие бескабельных систем было направлено на контроль системы и передачу данных в реальном времени: BOX («Fairfield»), Eagle/SU6-R («Sercel»), PolySeis («Syntron»).

▼ *Рис. 23. Автономные бескабельные системы регистрации SGR-II («GUS», 1982) [18].*



«I/O» в 1995 г. выпустила систему RSR (Remote Seismic Recorder) с записью информации на флэш-память и многоканальной системой радиосвязи. Спустя десять лет, в 2005 г. компания «Ascend Geo» выпустила систему G5, а затем Ultra G5 с непрерывной записью, синхронизированной с центральным блоком сейсмостанции. Подобные системы выпускали и «I/O» (FireFly, 2006 г.); также «VibTech»/«Sercel» выпустили систему Unite с контролем и передачей данных по WiFi. Обе бескабельные системы имеют возможность интеграции в кабельные системы сбора данных собственного производства, что дает возможность использования неограниченного числа каналов в режиме реального времени.

После внедрения технологии позиционирования (GPS) в модули бескабельных систем отпала необходимость синхронизации отдельных «нодов» по радиоканалу, что позволило создать бескабельные системы нового поколения различных конфигураций с возможностью автономной записи в режиме реального времени – по Wi-Fi, по частотам сотовой связи, а также через телеметрический кабель [30].

Появились такие системы как GSR («Geospace», 2007), ZLand («Fairfield», 2008), Hawk («Inova», 2011), Sigma («iSeis»/«Seismic Source», 2010). «Wireless Seismic» в 2010 г. создала новую бескабельную систему, передающую данные в режиме реального времени – RT1000, в 2012 – систему RT2, в 2017 – RT3. Стоит отметить, что производители придерживаются разных концепций архитектуры бескабельной системы – это либо система с внешним подключением аккумулятора и сейсмоприемника, либо система «все в одном», как у «Fairfield». Системы имеют разные способы установ-

ки сейсмоприемника: стандартный и заглубление в отверстие, сделанное специальным приспособлением, что несколько усложняет установку, но компенсируется улучшенными характеристиками приема сигнала. Также бескабельные системы различаются способами зарядки аккумуляторов и способами передачи данных.

В последние годы бескабельные системы пополнились новыми моделями различных производителей (Рис. 24–30): GSX и GCL («Geospace», США), Sigma4 («iSeis»/ «Seismic Source», США), WTU-508 и WiNG («Sercel», Франция), Hawk HD («INOVA», КНР/США), Tremornet/ /Quantum («Innoseis»/ «INOVA», Голландия/КНР/США), NuSeis и NRU 1C («GTI», КНР), Smart Solo («Dynamic Technologies», КНР) и проч. В «СКБ СП» (Саратов) создана отечественная бескабельная автономная система регистрации «SCOUT», с помощью которой выполнен ряд производственных проектов. Дальнейшее совершенствование станции в настоящее время продолжается («SCOUT НТ»).

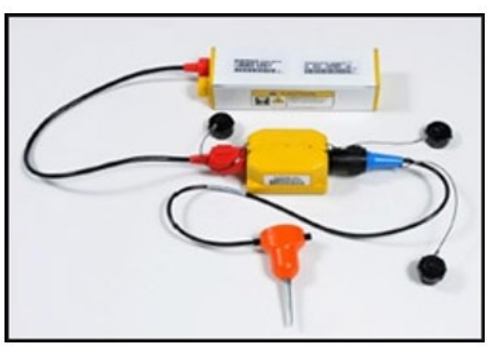
В целом тенденция развития бескабельных систем заключается в увеличении времени автономной работы и уменьшении веса устройств, снижении стоимости и уменьшении искажений, а также в улучшении способов передачи данных и QC.

▼ *Рис. 24. Бескабельная система Hawk («INOVA») [31].*





▲ *Рис. 25. Бескабельные системы WTU-508 (слева) и WiNG (справа) производства «Sercel» [25].*



▲ *Рис. 26. Бескабельная система GSR/GSX («Geospace») [32].*



▲ *Рис. 27. Бескабельная система Sigma («iSeis/Seismic Source») [33].*





▲ *Рис. 28. Бескабельные системы RT2 и RT3 («Wireless Seismic») [34].*



▲ *Рис. 29. Бескабельная система SCOUT («СКБ СП») [21].*

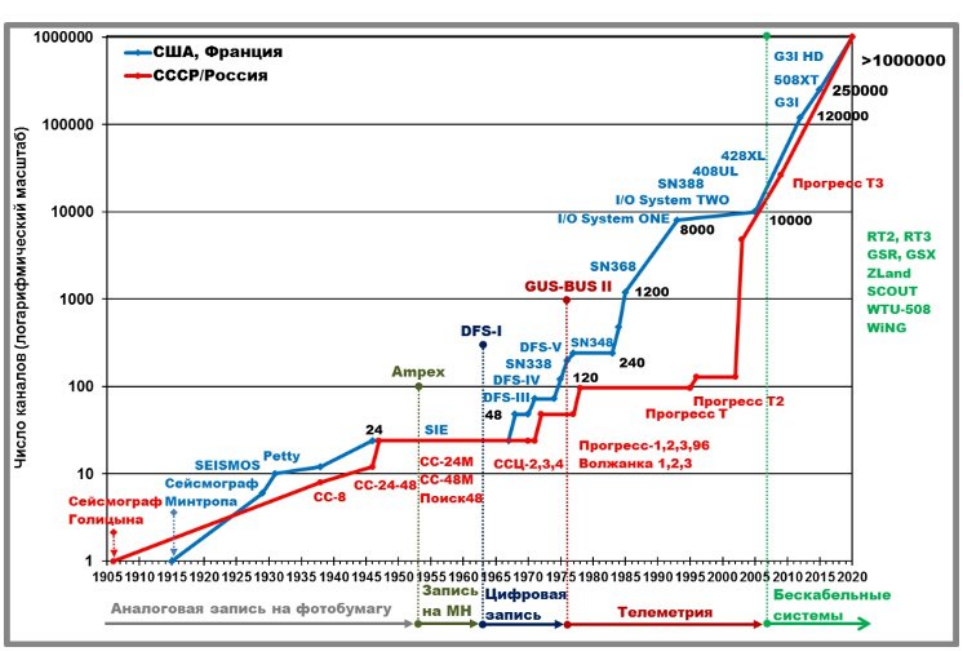


▲ *Рис. 30. Бескабельная система Zland («FairfieldNodal») [35].*

Маловероятно, что в ближайшие годы бескабельные системы смогут полностью заменить кабельную телеметрию; как и 40 лет назад – это небольшие проекты и гибридизация с телеметрией в труднодоступных местах. Однако уменьшение стоимости оборудования и упрощение процесса сбора данных со временем позволит вытеснить кабельные системы точно так же, как метод Вибросейс существенно потеснил взрывной тип возбуждения сейсмических волн.

Графики роста количества каналов за последние 100 лет (Рис. 31) от простейших механических сейсмографов до цифровых систем с практически бесконечной пропускной способностью показывают огромный прогресс методики, технологии и технических средств проведения сейсморазведочных работ.

За прошедшее столетие сейсморазведка сделала колоссальный научно-технический скачок. Эволюция средств регистрации сейсмических сигналов от простых одноканальных механических сейсмографов до десятков и сотен тысяч каналов телеметрических и бескабельных систем наряду с внедрением площадных методик позволила решать труднейшие геологические задачи на высоком техническом и технологическом уровне. Парадоксально, но усложнение технических средств регистрации привело к их упрощению – бескабельным (нодальным) системам.



◀ *Рис. 31. Рост «канальности» сейсморегистрирующего оборудования в России и за рубежом.*

Литература:

1. Science Museum Group https://www.sciencemuseumgroup.org.uk (дата обращения 07.05.2020);
2. Короновский Н.В. Земля. Метеориты, вулканы, землетрясения. Фрязино: Век 2, 2014. 172 с.;
3. Ильина Т.Д. История основных направлений разведочной геофизики в СССР: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Ин-т истории естествознания и техники Акад наук СССР. М., 1990;
4. Крылов А.Н. О работах Б.Б. Голицына по сейсмологии // Успехи физических наук. М., 1918. Т. 1, Вып. 2. С. 101–107;
5. Gregory Clancey. Earthquake Nation: The Cultural Politics of Japanese Seismicity, 1868–1930. Berkeley: University of California Press, 2006;
6. GSH Geoscience Center (Geoscience Center & Museum), 1790 W Sam Houston Pkwy N., Houston, TX 77043. http://geocenter.gshtx.net/pdf/GSH-Inventory_10-30-19.pdf (дата обращения 17.05.2020);
7. ФГБУК «Политехнический музей», Москва. https://polymus.ru (дата обращения 13.05.2020);
8. Mintrop Mechanical Seismograph and Recorder (GSH) https://wiki.seg.org/wiki/Mintrop_Mechanical_Seismograph_and_Recorder_(GSH) (дата обращения 29.04.2020);
9. Ludger Mintrop https://wiki.seg.org/wiki/Ludger_Mintrop (дата обращения 29.04.2020);
10. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Том 1. История, теория и получение данных. М.: МИР, 1987. 447 с.;
11. Ильина Т.Д. Формирование советской школы разведочной геофизики (1917–1941 гг.). М.: Наука, 1983. 216 с.;
12. Богданов А.И., Рябкин Л.А. Развитие нефтегазовой полевой геофизики в СССР // Геология нефти и газа. 1982. №11;
13. Ветераны: из истории развития нефтяной и газовой промышленности. М.: Нефтяное хозяйство, 2008. Вып. 21. 256 с.;
14. Караев Н.А. Становление и пути развития сейсморазведки нетрадиционных моделей верхней части коры и возможности современных сейсмоакустических технологий в руднопоисковых провинциях // Технологии сейсморазведки. 2017. №4. С. 5–36;
15. Резяпов Г.И. Сейсморазведка: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 309 с.;
16. Осциллограф сейсмический ОС-60 https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=7328244 (дата обращения 13.05.2020);
17. William (Bill) H. Dragoset. A historical reflection on reflections // The Leading edge. Society of Exploration Geophysicists, 2005;
18. Robert E. Sheriff. History of geophysical technology through advertisements in Geophysics // Geophysics, 1985. Vol. 50, №12. P. 2299–2408;
19. Сейсморазведочная станция с промежуточной магнитной записью ССМ-57. Завод "Нефтеприбор". Министерство геологии и охраны недр СССР. Особое конструкторское бюро / Каталог геофизической аппаратуры. Л.: Гостоптехиздат, 1961. 3 с.;
20. Гамбурцев А.Г. Жизнь в науке: к 110-летию со дня рождения академика Г.А. Гамбурцева (1903-1955) // Пространство и время, 2013. № 1 (11). С. 199–212;
21. АО «Специальное конструкторское бюро сейсмического приборостроения» http://skbsp.ru (дата обращения 02.05.2020);
22. Bob A. Hardage, Marion Bone. Robert J. (Bob) Graebner // The Leading edge. Society of Exploration Geophysicists, Memorials, 2019;

23. Roger Parkinson. High Resolution Site Surveys. London and New York: Spon Press, Taylor & Francis Group, 2001;

24. History of Seismic Prospecting In ONGC - A Chronological Sketch of Events N.C. Sharma Group General Manager (E), Oil and Natural Gas Corporation Limited. https://www.spgindia.org/geohorizon/jan2002/2002jan_n_c_sharma.PDF (дата обращения 10.05.2020);

25. Sercel https://www.sercel.com (дата обращения 10.05.2020);

26. Jay Miller https://wiki.seg.org/wiki/Jay_Miller (дата обращения 08.05.2020);

27. Norman M. Cooper. Seismic Instruments – What's New? ... And What's True? // Canadian Society of Exploration Geophysicists (CSEG), https://csegrecorder.com/articles/view/seismic-instruments-whats-new-and-whats-true (дата обращения 15.05.2020);

28. Input/Output, Inc. Company Profile, Information, Business Description, History, Background Information on Input/Output, Inc. https://www.referenceforbusiness.com/history2/34/Input-Output-Inc.html#ixzz6NCuwVPPG (дата обращения 04.05.2020);

29. Центральный сейсмический модуль телеметрической сейсмической системы I/O SYSTEM TWO. Systen Control Module – SCM https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=16319950 (дата обращения 11.05.2020);

30. Tim Dean, John Tulett, Richard Barnwell. Nodal land seismic acquisition: The next generation // First Break. February 2018;

31. INOVA http://www.inovageo.com (дата обращения 15.05.2020);

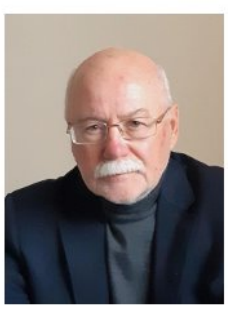
32. Geospace Technologies https://www.geospace.com (дата обращения 14.05.2020);

33. Seismic Source http://seismicsource.com (дата обращения 17.05.2020);

34. Wireless Seismic https://wirelessseismic.com/ (дата обращения 16.05.2020);

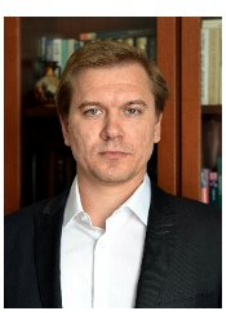
35. Fairfield Geotechnologies http://fairfieldgeo.com (дата обращения 15.05.2020).

Подробнее об авторах



Жуков
Александр Петрович

Генеральный директор
ООО «Геофизические
Системы Данных»,
д.т.н.



Горбунов
Виктор Сергеевич

Геофизик ООО
«Геофизические
Системы Данных».

Аппаратура «БИКС» и перспективы ее развития

Беляев В.Л., Вейхт Б.А., Ливеровский И.Г., АО «СКБ СП», г. Саратов

В последнее время в электроразведке для измерения удельного сопротивления до глубины несколько десятков метров все большее распространение получает бесконтактный метод. Измерения производятся аппаратурой с использованием незаземленных приемных и излучающих линий с емкостной связью.

Использование бесконтактного метода эффективно там, где измерения на постоянном токе занимают много времени, трудозатрат, а зачастую просто невыполнимы из-за плохих условий для заземлений: мерзлый грунт, снежный и ледяной покров, асфальт, бетон и т. д.

Тестирование электроразведочной аппаратуры с емкостной связью на геофизическом полигоне [1] показало, что бесконтактные высокочастотные аппаратурные комплексы дают достоверные результаты, удобны в работе.

В качестве электроразведочной аппаратуры с емкостной связью широко используется отечественная аппаратура «БИКС». Аппаратура предназначена для ускоренного электропрофилирования (ЭП) и проведения электрического зондирования (ЭЗ) с использованием дипольных емкостных линий.

Аппаратура «БИКС» разработана в АО «СКБ СП» и серийно выпускается с октября 2012 года. К середине 2020 года изготовлены и поставлены в геофизические организации страны 48 комплектов аппаратуры. Более 20 организаций приобрели данную аппаратуру. Разработчики аппаратуры со многими из них поддерживают двухстороннюю связь, оказывают помощь в освоении изделия и учитывают замечания и пожелания геофизиков при модернизации прибора. Все полевые блоки аппаратуры регулярно проходят в АО «СКБ СП» ежегодные поверки.



▲ *Рис. 1. Комплект аппаратуры «БИКС».*

Аппаратура «БИКС» разработана по заказу ОАО «ВНИПИгаздобыча» г. Саратов. Основными требованиями к аппаратуре были высокая надёжность, простота в эксплуатации, широкий температурный диапазон, отсутствие необходимости калибровки наземных блоков в процессе работы. Опыт эксплуатации аппаратуры показал, что поставленные задачи были успешно реализованы в изделии «БИКС».

Аппаратура рассчитана на работу с осевой измерительной установкой. Приемная и питающая линии при этом являются равновеликими. Аппаратура позволяет решать инженерно-геологические задачи на глубине несколько десятков метров.

В комплект аппаратуры входят полевые блоки, комплект емкостных шлейфов и зарядное устройство (см. Рис.1).

К полевым блокам относятся: блок излучателя (цвет корпуса чёрный), блок приемника (цвет корпуса жёлтый) и пульт управления.

Емкостные шлейфы имеют типовую длину 5м. и подключаются с помощью надежных геофизических байонетных разъемов. Шлейфы длиной 1,25м.; 2,5м.; и 10м. поставляются по заказу.

Зарядное устройство из комплекта поставки аппаратуры обеспечивает

одновременный заряд аккумуляторов всех полевых блоков.

Связь пульта управления с блоками излучателя и приемника осуществляется по радиоканалу.

С помощью пульта управления задаются режим работы аппаратуры, параметры измерительной установки, а также отображаются результаты измерений и производится запись зарегистрированных данных в энергонезависимую память.

Программное обеспечение, поставляемое вместе с аппаратурой БИКС, предназначено для считывания данных из пульта управления в компьютер и позволяет производить просмотр и оценку качества полевого материала. Считанные данные можно сохранить в формате текстовых

▼ *Табл. 1. Основные технические характеристики .*

1.1. Параметры излучателя:	
Рабочая частота, кГц	16,6±0,2;
Амплитудные значения выходного тока, мА	1; 3; 10
Точность стабилизации выходного тока, %	±5;
Предельные значения нагрузок, пФ, не менее:	
- при выходном токе 1 и 3 мА	100;
- при выходном токе 10 мА	200;
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	14,8 В;
Время непрерывной работы, часов, не менее	24;*
Диапазон рабочих температур, °С	-40 +70 ;
Габариты, мм, не более	330 х 200 х 120;
Масса блока, кг, не более	2,3.
1.2. Параметры приёмника:	
Рабочая частота, кГц	16,6±0,2;
Полоса пропускания, Гц ,не более	20;
Максимальный входной сигнал, В, ампл., не менее	2;
Шум при короткозамкнутом входе, мкВ, не более	0,8;
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	7,4 В;
Время непрерывной работы, часов, не менее	48;*
Диапазон рабочих температур, °С	-40+70;
Габариты, мм, не более	330 х 200 х 120;
Масса блока, кг, не более	1,8.
1.3. Параметры пульта управления	
Количество рапортов, записываемых в энергонезависимую память, не менее	64000
Питание	аккумуляторное внутреннее
Номинальное напряжение питания	3,7 В;
Время непрерывной работы, часов, не менее	24 *
Диапазон рабочих температур, °С	-40+70
Габариты, мм, не более	135 х 76 х 33;
Масса блока, кг, не более	0,25.
**При температуре не ниже -20°С*	

таблиц (*.csv), понимаемых всеми табличными редакторами, например, Excel. Программа также может после несложных селективных действий конвертировать данные в формат популярной программы RES2DINV(*.dat), что позволяет использовать множество современных программ обработки, включая IP2WIN.

Подробное описание работы аппаратуры представлено в руководстве по эксплуатации [2]. Краткое описание можно найти в журнальной статье [3].

Основные технические характеристики аппаратуры приведены в таблице 1.

Применение герметичных корпусов и байонетных разъемов обеспечивает эксплуатационную надежность и удобство работы с полевыми блоками. Для переноски полевых блоков предусмотрены ремни. Соединительные разъемы кабелей выполнены очень удачно: соединение даже в утепленных перчатках не вызывает сложностей. Пульт управления имеет малые размеры. Кнопка пульта управления для фиксации результата измерения большая и имеет мягкий ход.

По отношению к существующим аналогичным комплексам отечественного и зарубежного производства аппаратура «БИКС» имеет преимущество за счет повышенного времени работы без подзаряда (не менее суток непрерывной работы) и расширенного температурного диапазона (от минус°40 С до плюс 70°С).

Подтверждением вышесказанного служит многолетнее использование аппаратуры «БИКС» нашими заказчиками.

Основными заказчиками аппаратуры «БИКС» являются:

ОАО «ВНИПИгаздобыча» г. Саратов;

ООО «Геодевайс», г. Санкт- Петербург;

ООО «Северо-Запад», г. Москва;

ООО "Сибирская Геофизическая Служба", г. Новосибирск;

ООО НПП «ИнжГеофизика», г. Санкт-Петербург;

Вилюйская научно - исследовательская мерзлотная станция (ВНИМС ИМЗ СО РАН), Якутия;

ООО «ПермафростИнжиниринг» г. Ярославль.

Многие из них используют по нескольку комплектов аппаратуры. Например,

▼ *Рис. 2. Излучатель и приёмник аппаратуры «БИКС-М».*





▲ *Рис. 3. Рабочий момент съемки с аппартурным комплексом БИКС.*

ОАО «ВНИПИгаздобыча» использует более 10 комплектов одновременно во время зимнего сезона работ.

В процессе выпуска аппаратуры производится ее модернизация по запросу потребителей.

Так, по просьбе представителя ООО «ПермафростИнжиниринг» г. Ярославль в пульт управления встроены часы реального времени и изменен формат записи зарегистрированных данных. Теперь каждый результат измерения содержит информацию о времени измерения.

В то же время, полевые блоки «БИКС» имеют не обтекаемую форму, что приводит к уменьшению производительности работ из-за невозможности буксировки транспортным средством или оператором.

В конце 2019 года по договору с РУДН был изготовлен вариант аппаратуры «БИКС-М» в обтекаемых корпусах. Он успешно эксплуатируется и работает в режиме профилирования.

На рисунке 2 представлен внешний вид полевых блоков аппаратуры «БИКС-М».

Изменена конструкция емкостных шлейфов. Кабель емкостного шлейфа имеет прочную внешнюю изоляцию. Внутри кабеля имеется кевлар, предотвращающий растяжение и разрыв кабеля.

В случае использования транспортного средства для перемещения наземных блоков, аппаратура комплектуется расцепным (аварийным) устройством.

Следующим шагом модернизации стало изготовление опытного образца, состоящего из одного излучателя и двух приемников в обтекаемых корпусах.

В январе 2020 года образец прошел предварительные испытания специалистами ПАО «ВНИПИгаздобыча» г. Саратов на полуострове Ямал. Итоги этой работы не подведены из-за задержки специалистов и аппаратуры на месте работы вследствие режима самоизоляции 2020 года.

Работа по реализации многоканального мобильного варианта будет продолжена с учетом результатов испытания опытного образца.

Список литературы:

1. Модин И.Н., Груздев А. И., Скобелев А. Д., «Сравнение бесконтактных электроразведочных комплексов», Инженерные изыскания №2/2016.

2. Электроразведочная аппаратура « БИКС ». Руководство по эксплуатации Яд2.736.001РЭ, СКБ СП, г. Саратов.

3. Электроразведочная аппаратура «БИКС», ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ №03(41)/2012.

ООО "ТНГ- Групп» предлагает решение уникальных задач ВСП с помощью современного оборудования Geochain X HP

- Мустафин И.Р., Вильданов Р.В., ООО «ТНГ-Геосейс», г. Бугульма
- Звегинцев А.А., ООО «ТНГ-Групп», г. Бугульма

Работы методом вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и его модификациями, ранее известного метода под названием «Сейсмокаротаж», ООО «ТНГ-Групп» успешно выполняет на территориях Российской Федерации и ближнего зарубежья на протяжении уже более пяти десятков лет. Данные работы представляют ценность как для сейсморазведки на этапах разведки и доразведки месторождений полезных ископаемых, являются обязательным этапом строительства разведочных скважин, имеют самостоятельное значение при разработке и эксплуатации залежей углеводородов и рудных месторождений.

На сегодняшний день от заказчиков работ ВСП, помимо стандартных задач по изучению скоростных характеристик геологического разреза и реконструкции структурных планов в околоскважинном пространстве, поступает значительное количество запросов по оценке и изучению физического состояния горных пород, их упруго-деформационных свойств, прочностных параметров в их естественно-напряжённом состоянии на конкретных месторождениях руды, нефти и газа. Однако, при этом ТЗ на проведение работ ВСП остается чаще всего неизменным на протяжении десятка лет. В данной статье мы представляем одно из самых современных аппаратурных решений, позволяющее ставить тонкие задачи перед методом ВСП, о которых еще вчера можно было только мечтать.

Современное оборудование от мирового лидера.

Скважинная сейсмическая система Geochain X HP компании «Avalon Sciences Ltd» (ASL), Великобритания, используемая в работах ТНГ, позволяет существенно расширить возможности метода ВСП относительно других приборов, представленных на рынке.



▲ *Рис. 1. Общий вид составных частей скважинной сейсмической системы Geochain*

Кроме стандартных геологических задач, решаемых ВСП и НВСП (определение скоростной модели среды по разным типам волн, литолого-стратиграфической привязки однократноотраженных волн, определения структурных планов и тектонических нарушений в околоскважинном пространстве), скважинная сейсмическая система Geochain X HP может эффективно применяться для решения геологических задач при различных системах наблюдений:

• прогноз геологического разреза ниже забоя скважины в скважинах с высокими термобарическими условиями – опережающий прогноз акустической жёсткости пород, слагающих геологический разрез под бурящимся забоем скважины, особенно актуален в зонах с АВПД;

• мониторинг сейсмических микропроцессов (МСМ), в том числе и при гидроразрыве пласта (ГРП) – контроль закачки газа в подземных хранилищах и мониторинг геологических процессов в их контурах, определение направления, протяжённости, высоты и интенсивности образования трещин в результате искусственных воздействий на продуктивные пласты нефтегазовых месторождений;

• определение направления и высоты трещиноватости в продуктивных интервалах в окрестностях скважин;

• уровенное ВСП (Walkaway) – изучение структурных особенностей и параметров анизотропии скоростей;

• круговое уровенное ВСП (Walkaround) – изучение анизотропии и анализа расщепления поперечных волн в трещиноватых коллекторах;

• ВСП-ПИ – локализация и детализация сложнопостроеннных объектов и тектонических нарушений;

• 2D+ВСП, 3D+ВСП – методы отличаются высокой пространственной разрешающей способностью, позволяющие выделять более отчётливо малоразмерные объекты со сложным рельефом границ, в т.ч. неструктурного типа;

• проведение работ по межскважинному просвечиванию и межскважинной сейсмотомографии;

• ВСП в наклонных скважинах с получением высокоразрешённых и достоверных данных;

• проведения исследований в скважинах в условиях высоких температур до 195℃ и давлений до 170 МПа.

Основные характеристики скважинного оборудования Geochain X HP:

Количество сегментов – 24 прибора (рис.2;3);

Длина одного прибора - 884 мм;

Диаметр прибора - 76 мм;

Вес одного прибора - 19,0 кг;

Соотношение силы прижима к весу прибора при Dскв. = 305 мм:

- при номинальной силе тока более, чем 7:1;

- при максимальной силе тока более, чем 10:1;

Максимальный диапазон прижима - до 305 мм со стандартным рычагом или до 559 мм с удлинённым рычагом;

Максимальная температура - непрерывная работа при 195°C;

Максимальное давление - до 1750 ат;

Датчики - 3-х компонентная регистрация геофонами SMC 2400 15Hz, по четыре геофона на каждую компоненту;

Чувствительность – 86 350 В/м/с;

Определение ориентации приборов в скважине: определяется наклон и угол поворота прибора в скважине (рис.5);

Передача данных в реальном времени;

Динамический диапазон -> 112 дБ @ 0 дБ до усиления (минимум);

24-битный дельта-сигма преобразователь;

Усиление - 42-54 dB;

Искажения - <0,02%;

Скорость передачи данных (макс) - 4 Мбит/сек;

Частота дискретизации - 2 мс; 1,5 мс; 1,0 мс; 0,5 мс; 0,25 мс;

Непрерывная запись при пассивном мониторинге и при наблюдениях за результатами ГРП.

Сравнительные технические характеристики аппаратуры Geochain X HP компании «Avalon Sciences Ltd» с оборудованием GeoWave II другого мирового лидера в производстве скважинного

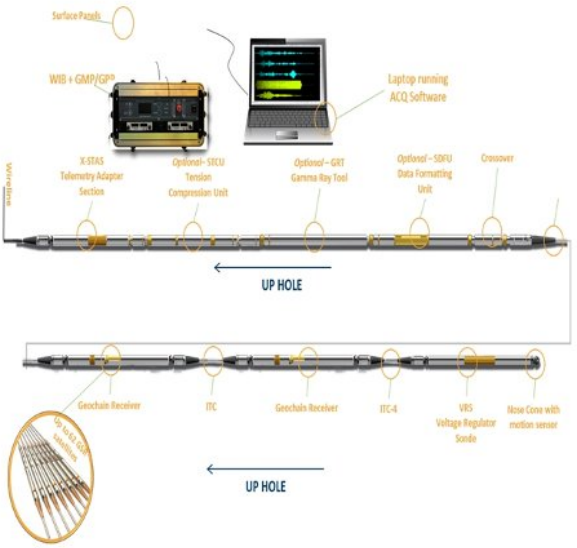
▼ *Рис. 2. Вид прибора Geochain X HP.*



▼ *Табл. 1.*

Наименование производителя		Sercel	ASL
Модификация (наименование)		GeoWave II	Geochain X HP
Давление, МПа:	балл:	5	5
		172	175
Максимальная температура, *С :	балл:	5	5
		205	195
Диаметр прибора с башмаками , мм	балл:	4	4
		88	79
Минимальный диаметр скважины (мм):	балл:	4	4
		110	100
Вес прибора, кг:	балл:	4	4
		24	19
Усилие прижима:	балл:	4	4
		6 : 1	7.3 : 1
Разрядность АЦП, бит:	балл:	5	5
		24	24
Тип АЦП:	балл:	5	5
			дельта-сигма
Поддерживаемое количество модулей при различных периодах дискретизации (ПД), мс:	балл:	5	4
4		120	62
2		100	62
1		60	60
1/2		40	30
1/4		20	15
Макс. количество модулей в зонде:	балл:	5	4
		120	62
Макс. база зонда, км:	балл:	4	5
		3	12
Количество наземных каналов:	балл:	4	4
		8	16
Регистрация в режиме реального времени:	балл:	5	5
		да	да
Тип регистрации:	балл:	5	5
Короткие записи (стандартное ВСП и т.п.)		да	да
Продолжительная запись (при ГРП и МСМ.)		да	да

Мгновенный динамический диапазон, дБ:	***балл:***	*5*	*5*
при Кус= 0 дБ ПД= 2 мс		127	112
Тип геофонов модуля:	***балл:***	*4*	*5*
		Двойные SGHT-15	4-х составные SMC 2400 15Hz Omni
Чувствительность, В/м/сек (без усилителя):	***балл:***	*4*	*5*
		104	173
Нижняя граница полосы пропускания, Гц:	***балл:***	*5*	*5*
при ПД= 1/4 мс		1,666	1,666
Уровень шумов (отношение амплитуды сигнала к шуму):	***балл:***	*4*	*4*
при Кус= 20 дБ и ПД= 2 мс		> 108 дБ	> 100 дБ
Уровень общих искажений:	***балл:***	*5*	*5*
		0.001%	0.02%
Уровень ослабления перекрестных помех:	***балл:***	*5*	*5*
		> 100 дБ	> 90 дБ
Количество жил каротажного кабеля:	***балл:***	*4*	*3*
7 жил		да	да
3 жилы			нет
Коаксиальный 1 ж		Доп. опция	нет
Макс. длина кабеля, км:	***балл:***	*4*	*4*
		7	7
Скорость передачи данных, Мбит/с:	***балл:***	*4*	*5*
при длине кабеля 3 км		4.2	4
при длине кабеля 7 км		3	4
Длина межмодульных перемычек, м:	***балл:***	*4*	*5*
максимальная		60	500
Определение ориентации модуля в пространстве:	***балл:***	*0*	*5*
		нет	да
Дополнительное оборудование:	***балл:***	*5*	*5*
Тензометр		да	да
Модуль ГК		да	да
Трактор		да	да
Тесты:	***балл:***	*5*	*5*
Коэффициент усиления		да	да
Уровень искажения		да	да
Уровень шумов		да	да
Смещение		да	да
Импульсный тест		да	да
Итоговый балл (макс. 140):		*122*	*129*



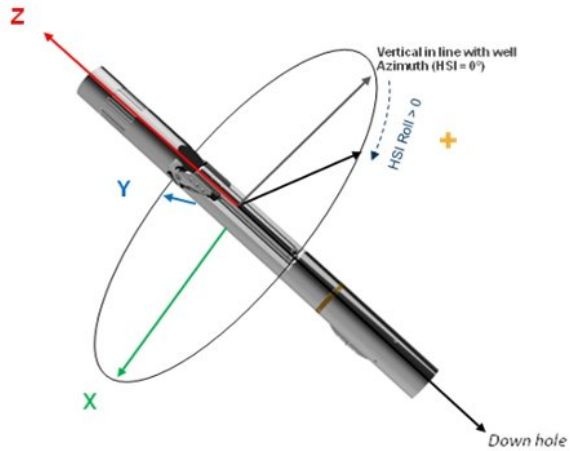
▲ *Рис. 3. Общая схема компоновки скважинной сейсмической системы Geochain X HP.*

сейсмического оборудования компании «Sercel» приведены в таблице №1.

Причём скважинную сейсмическую системуGeochain X HP в 24-х модульном исполнении в ООО «ТНГ-Групп» можно использовать при работах, как в одной компоновке, так и распределив их на 2, 3 или 4 независимые системы с одновременным применением каждой из них на разных объектах нефтегазовых и рудных месторождений.

Наличие акселерометров в конструкции модулей зонда Geochain позволяет отслеживать наклон приборов и угол поворота приборов, что позволяет качественно выполнить ориентацию зонда.

В качестве примера на рис. 4.1 представлены исходные (неориентированные) сейсмические записи, полученные при регистрации трехкомпонентные приборами зонда Geochain (вертикальная компонента Z и горизонтальные компоненты X и Y) с пространственным положением ПВ относительно ствола исследуемой скважины и на рис. 4.2 результат предварительной обработки - сейсмические записи, полученные после ориентации трехкомпонентной установки согласно рассчитанным углам.



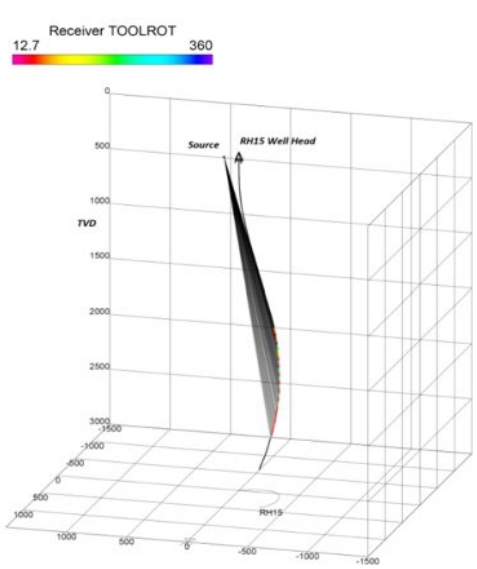
▲ *Рис. 4. Определение системой значений наклона и направления прибора Geochain X HP в стволе скважины.*

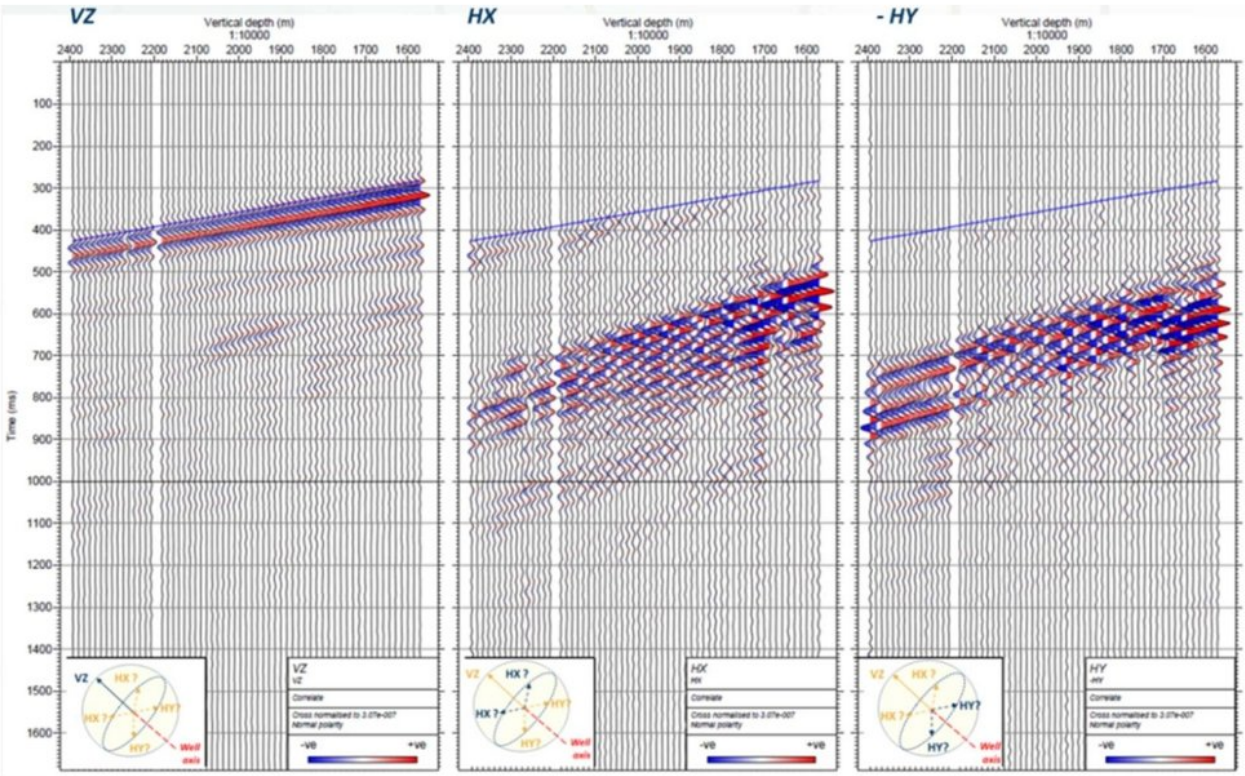
Применение ориентации позволяет получить следящие компоненты для разного типа волн. При этом на вертикальной Z составляющей регистрируется полная амплитуда прямой нисходящей продольной волны, а на горизонтальных компонентах отчетливо прослеживается цуг нисходящих поперечных волн.

Мировой опыт использования оборудования Geochain X HP

Для исследования сложнопостроенного объекта с большим количеством тектонических нарушений и интрузий, формирующих газовые залежи, была поставлена съемка комплексирующая результаты 3D-

▼ *Рис. 4.1.*

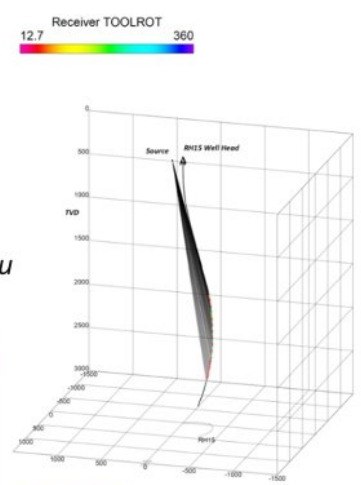




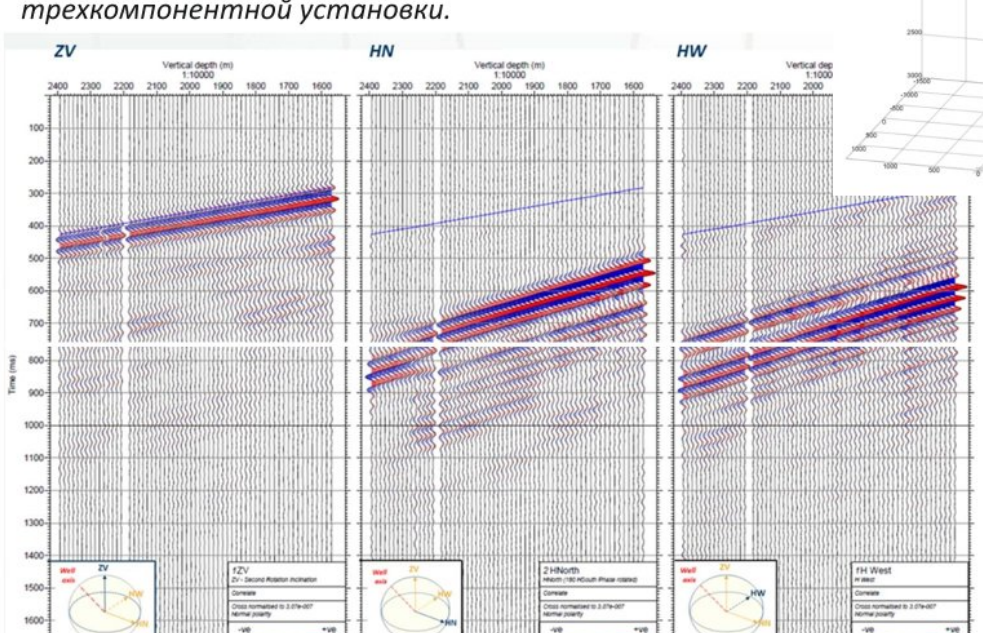
▲ *Рис. 4.1. Исходные (неориентированные) сейсмические записи.*

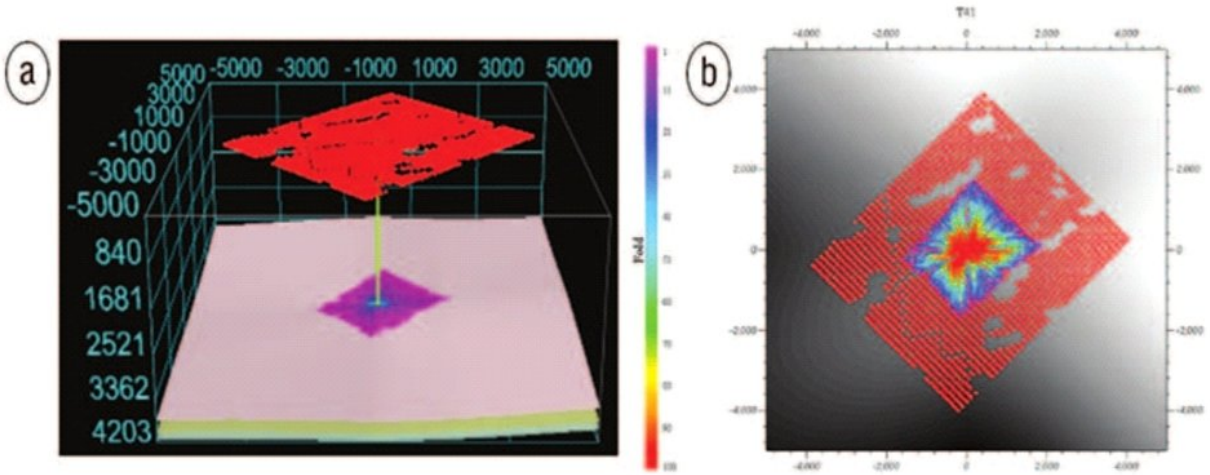
ВСП и полноазимутальной сейсморазведки 3D в Северо-Восточном Китае. Объектом изучения являлся газоносный вулканический резервуар.

Полученные сведения о характеристике резервуара и прогноз газонасыщенности отложений дали обнадеживающие



▼ *Рис. 4.2. Сейсмические записи, полученные после ориентации трехкомпонентной установки.*





▲ *Рис. 5. Расположение точек возбуждения и распределение зон кратности в трехмерном пространстве(а), вид сверху (б).*

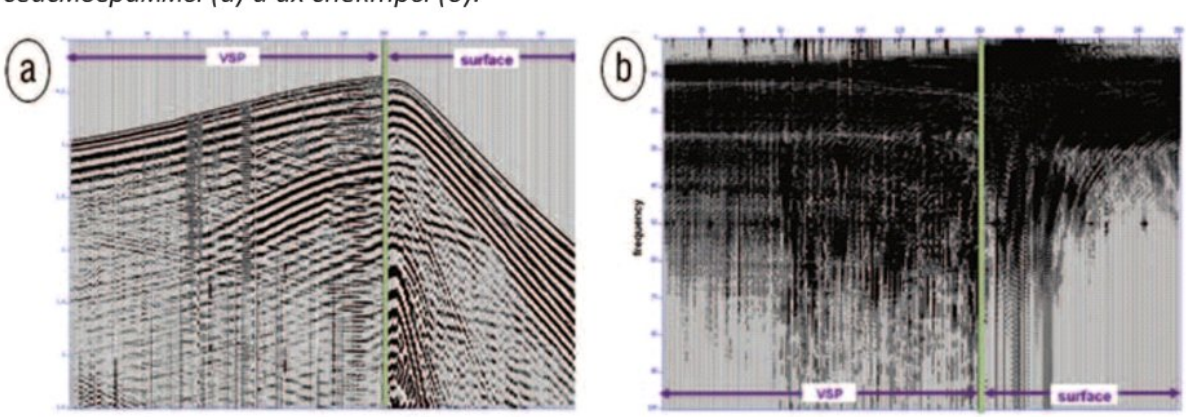
результаты. По рекомендованным данным пробуренные скважины подтвердили наличие газоконденсата, что доказало обоснованность примененной технологии.

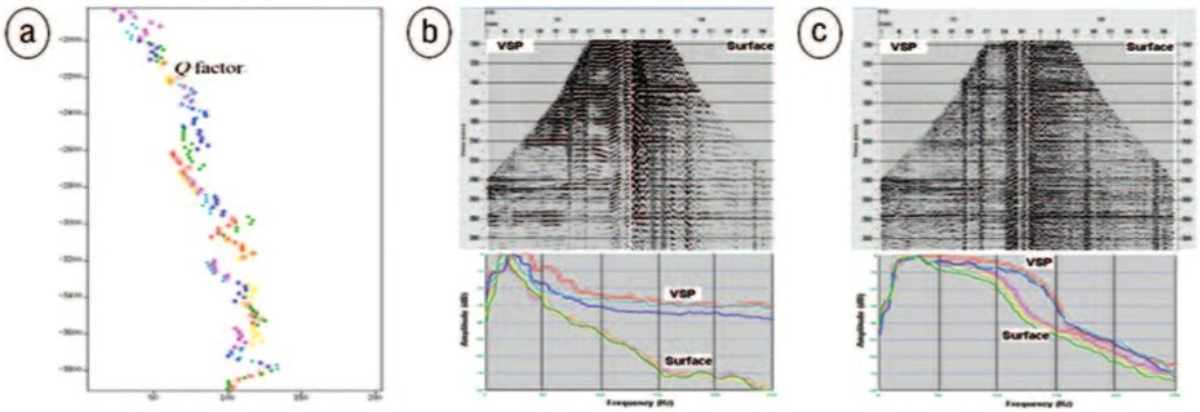
Более высокая разрешенность данных ВСП чем у наземной сейсмики позволило в процессе обработки повысить разрешение материалов, используя данные ВСП как ориентир в частотной области.

На первом этапе выполнялись исследования ВСП с нулевым смещением ПВ. На основании полученной информации: скоростной характеристики геологического разреза по данным ВСП, и данным наземной сейсморазведки методом 3D, была установлена геологическая модель изучаемого месторождения. Уравнения Цепприца в сочетании с трассировкой лучей использовались для расчета коэффициентов отражении PP- и PS-волн на уровне целевых горизонтов при изменении смещения ПВ, а затем определялось максимальное смещение ПВ от устья скважины на расстояния от 2,5 до 3,0 км. Применение прямоугольной схемы съёмки определялось для соответствия требованиям проведения полноазимутальной наземной сейсмической съемки.

Максимальный радиус исследований 3D-ВСП зависит в основном от удаленности ПВ. На рис.6 показана сетка расположения ПВ. Расстояние между ПВ составляет 50 м, а интервал между линиями ПВ - 150 м. Для полноазимутальной наземной сейсмики сетка расположения ПП составляет 30 линий×192 на 1 ПВ. Расстояние между ПП составляет 50 м, а интервал между приемными линиями - 200 м.

▼ *Рис. 6. Сейсмограммы ВСП и наземной сейсморазведки: скомбинированные сейсмограммы (а) и их спектры (б).*





▲ *Рис. 7. Графики коэффициента Q добротности (a), скомбинированные сейсмограммы ВСП и наземной сейсморазведки и их частотные спектры до (b) и после ввода коэффициента Q добротности (c).*

Из рис.6 видно, что качество полученных данных хорошее. После того, как данные 3-х-компонентного ВСП были ориентированы по вертикальной, радиальной и поперечной составляющим, нисходящие и восходящие P- и S-волны что облегчило их корреляцию. На рис. 6 показана вертикальная компонента, полученная по ВСП, скомпанованая с записью наземной сейсмики.

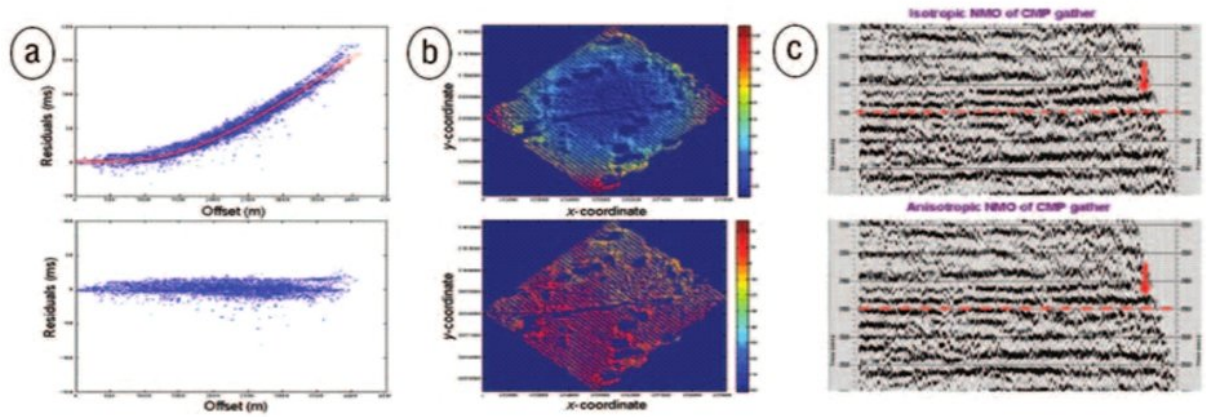
Разные методы для вычисления параметра Q (коэффициент добротности) были описаны в литературе (Тонн, 1991). При этом отмечалось, что по данным наземной сейсморазведки нельзя получить надежные значения Q из-за искажения регистрируемого сигнала различными факторами, связанными как с регистрацией, так и с обработкой данных.

В этих исследованиях параметр Q был рассчитан с использованием данных ВСП по спектральному соотношению. Фильтрация обратного Q показала значительное улучшение качества прослеживания целевых отражений (рис. 7). Это позволило получить сейсмические атрибуты и провести инверсионные преобразования.

Точность оценки скоростной модели ВСП зависит от корректной корреляции первых вступлений. Анализ корреляции первых вступлений сейсмических волн на сейсмограммах ВСП, полученных при возбуждении из ПВ, расположенных на одинаковых удалениях от исследуемой скважины, позволяет уменьшения влияние ошибки пикировки. Существующие очевидные отличия между фактическим и расчетным временами прохождения с увеличением удалений ПВ указывает на возможное наличие анизотропии. Полученные значения времен первых вступлений для каждого ПВ использовались для расчета скоростей сейсмических волн для каждого удаления, а затем для оптимизации скоростной модели с учетом рассчитанных параметров анизотропии, обусловленной слоистостью среды.

Примененная методика позволяет минимизировать погрешности между вычисленными, с приближением Томсена (Томсен, 1986), первыми вступлениями и фактическими. На рис. 8 показан пример применения корректирующих коэффициентов анизотропии для временных мигрированных разрезов после процедуры суммирования.

При обработке 3D-ВСП каждый этап тщательно контролировался различными методами анализа, разделение волновых полей осуществлялось с сохранением амплитуд. При обработке поверхностных сейсмических данных успешно учитывались рассчитанные параметры доброт-



▲ *Рис. 8. Анизотропия (а) график невязки по времени, (б) вид в плане и (с) сравнение временных разрезов ОГТ до (вверху) и после (внизу) ввода поправок невязок по времени.*

ности и анизотропии скоростей, полученные из данных ВСП. По результатам работ получены высокоразрешающие данные, точность изображения неоднородностей геологического разреза значительно улучшилась.

Большой массив данных 3D-ВСП и полноазимутальной сейсморазведки 3D, полученный при одновременной сейсмической съемке дает нам возможность объединить преимущества ВСП и поверхностной сейсморазведки 3D. Результаты проведённых исследований обнадеживают и дают перспективу для дальнейших работ по данной методике. Результаты проведённой интерпретации обработанных данных были подтверждены бурением. Данная технология позволяет сократить расходы на разведку и обеспечить хороший опыт для последующих исследований в аналогичных геологических условиях.

Компания ТНГ готова к проведению подобных работ с применением комплекса методов, современного оборудования, позволяющих решать самые сложные задачи, предлагаемые заказчиком.

Все полученные результаты работ по поставленным геологическим задачам, весь опыт геофизических исследований, наработанный с применением скважинной сейсмической системы Geochain X HP компании «Avalon Sciences Ltd» (ASL), будет размещен в дальнейших наших публикациях.

Рассчитываем, что полученные результаты работ с применением скважинной сейсмической системы GeochainXHP компании «AvalonSciencesLtd» (ASL) дадут материал для новых публикаций, интересных нашим партнерам и заказчикам.

Подробнее об авторах



Мустафин
Ильфат Ришатович

Директор
ООО «ТНГ-Геосейс»



Вильданов
Ринат Вакильевич

Начальник
ГЭ «ВСП-Сервис»
ООО «ТНГ-Геосейс»



Звегинцев
Анатолий Александрович

Главный геофизик
ПЦОИ ЦГИ
ООО «ТНГ-Групп»

Российское сейсмостатическое зондирование: где купить? Когда ожидать?

■ Прохачёв М.В., инженер-геофизик, ВК-сообщество «Инженерная геофизика»,
■ Романов В.В., доцент, к.т.н., кафедра разведочной геофизики и компьютерных систем, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Инженерная геофизика, или геофизические методы в инженерных изысканиях, решает множество задач, связанных с изучением верхней части геологического разреза в связи с хозяйственной деятельностью человека, в первую очередь, со строительством зданий и сооружений [Кувалдин, 2014].

Важнейшим методом инженерной геофизики является малоглубинная сейсморазведка. В недалёком прошлом метод преломлённых волн (МПВ) был практически единственной технологией исследования состояния и состава грунтов верхней части разреза. Причём, реализовывалась его простейшая разновидность, основанная на регистрации в первых вступлениях прямых и преломлённых волн. В результате обработки и интерпретации данных метода формировались простейшие слоистые модели с плоскими или криволинейными границами. Пластовая скорость первого слоя таких моделей определялась по наклону годографа прямой волны, у остальных слоёв — по наклону годографов преломлённых волн. Традиционные технологии определения глубинных разрезов по МПВ, такие как t0' и сопряжённых точек, позволяют непрерывно прослеживать лишь одну преломляющую (наиболее глубокую) границу, а все прочие фиксируются лишь в пунктах возбуждения, а их скорости и углы наклона находятся приближённо. С увеличением числа волн, выходящих в первые вступления, точность метода и устойчивость результатов падает [Кулакова, 2019].

Развитие метода преломленных волн, сейсмическая томография (СТ) лишь частично решает проблемы своего предшественника. В сейсмотомографии поле годографов первых вступлений рассматриваются как поле годографов рефрагированных волн, имеющих форму выпуклых кривых [Романов, 2015]. При достаточно малом шаге возбуждения данные СТ позволяют в автоматическом режиме восстановить непрерывное распределение истинных скоростей среды в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Но часть слоёв разреза не выделяется даже при самом малом шаге возбуждения и использовании развитых алгоритмов инверсии. Во-первых, это слои с пониженной скоростью, в их кровле просто не образуются преломлённые волны. Такими слоями являются слои песков в глинах, подземные полости и коммуникации, зоны трещиноватости, слои торфа или ила под поверхностными отложениями естественных или насыпных грунтов.

Во-вторых, это промежуточные малоконтрастные по скорости сейсмических волн слои грунтов. Они не выходят в первые вступления и "пропускаются" как при реализации простого МПВ, так в СТ (эффект пропускания слоя).

В-третьих, МПВ бесполезен при изучении инверсных разрезов, в верхней части которых залегает приповерхностный высокоскоростной слой (ПВС), экранирующий преломлённые волн до тех пор, пока скорость на очередной границе не превысит скорость в ПВС. Такие слои наблюдаются при сезонном промерзании почвы и первого слоя грунта, при наличии твёрдого техногенного покрытия (асфальта, бетона или гранита), при выходе на поверхность скальных грунтов. При работе на продольных волнах ПВС также является слой морской или пресной воды, переувлажнённые почвы.

В-четвёртых, на ряде объектов скорость может закономерно уменьшаться с глубиной. Например, это полигоны захоронения ТБО и некоторые насыпные грунты и иные техно- и антропогенные отложения.

В-пятых, сильные преломляющие границы вблизи поверхности снижают точность и надёжность выделения последующих преломлений, снижают контрастность более глубоких границ. При выделении уровня грунтовых вод, неглубоко залегающей кровли скального или многолетнемёрзлого грунта, шанс выделить границы под ними очень невелик.

В-шестых, при исследовании глубин свыше 15 м методом преломлённых волн требуются значительные удаления для выделения волн в первых вступлениях. Из-за эффекта затухания [Романов, 2012] отношение “сигнал/помеха” на больших удалениях как правило невысоко, что снижает возможности МПВ при исследовании глубоких границ. Кроме того, в условиях плотной городской застройки, при наличии мощной разветвлённой сети подземных коммуникаций [Кочев, 2018] выбрать протяжённый прямолинейный участок поверхности, однородный по поверхностным условиям, весьма затруднительно или невозможно.

Вышеперечисленные проблемы успешно решаются таким геофизическим методом как микросейсмический каротаж [Кулакова, 2019], существующий в двух модификациях – прямой и обращенный. В прямом МСК источник (как правило ударный) располагается на поверхности земли, а приёмник (или многоканальные зонд или гидроизолированная коса) перемещаются от устья к забою скважины. В обращённом каротаже по стволу скважины перемещается уже источник, а приёмное устройство находится вблизи устья скважины.

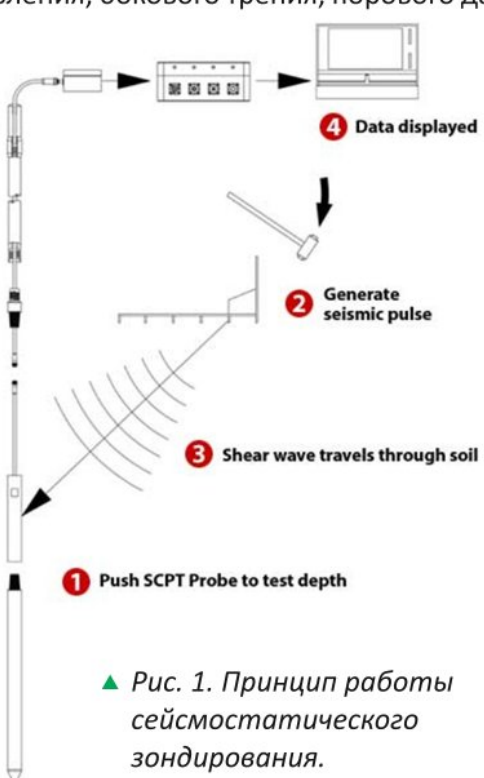
МСК лишен базовых недостатков МПВ - не нужны большие удаления и статистика накоплений при возбуждении колебаний. Имея чувствительные датчики и достаточно разрешенный сигнал, можно выделять слои малой мощности, пониженной скорости. Инверсность разреза не сказывается на результативности таких исследований. Но недостатком МСК является необходимость бурения скважин в большом количестве, их специальной подготовке, что весьма существенно сказывается на стоимости таких работ.

Современная технология инженерных исследований предлагает метод, не менее точный чем МСК, но дешевле и производительнее.

Таким методом является SCPT – Seismic Cone Penetration Test в англоязычной терминологии или сейсмостатическое зондирование в русскоязычной терминологии. По сути это совмещение такого метода полевых испытаний грунтов как статическое зондирование с измерением скоростей сейсмических волн в грунте – прибор доставляется к точке исследования вдавливанием. В зонде конического типа располагаются две группы геофонов с фиксированным расстоянием между ними [Галушкин, 2018].

Сам процесс получения данных несильно отличается от известного способа статического зондирования: зонд задавливается с равномерной скоростью в глубину, при этом регистрацию колебаний можно осуществлять как практически непрерывно, так и поинтервально, с остановками погружения зонда. Две группы датчиков, расположенные в зонде на расстоянии от 0.5 до 1 м друг от друга, обычно регистрируют две или три компоненты возбуждаемого сейсмического сигнала. Возбуждение упругих колебаний производится на поверхности возле точки входа зонда в грунт при помощи кувалды (хотя возможно применение других источников, особенно, если регистрация непрерывная), при этом фиксируется глубина положения геофонов.

Такой подход позволяет уйти от большинства методических и теоретических недостатков метода преломленных волн, а также удешевить стоимость получения скоростных данных по сравнению с традиционными инженерно-геофизи-ческими методами [Шокальский, 2013]. Кроме того, появляется возможность регистрации лобового сопротивления, бокового трения, порового давле-



▲ *Рис. 1. Принцип работы сейсмостатического зондирования.*

ния и ряда дополнительных параметров, повышающих точность исследования.

Однако несмотря на все преимущества описанного подхода, в России применение данного метода сильно ограниченно. Основная причина – дороговизна оборудования. Сегодня в России нет собственных производителей SCPT-оборудования, а импортное оборудование - дорого.

На рынке инженерных изысканий только одна организация предлагает SCPT-оборудование для проведения таких работ компания Фугро. На базе тяжелых установок статического зондирования на автомобильном шасси. Стоимость такого оборудования исключает возможность его приобретения для средних и мелких изыскательских организаций.

Несомненно, система SCPT-оборудования на базе малогабаритных навесных установок должна стать дешевле и доступнее. Учитывая возможности создания автономных регистраторов, реализованных в бескабельных системах наблюдения, можно отказаться от он-лайн регистрации, создав автономные средства регистрации. И тогда единственной серьезной технологической задачей станет доставка прибора до целевой глубины исследования. Учитывая то, что сегодня на рынке представлены установки статического электрозондирования, где эта задача решена, совмещение методов в одном приборе не видится чем-то невозможным.

Все элементы для создания российского SCPT-оборудования оборудования у существующих российских предприятий имеются: есть производители как зондов, так и малоканальной сейсмоакустической аппаратуры.

Возможные ограничения развития данной технологии в комплекс инженерных исследований вносят существующие стандарты проведения инженерных работ, требующие обязательного бурения скважин с отбором керна и исследованием грунтов в процессе бурения. Однако, включение метода SCPT в комплекс работ позволит существенно уменьшить объем бурения, снижая стоимость проекта для заказчиков.

Надеемся, что данная публикация найдет свой отклик как у заказчиков инженерных исследований, так и у разработчиков геофизической аппаратуры.

Литература

1. Галушкин И.В., Рагозин Н.А., Стенин Д.В., Игнатьев В.И. Опыт применения сейсмоакустических методов исследования для построения детальной модели среды при проектировании особо ответственных объектов атомного строительства // Инженерные изыскания. 2018. Т. 12. № 11-12.

2. Кочев А.Д., Чертков Л.Г. Использование методов сейсмоакустики на закарстованных территориях крупных городов (на примере Москвы и Нижнего Новгорода) // Инженерные изыскания. 2018. Т. 12. № 9-10. С. 50-62.

3. Кувалдин А.В., Романов В.В., Рахматуллин И.И. Сейсморазведочные исследования при строительстве // Профессиональное образование и общество. 2014. № 2 (10). С. 56-58.

4. Кулакова Н.В. Обзор существующих методов изучения ВЧР // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 241-247.

5. Романов В.В. Применение амплитудных графиков при обработке и интерпретации данных метода преломленных волн для решения задач инженерной геологии // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2012. № 4. С. 56-60.

6. Романов В.В., Мальский К.С., Боровой Е.А. Определение устойчивости бортов карьеров при инженерно-геологических изысканиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 7. С. 77-81.

7. Шехтман Г.А. Обращенное вертикальное сейсмическое профилирование // В сборнике: Сейсмические технологии- 2017 материалы научно-практической конференции. ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова». 2017. С. 31-35.

8. Шокальский М.Ю. Методы статического зондирования грунтов CPTU, SCPT и RCPT: практика применения, анализа и обработки их результатов // Инженерные изыскания. 2013. № 8. С. 40-45.

О собрате по профессии (к 90-летию М.Б.Шнеерсона)

Шехтман Г.А. (Институт инновационных инженерных технологий РУДН)



Производственная и научная биографии Михаила Борисовича Шнеерсона начались в 1953 году, когда после окончания Московского нефтяного института он был направлен на работу во ВНИИГеофизику (тогда – НИИГГР), где директором был Михаил Константинович Полшков.

Знакомясь со своим будущим сотрудником, директор не преминул заметить, что молодой специалист непременно должен получить опыт проведения полевых работ. Сказано – сделано. На следующий год молодого Шнеерсона направили в Туймазинскую геофизическую экспедицию (ТГЭ) института, где он и проработал 25 лет на разных должностях от оператора сейсмостанции до главного инженера. Работая в экспедиции, он защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации.

В порядке небольшого отступления скажу, что когда я после окончания Московского государственного университета пришел работать во ВНИИГеофизику, то М.К.Полшков мне уже не намекал о целесообразности поработать для начала в поле. Он предложил самому выбрать любое из подразделений института. Но когда я заявил, что хотел бы для начала поработать в одной из геофизических экспедиций института, директор был приятно удивлен таким выбором и тут же его одобрил. К слову, Михаил Борисович к тому времени уже был главным инженером ТГЭ, и мы стали часто пересекаться в Зеленом театре ЦПКиО им. Горького, где в течение многих лет располагались камеральные группы геофизических партий этой экспедиции.

Михаил Борисович не раз высказывал благодарность М.К.Полшкову за то, что именно тот определил его производственный путь. Это был путь молодого специалиста, входивший в отработанную систему Полшкова: глубокое профессиональное обучение профессии в коллективе полевой партии, самостоятельная работа над решением актуальных научно-производственных задач и

научные исследования с защитой диссертации. Пройдя такую школу, наш юбиляр стал признанным авторитетом в своей области.

Во ВНИИГеофизике никогда не было академического снобизма, а известные в стране ученые института причину этого видели в том, что они разведчики и что геофизические исследования, которыми они преимущественно занимаются в поле, должны быть непременно направлены на практический результат, требуемый стране. Полшков организовывал науку, а не занимался пробиванием льгот, научных званий и титулов.

Своим учителем Михаил Борисович считал выдающегося руководителя Юрия Николаевича Година, с приходом которого в ТГЭ начался новый период. Он характеризовался быстрым подъемом, наращиванием масштабов работ, большими успехами и открытиями в Оренбурге, Башкирии, Казахстане, Туркмении. Все работники экспедиции почувствовали всё это в полней мере и называли Година «наше красно солнышко». Тема кандидатской диссертации Михаила Борисовича была навеяна идеями Ю. Н. Година о возможности применения КМПВ для трассирования преломляющих горизонтов в карбонатных отложениях девона и карбона на юго-востоке Русской платформы. Значимые результаты того времени - открытие рифового месторождения газа в Оренбургском Предуралье и участие в открытии уникального Оренбургского газоконденсатного месторождения. За это М.Б.Шнеерсону было присвоено звание “Первооткрыватель месторождения”.

М.К.Полшков, служивший морским офицером во время Великой Отечественной войны, не любил трусливых и малодушных людей. Своим сотрудникам, пытающимся в острых ситуациях ускользнуть «в тень», он говорил: «Имейте смелость отвечать за сделанное вами». Заслуживает внимания занятный случай, произошедший с Михаилом Борисовичем в его бытность главным инженером ТГЭ. Как-то в период разбирательства очередного ЧП у него выскочил мощный флюс, и врачи настоятельно рекомендовали посидеть дома. Когда же после этого он встретил Полшкова, тот ему сказал: «А вы решили отсидеться дома, Михаил Борисович? У нас это не принято, вы же это уже должны знать».

М. Б. Шнеерсон уделял большое внимание технологии и методике полевых работ, которые и привели его в начале 1970-х годов к наземной невзрывной сейсморазведке, новому тогда направлению отечественной геофизики. В последующем оно стало основным в его научной и практической деятельности. Разработка основных положений наземной невзрывной сейсморазведки и результаты её промышленного применения легли в основу его докторской диссертации.

В настоящее время М. Б. Шнеерсон продолжает активно работать над развитием и совершенствованием наземной невзрывной сейсморазведки. Он является автором и соавтором десяти монографий, более 150 статей, имеет три десятка авторских свидетельств и патентов. Его научные труды и работы широко известны и находят широкое применение при проведении полевых работ с наземными вибрационными и импульсными невзрывными источниками колебаний.

Михаил Борисович явно обладает способностью влиять на судьбы людей. Пример тому – Иосиф Аронович Мушин, который после окончания вуза по геофизической специальности собирался идти вовсе не в геофизику. Его манила разнообразная и увлекательная жизнь в цыган-



▲ *Участие в дискуссии на конференции «Встречи на Волге» 2007 год.*

ском ансамбле, где он играл на скрипке и получал бы втрое больше зарплату по сравнению с зарплатой инженера-геофизика. Но Шнеерсон «перевербовал» скрипача Мушина, будущего доктора наук, и победоносно направил его к себе в Туймазинскую экспедицию. К сожалению, обоим этим корифеям «вниигеофизической» науки после пресловутых реформ пришлось покинуть родной институт, проработав в нем более полувека. Грустно об этом вспоминать, но, как говорится, из песни слов не выкинешь... Мушин со своей группой перешел работать во ВНИГНИ, а Шнеерсона один из очередных директоров, вовсе не геофизик по образованию, уволил из ВНИИГеофизики вскоре после отказа написать заявление об уходе в отпуск за свой счет. Это принудительное увольнение состоялось вопреки ожиданиям Михаила Борисовича. Никак он не думал, что его, входящего в научную элиту института, сократят-таки. Мне помнится его «отвальная», которую он в своем кабинетике устроил для нескольких своих коллег-единомышленников. На столе были бутылка водки, полбатона колбасы и черный хлеб. Он, конечно же, был очень возмущен поступком тогдашнего директора...

Нет, однако, худа без добра. Уволенный из ВНИИГеофизики, М.Б.Шнеерсон сосредоточился на преподавании, получив вскоре звание профессора. Преподавал он в МГРИ, в Губкинском университете («керосинке», как шутливо называют этот вуз). Годы берут свое, и резерв здоровья, некогда подпитывавшийся регулярными занятиями теннисом и утренними пробежками, постепенно иссякает. Но юбиляр не сдается: исправно читает свои лекции, да еще и пунктуально приезжает на заседания Диссертационного совета, членом которого он является.

Михаил Борисович – человек, обладающий врожденной мудростью. Я ему не раз полушутя говорил, что с ним невозможно поссориться. Он соглашался с этим и, улыбаясь, говорил: «Это так. А зачем же упираться лбом в стенку?».

Михаил Борисович много лет был постоянным участником Международных геофизических конференций. После выполнения научной программы он непременно участвовал в культурной программе. Любитель всего прекрасного, он с удовольствием танцевал, презрев давно устаревшую поговорку о том, что «профессору не пристало танцевать».

В заключение хочется пожелать юбиляру, собрату по профессии, доброго здоровья, творческого долголетия и ярких положительных эмоций. До новых Ваших юбилеев, Михаил Борисович!



EURASIA OIL SERVICES

Your Gateway to Business in Eurasia



MITCHAM INDUSTRIES, INC.

Стратегический и управленческий консалтинг на нефтесервисном рынке Ближнего Востока

Анализ состояния рынка и перспективных направлений в регионе под интересы клиентов;

Разработка стратегии вхождения на рынок;

Поиск и подбор решений по расширению и оптимизации бизнеса в странах Ближнего Востока;

Развитие Вашего бизнеса «под ключ».

Партнерство

Представление интересов клиента в странах региона;

Поиск местных партнёров и заказчиков, организация переговоров;

Привлечение инвестиций под перспективные проекты.

Поставки оборудования и разработка технологических решений

Аренда и продажа нового и бывшего в употреблении оборудования и комплектующих для геологоразведки на море и на суше;

Подготовка проектных решений под запрос.

Россия, г. Москва:
+7 (985) 222 48 44
Россия, г. Уфа:
+7 (347) 243 90 74

ОАЭ, г. Дубай,
+971(56) 170 2553
info@eurasia-oil-services.com

www.eurasia-oil-services.com

Жизнь связала с сейсморазведкой?



Рекомендуем: новейшая беспроводная телеметрическая система **Sercel UNITE**



GEOSEIS

Предоставление в аренду полного спектра телеметрического оборудования Sercel 408/428; бескабельной системы UNITE. Техподдержка, сервис и обслуживание геофизического оборудования. Производство импульсных источников «Геотон»

Холдинг «ГЕОСЕЙС»
Контактная информация:
Тел. (Москва):
+7 (495) 694-19-07
+7 (495) 694-19-97
Тел. (Тюмень):
+7 (3452) 48-33-72

Электронная почта:
geoton@geoton.ru
geoseis-servis@yandex.ru
geoseisltd@gmail.com
http:
www.geoseisholding.ru
www.geoton.ru