

Таблица 2. Характеристики датчиков типа ПДИ

	ПДИ-20	ПДИ-50	ПДИ-100	ПДИ-500
Эффективный момент, кг	400	2500	10000	250000
Полоса пропускания, кГц	200	50	10	1
Габаритные размеры, мм	0,8×0,8	0,9×0,9	0,9×0,9	4×4 (монтаж)

5.1. ПДИ - компактный приемный индукционный датчик, представляющий собой многовитковую приемную рамку небольших размеров со встроеным малошумящим предусилителем. Выпускается линейка таких датчиков, характеристика которых приведена в таблице 2.

5.2. Устройство тестирования аппаратуры IDEM-TEST, позволяющее оперативно в полевых или лабораторных условиях комплексно проверить работоспособность аппаратуры (коммутатора и измерителя) и оценить качество настройки измерительного канала. Принцип тестирования основан на зондировании модели среды в виде эквивалента S-плоскости, как это делается при физическом моделировании на металлических моделях. Оценка качества измерения на тестовых моделях опирается на теоретические расчеты для этих моделей.

5.3. В аппаратный комплекс входит программа ПРОБА, предназначенная для

предварительной обработки полевых данных, их редакции (отсечение «ненужных» точек, сглаживание, робастное осреднение повторных измерений, «сшивка» разных режимов измерений, преобразование шкалы времен и т.д.). Кроме того, на основе трансформант возможен предварительный геофизический анализ результатов измерений, подготовка к интерпретации в системе ПОДБОР.

5.4. ПОДБОР - программный комплекс, предназначенный для интерпретации данных методов МПП-ЗСБ в рамках одномерной модели среды, когда результат зондирования на каждом пикете трактуется с позиции горизонтально-слоистой модели среды. В основе метода инверсии лежит строгая прямая задача ЗСБ. Автоматизированные алгоритмы определения параметров модели среды дают минимальное расхождение между полевой и теоретической кривыми зондирования. Программа обеспечена профильной и площадной рисовкой результатов интерпретации.

6. Аппаратура последних моделей ЦИКЛ-5 и ЦИКЛ-6 выпущена в количестве 35 комплектов разной конфигурации и успешно эксплуатируется в разных странах и на разных континентах: Россия, Казахстан, Армения, Украина, Израиль, ЮАР, Южная Корея, Перу.

Геолого-геофизические критерии выбора оптимальных условий взрыва на сейсморазведочных работах в Томской области

Закариев Ю.Ш., Рябошапко С.М., ЗАО НПП «ГеоСейсКонтроль», г. Москва;
Бабушкин А.Е., ФГУП «СНИИГИМС», г. Новосибирск

Постоянно возрастающие требования заказчиков к качеству полевой сейсмической информации остро ставят перед подрядчиком проблему взрыва в оптимальных условиях, которая осложнена необходимостью предварительной зарядки скважин. Опытные работы на площади исследований, изучение волнового поля, ВЧР несомненно приводят к повышению качества первичной информации, но не решают полностью проблему оптимального выбора условий взрыва - наблюдения нередко бракуются заказчиком и вновь отрабатываются подрядчиком. Значительный объем таких повторов возникает из-за отсутствия информации о геологическом строении приповерхностной части ВЧР, что приводит не только к осложнению, удорожанию, сдерживанию производительности сейсморазведочных работ, но порой и к срыву сроков выполнения геологического задания полевого сезона.

Специалистами ЗАО НПП «ГеоСейсКонтроль» проанализирована накопленная в течение 2001-2004 гг. информация по выбору оптимальных условий в сейсмопартиях на территории Томской области (с привлечением геологических материалов о строении неоген-четвертичных отложений ВЧР) с целью поиска корреляционных связей между геофизическими и ландшафтно-геоморфологическими критериями.

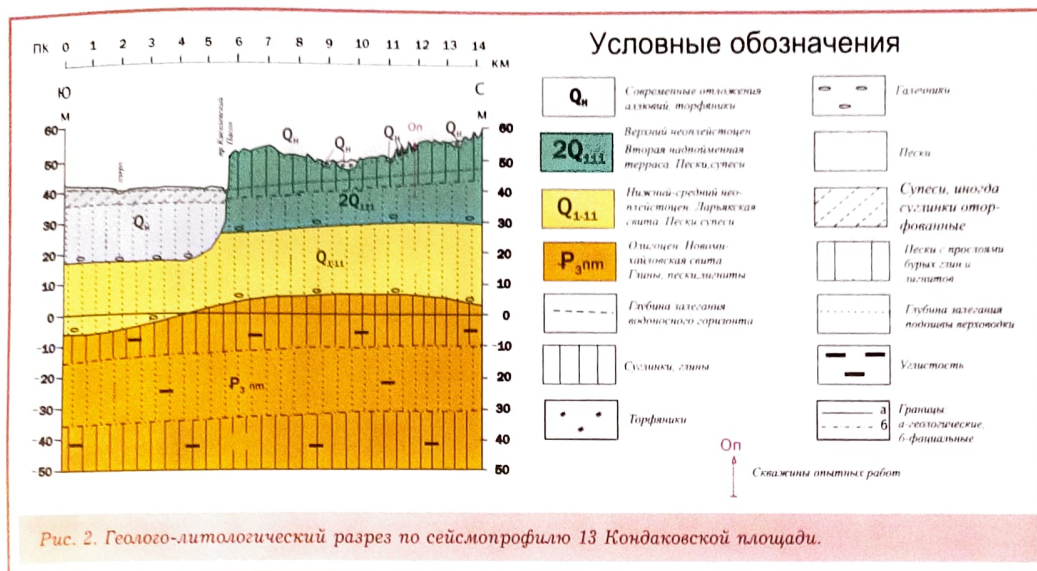
1. Геологическое строение ВЧР запада Томской области.

Совместная интерпретация данных государственной геологической съемки масштаба 1:200000, гидрогеологических, инженерно-изыскательских работ: бурения колонковых, ручных

скважин и сведения из отчетов супервайзеров о породах взрывных скважин, позволили построить геологические разрезы и карту масштаба 1:50000 и получить достоверную информацию о строении и литологическом



Рис. 1. Карта расположения площадей.



составе приповерхностных (неоген-четвертичных) отложений ВЧР. К анализу привлечены материалы по опытным и производственным работам 21-ой сейсморазведки, проводивших исследования в западной части Томской области (в основном западнее р.Оби, рис. 1).

Построены карта и 11 геологических разрезов палеоген-четвертичных отложений по 8 площадям: Кондаковской - ПР13, Аленкинской - ПР 6, 20, Кульгетанской - ПР 81, Поньжевой - ПР 4, 7, 10 и карта, Южно-Соболиной - ПР 17, Западно-Останинской - ПР 5, Тальянской - ПР 16, Парбикской - ПР 11.

По особенностям геологического строения ВЧР рассматриваемую территорию можно условно разделить (с севера на юг) на четыре зоны: первая - северо-восточнее р. Оби, Кондаковская площадь (рис. 2); вторая - севернее широты р. Васюган в междуречье рек Оби и Васюгана, Аленкинская (рис. 3) и Кульганская площади; третья - все площади (кроме Парбикской) южнее широты р. Васюган (рис. 5, 6 - типичные разрезы); четвертая - расположенная на юго-востоке, Парбикская площадь (рис. 7).

Учитывая, что упругие свойства пород (условия взрыва) зависят от литологического состава, плотности, обводненности, возраста, глубины залегания пород, ниже следует описание указанных особенностей по западной части Томской области.

В региональном плане по геоморфологическим признакам в пределах исследуемой территории выделяется 6 уровней отложений, различающиеся возрастом, составом, зоной аэрации (выветривания, с которой практически совпадает ЗМС), физико-механическими свойствами слагающих их пород.

1. Смирновский уровень, наиболее древний (породы эоплейстоцена - нижнего неоплейстоцена), с абс.отм. 95-140 м распространен, в основном, южнее широтного течения р. Васюган, занимает 55% исследуемой территории и имеет эрозийную сеть с глубиной расчленения долинами до 60 м. Основная часть разреза (мощность от 10-15 до 40 м) сложена глинстыми (от слабо до сильно обводненных) породами - пачки 2,3. Они подстилаются песками водоносного горизонта (пачка 1) с объемным весом (практически плотность) $1,40 \text{ г/см}^3$, мощность не более 10-15 м (рис 5,6). Глинистая толща условно подразделяется на две пачки. Нижняя - пачка 2 сложена плотными, пластичными голубыми, синими, темными глинами с объемным весом до $2,00 \text{ г/см}^3$ и более, которые являются оптимальными для условий взрыва. Верхняя - пачка 3 сложена пористыми желтыми глинами с объемным весом $1,6-1,7 \text{ г/см}^3$, залегает в зоне аэрации. Поверхность отложений смирновского уровня, в основном, покрыта лесными массивами, участками интенсивно заозерена и заболочена, местами

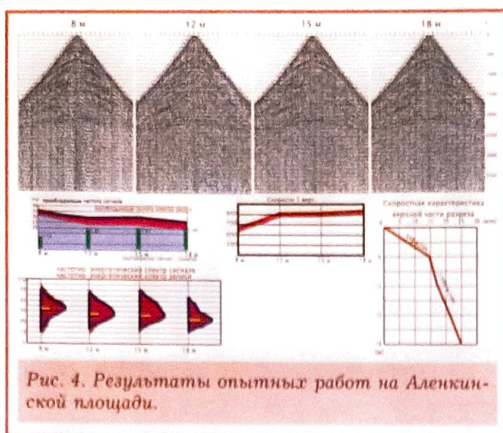


Рис. 4. Результаты опытных работ на Аленкинской площади.

торфяников до 6-10 м. Глубина аэрации от 2-5 до 25 м, в среднем - 12 м.

2. Сузгунский уровень (средний неоплейстоцен) с абс.отм. 55-94 м распространен севернее широтного течения р. Васюган (рис. 3), слагают водораздельные пространства, южнее он врезан в смирновский уровень, прослеживаясь в виде узких участков по современным речным долинам. Он занимает около 30% исследуемой территории (Аленкинская и Куль-Еганская площади), поверхность которой выровнена, уплощена с глубиной эрозивной сети (в долинах) до 30-40 м.

Сузгунская толща имеет общую мощность до 35 м и по литологическому составу разделяется на две подтолщи. Верхняя (мощность до 17 м) сложена сверху плотными суглинками с объемным весом $1,7 \text{ г/см}^3$, подстилаемыми в нижней части супесями меньшей плотности и прослоями песка мощностью до 6-7 м (породы влажные). Нижняя (мощность до 20 м) представлена глинистыми алевролитами, в составе которых появляются отдельные блоки и горизонты тяжелых суглинков с гравием, галькой и валунами с объемным весом до $2,37 \text{ г/см}^3$. Подстилается толща песками водоносного горизонта среднего или нижнего неоплейстоцена. Граница аэрации распылчатая и находится в среднем на глубине 10 м.

3. Третья надпойменная терраса (мощность до 25 м, верхний неоплейстоцен) имеет абс.отм. от 75 до 95 м и по характеру залегания близка к сузгунскому уровню. Она занимает незначительную площадь (1-2%) в долине р. Васюган, заходя в северо-восточную часть Поньжевой площади (рис. 6). Состав террасы песчано-глинистый (пески до 85%), поверхность ее интенсивно заболочена, мощность торфяников до 5-6 м.

4. Вторая надпойменная терраса (мощность до 25 м, верхний неоплейстоцен) с абс.отм. 52-60 м развита по р. Оби и ее притоков на площади около 6% и выделяется на Кондаковской и Куль-Еганской площадях (рис. 2,3). Терраса сложена в верхней части суглинками (до 10-15 м), в нижней части песками.

5. Первая надпойменная терраса (голоцен-верхний неоплейстоцен, мощность до 25 м) с абс.отм. 42-52 м развита в восточной части Куллеганской площади, сложена супесями, песками, интенсивно заболочена, мощность торфа до 5 м.

6. Современные пойменные отложения (голоцен) развиты в пределах всех речных систем (рис.2), сложены песками и супесями, мощность до 25 м, занимают площадь около 6%, участками поверхность пойм интенсивно заозерена и заболочена.

На рассматриваемой территории объемный

вес обводненных песков колеблется в пределах $1,29-1,48 \text{ г/см}^3$, а суглинков и глин - в пределах $1,60-2,37 \text{ г/см}^3$.

II. Анализ геофизических и ландшафтно-геоморфологических критериев, используемых при выборе оптимальных условий взрыва.

Анализ геологических разрезов проведен с целью корреляции их ландшафтно-геоморфологических особенностей и параметров сейсмической записи.

1. В северной части исследуемой территории, на которой в приповерхностной части ВЧР распространены породы сузгунского уровня (рис.3), по результатам опытных работ оптимальным интервалом приняты глубины скважин от 12 до 18 м. Опытными работами отмечена особенность: частота максимума спектра полезных волн на глубине 8-12 м выше (рис. 4), чем на больших глубинах, но помеха интенсивнее и отношение сигнал/помеха ниже на меньших глубинах. Это явление можно объяснить особенностью геологического строения сузгунской толщи (рис. 3): нижняя часть глинистой подтолщи имеет объемный вес ($2,37 \text{ г/см}^3$) выше, чем отделенная от нее прослойкой обводненного песка верхняя подтолща, которая в свою очередь, вверху имеет плотные суглинки. Такое строение приводит к образованию резких сейсмических границ и появлению волны-спутника, которая ослабляет полезный сигнал на высоких частотах при погружении заряда на глубину более 3 м под резкую границу.

2. Южнее широты р.Васюган в пределах распространения пород смирновского уровня (рис.1) на основании опытных работ оптимальным интервалом приняты глубины 12-21 м, глубина взрывных скважин зависит от ландшафтно-геоморфологических условий: на залеженных территориях глубины 12-15 м, в переходных зонах от леса к болотным участкам (рям) - 15-18 м, а на территориях открытых болот, озер, распространения сухих песков большой мощности глубины скважин достигали 18-21 м.

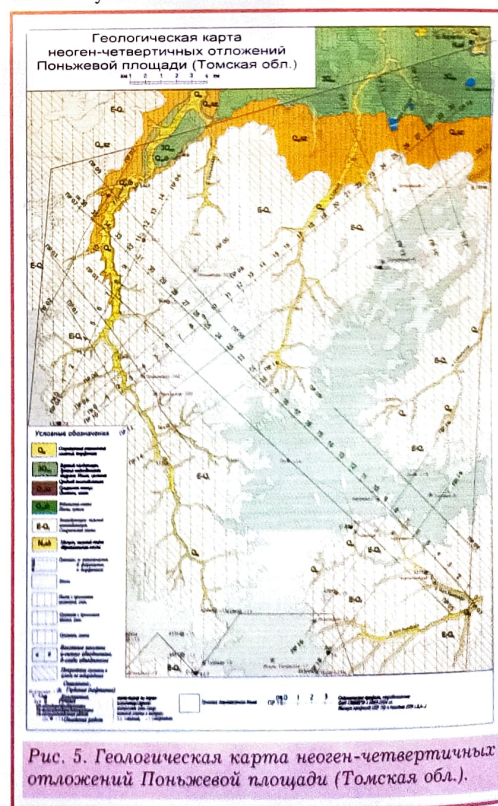


Рис. 5. Геологическая карта неоген-четвертичных отложений Поньжевой площади (Томская обл.).

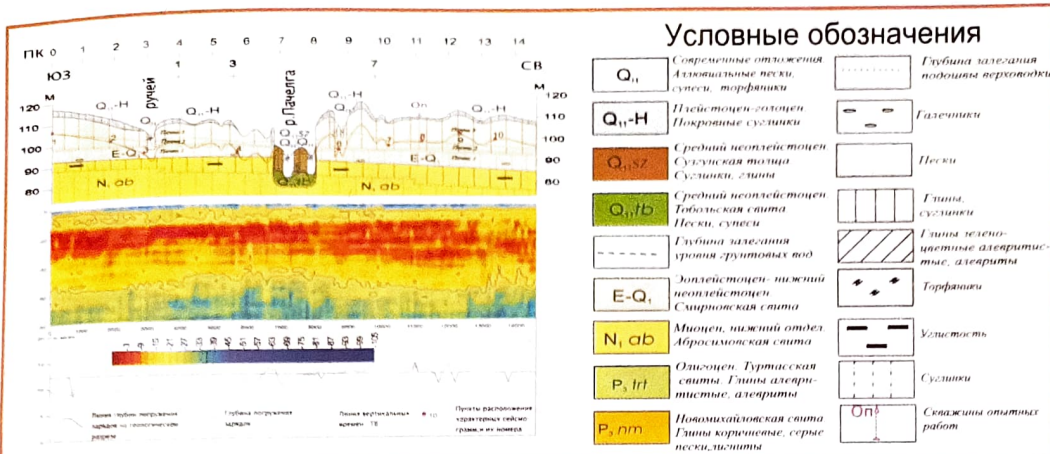


Рис. 6. Совмещенный график геологического разреза, спектров и T_g по профилю 4 Поньжевой площади.

2.1. На территории Поньжевой, Тальянской и Айсазской площадей (Картинка 3) увеличение глубины погружения заряда в глинистых породах смирновского уровня (описаны в разделе 1), как и на других участках южнее широтного течения р. Васюган (Картинка 9), способствует нормальному возрастанию энергии волн, расширению их спектра, улучшению отношения сигнал/помеха на сейсмической записи. Оптимальный интервал глубин скважин начинается: на лесных участках от 12 до 15 м, на участках перехода от леса к болотам и на болотах - от 15 до 18 м.

2.2. На Парбигской площади, поверхность которой имеет абсцисс, в пределах 110 - 145 м, геологическое строение отложений смирновской толщи несколько отличается от представленных выше площадей (рис. 3-4). Смирновская достигает мощность 25-40 м и условно разбивается на три пачки А, Б и В.

Пачка А (соответствие пачки 1) мощностью 3-8 м сложена буровато-серыми различной зернистости песками (с прослойками песчаных глин и суглинков) водоносного горизонта, объемный вес которых составляет $1,45 \text{ г/см}^3$.

Пачка Б (соответствие пачки 2) мощностью 5-15 м сложена плотными, пластичными глинами и суглинками (плотность может доходить до комковатого состояния), объемный вес которых достигает $1,85 \text{ г/см}^3$.

Пачка В (соответствие пачки 3) сложена иловатыми суглинками (от легких до тяжелых) с объемным весом не выше $1,74 \text{ г/см}^3$, мощность которой колеблется от 10 до 20 м. Она условно разделяется на две толщи: нижняя - более плотная, а верхняя - менее плотная, находящаяся в зоне аэрации, глубина которой достигает 13 м и более.

На основании опытных работ даже в условиях

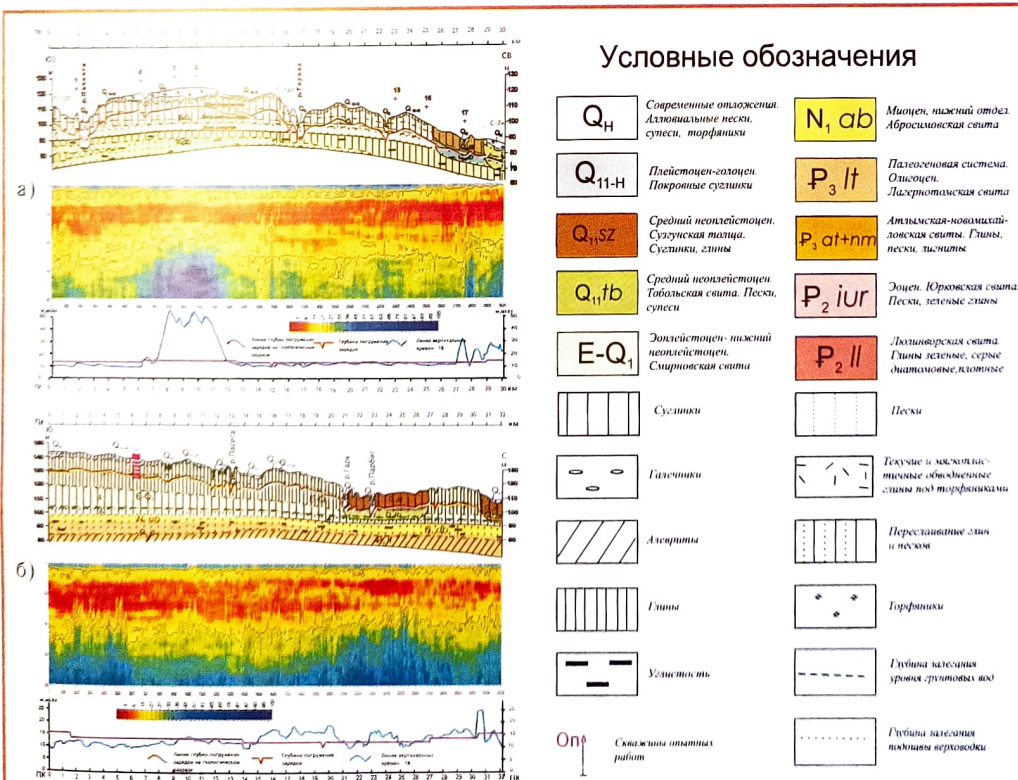


Рис. 7. Совмещенный график геологического разреза, спектров и T_g а) по профилю 10 Поньжевой площади; б) по профилю 11 Парбигской площади.



деса глубина скважин должна быть не менее 13,5 м, а на переходных и болотистых участках глубины - от 16 до 21 м (Картинка 10), но бурение на таких глубинах осложнено из-за плотных глин и суглинков.

3. С целью поиска корреляционных связей между геофизическими и ландшафтно-геоморфологическими критериями (признаками) по профилям 4, 7, 10 Поньжевой и профилю 11 Парбикской площадей (ПР 7 не рассматривается из-за ограничений объема статьи) проведены вычисления частотных спектров сейсмограмм (Картинка 11). Затем спектры были совмещены на едином графике с геологическим разрезом, с данными вертикального времени (Тв - синяя линия) и значений глубин взрывов (Н - красная линия).

На представленных графиках спектры рассчитаны по суммотрассам в окне 500-1500 мс сумм ОПВ с введенными статическими и кинематическими поправками.

3.1. Для характеристики качества по ПР 4 (Картинка 13) приведены характерные сейсмограммы в 10 точках профиля.

На участках ПВ 00-2500 и 9700-12200 наблюдается расширение спектров до 60 Гц (уровня сигнала 0-21 дБ), высокий уровень энергии сосредоточен на частотах 15-40 Гц, качество сейсмограмм хорошее, наблюдения отработаны из глин, суглинков смирновского уровня.

На участке ПВ 2500-9500 высокий максимум энергии сосредоточен в пределах 15-30 Гц, качество сейсмограмм оценено как хорошее, но спектр сужается до 45 Гц, наблюдения отработаны из обводненных пород смирновских и сузгунских отложений.

На участке ПВ 12500-14600 спектр до 50 Гц, на сейсмограммах максимум невысокой энергии - на 30-35 Гц, наблюдения отработаны из неоптимальных условий пачки 3 смирновских отложений - в зоне аэрации пород, т.е. ЗМС.

3.2. На участках профиля 10 - ПВ 00-5000 и 12000-27500 спектр расширяется до 50-55 Гц, высокая энергия на частотах 15-40 Гц, наблюдения отработаны в оптимальных условиях пород пачек 2,3 смирновского уровня (Картинка 14).

На участках ПВ 5000-12000 и 29000-32000, на болоте, спектр сужается до 35 Гц, максимум высокой энергии - на частотах 15-35 Гц, наблюдения отработаны в условиях недостаточных глубин мягко пластичных пород пачки 3 смирновского (на границе зоны аэрации) и обводненных песков тобольской свиты и третьей надпойменной террасы.

3.3. На участках профиля 11 Парбикской площади (Рис. 45) - ПВ 1600-5500, 20700-27000, 30500-32200 спектр сужается до 35-40 Гц, максимум энергии находится на частотах 13-35 Гц, наблюдения отработаны на границе зоны аэрации или из обводненных песков тобольской свиты.

На участках ПВ 00-1500, 5500-19500, 27000-30500 спектр расширяется до 40-50 Гц, повышенная энергия распределена на частотах 13-45 Гц, наблюдения отработаны в нижней части пачки В, вне зоны аэрации.

Выводы

1. Сейсморазведочные организации, имеющие большой опыт работ на территории Томской области, в основном, умело используют ландшафтные и литологические критерии (особенности, признаки) для определения оптимальной глубины скважин - изменения рельефа, литологию и плотность пород,

распространение лесов, болот (присутствие растительности на болоте), переходных зон между лесом и болотом. Но, учитывая свои технико-экономические возможности, они используют минимальную глубину оптимального интервала и применяют повышенный заряд (0,5 кг и более), из-за чего получают первичную информацию невысокого качества.

2. Отсутствие у подрядчика данных о геологическом строении приповерхностной части ВЧР ограничивает определение оптимальной глубины во время предварительной зарядки и получение сейсмических наблюдений с расширенным частотным спектром.

3. В условиях обводненных пород, особенно в мягкопластичных и текучих средах, происходит сужение частотного спектра и смещение максимума высокой энергии полезных сейсмических волн в сторону низких частот.

4. В водоносных горизонтах более высокочастотный спектр образуется в плотных мелкозернистых песках.

5. На участках распространения озер и открытых болот текучие и мягкопластичные породы могут достигать 15-ти метровой глубины.

Рекомендации

1. На исследуемой территории Томской области (при сложившемся подходе к определению оптимальной глубины в сейсморазведочных организациях) необходимо увеличить глубину погружения зарядов не менее, чем на три метра, что приведет к заметному повышению качества полевого материала, снижению риска получения некачественной информации и затрат на переработку наблюдений.

2. В условиях озер и болот в отложениях смирновской толщи необходимо на оптимальной глубине использовать величину заряда в два раза меньше (по отношению к смежным участкам). Это приведет к расширению частотного спектра, снижению уровня поверхностных волн и расширению (выравниванию) спектров по профилю.

3. При альтернативе выбора условий взрыва в водоносном горизонте и в глинах, необходимо погружать заряд в глину, даже если придется бурить скважину на несколько метров глубже.

4. Необходимо следить за погружением заряда в скважину на глубину в пределах 3 м под подошву водоносного горизонта (или пльвуна).

5. На аномальных протяженных участках сужения спектров сейсмической записи, которое явно происходит из-за условий возбуждения, камеральные подразделения должны применять до суммирования необходимые процедуры обработки для приведения частотных спектров в нормальный вид по профилю (по площади).

6. Предприятия, проводящие сейсмические исследования в Томской области, должны обеспечивать свои полевые подразделения информацией о геологическом строении неоген-четвертичных отложений приповерхностной части ВЧР.

Для этой цели необходимо:

- приобрести ее в научно-исследовательских и производственных организациях, проводивших геологические инженерно-изыскательские работы;

- освоить дистанционный электрокаротаж скважин (точечные зондирования по профилю) для изучения геологического разреза приповерхностной части ВЧР до проведения буровзрывных работ.