

От прогнозирования оптимальной глубины заложения заряда при взрывной сейсморазведке МОГТ 3Д к конструированию взрывного источника (записки супервайзера)

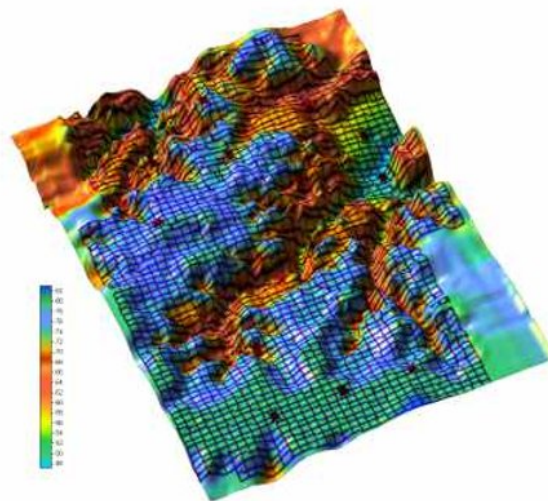
■ Цыпышев Н.Н., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва

Геофизику Тарасовой Ю.П., с благодарностью за поддержку

Не так давно случилось мне участвовать в не совсем обычных полевых сейсморазведочных работах МОГТ 3Д на территории Западной Сибири. Особенность их, и даже уникальность на то время, заключалась в комплексировании ряда сейсмо- и электроразведочных методов с целью предварительного определения на каждом пункте возбуждения (ПВ) оптимальной глубины погружения заряда ВМ. При этом предполагалось в процессе опытных исследований разработать, а затем в производственном режиме применить полевую методику, позволяющую осуществить «вековую мечту» сейсморазведчиков. Следует заметить, что в сформированном волею случая сообществе геофизиков никто ранее не участвовал в комплексных полевых работах с подобной целью.

В геоморфологическом отношении район работ представлял равнину в зоне тайги с абсолютными отметками от 80м на юге до 70м на севере исследуемой площади. При этом собственно равнинные участки занимали значительно меньшую ее часть, а большую - участки с резкопересеченным рельефом, обусловленным развитой речной сетью, с абсолютными отметками в долинах рек до 50м (рис.1). Перепад высот на этих участках достигал 5-7 метров и более на 100м по горизонтали.

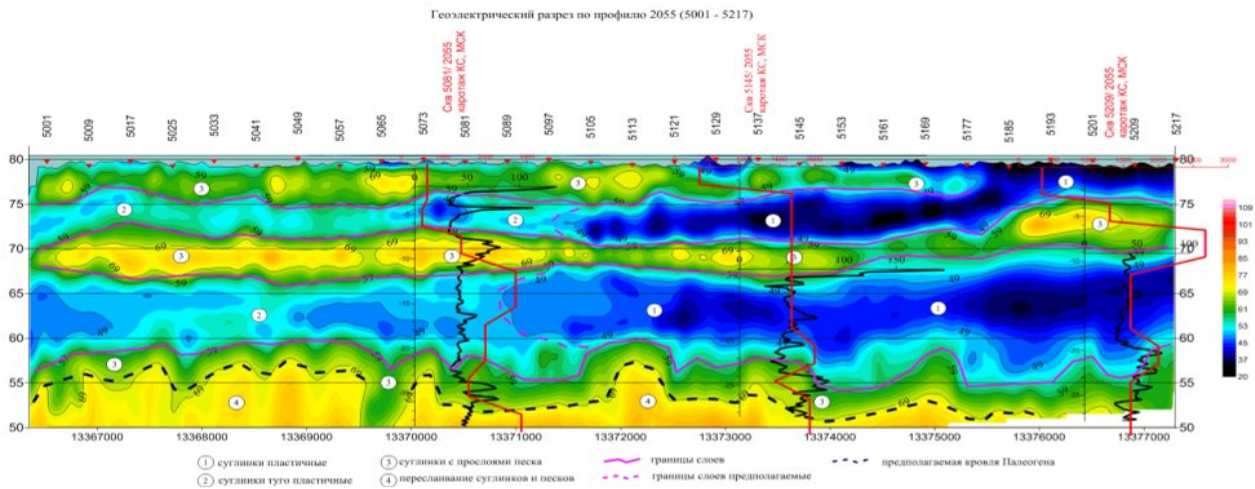
Комплексные опытные работы «Проектом...» стандартно (и недальновидно) были предусмотрены только на одном, самом южном участке, который логично был приближен к началу производственных работ и располагался на равнине.



▲ Рис. 1. Изометрическая карта рельефа площади работ. Звездочки – пункты КС-МСК.

Здесь на приемной линии 2055 на трех ПВ - на болоте (ПВ 5081- низкорослый сосновый лес), в лесу около ручья (ПВ 5145), в лесу (ПВ 5209) были выполнены МСК, электрокаротаж (КС) и осуществлен традиционный перебор глубин заложения и веса заряда. А на отрезке приемного профиля, соединяющего эти три пикета, проведено зондирование становлением электромагнитного поля (ЗС), реализованное в варианте непрерывного электромагнитного сканирования разреза (ЭМС) [1, 2]. Итогом ЭМС явился геоэлектрический разрез (рис.2).

В «Проекте...» понятие «оптимальная глубина заложения заряда» точно не было определено, поэтому использовалось такое его понимание: это несколько большая минимальной глубина, при взрыве на которой минимального (единичного) заряда регистрируется сейсмическая запись с необходимыми и доста-



▲ Рис. 2. Геозлектрический разрез по профилю 2055. Здесь и далее обработка с инверсией. Кривая КС - черный цвет. График МСК - красный цвет.

точными величинами характеристик целевых отражений (амплитуда, частота).

Опираясь, в основном, на результаты опытных работ и с учетом практического опыта специалистов, в качестве оптимальных для этого равнинного участка были определены глубины H его заложения: в лесу 15м, на болотах и лесных заболоченных участках 16.5м. Вес Q (единичного) заряда ВВ ЗС-40 равен 0.32кг. Источник с такими параметрами обеспечивал получение сейсмических записей с амплитудой колебаний в «окне сигнала» 100-120мкВ и преобладающей (доминантной) частотой 18-21Гц. Для страховки «Техническим заданием на регистрацию» («ТЗ»), утвержденным Заказчиком, минимальные допустимые характеристики сейсмической записи были установлены весьма щадящие: 60мкВ по амплитуде и 15Гц по частоте.

При анализе данных КС и геозлектрического разреза по опытному профилю было установлено, что на всех пикетах опытных работ заряд на оптимальной глубине заложения располагался ниже УГВ (уровня грунтовых вод): в лесу на 3-5м, на болоте на 11м. и, судя по легенде, в различных суглинках (обводненных!!!) с

сопротивлением 20-60 Ом*м. По данным электроразведчиков, такое низкое омическое сопротивление указывает на повышенную пластичность глинистых пород.

Таким образом, оптимальные условия заложения заряда находились, помимо всего прочего, в интервале естественного оплывания стенок скважин, интенсивность которого зависит, разумеется, от степени обводненности и пластичности пород.

В этом плане был показателен следующий случай. Контролируя бурение и зарядку скважин для опытных работ, на пикете на болоте буровую бригаду я застал висящей на шесте – они с очевидной бесполезностью пытались погрузить заряд еще на полтора метра глубже. Учитывая наличие такого фактора, я уведомил сначала руководителей БВР, а затем на производственном совещании и коллективы буро-взрывных бригад, что указываемая в задании на бурение глубина есть глубина заложения заряда, а не глубина скважины. Сколько нужно бурить, чтобы выполнить задание на конкретном пикете, решать на месте самой бригаде, исходя из своего опыта и конкретной ситуации.

Возвращаясь к оптимальным глубинам заложения заряда на опытном профиле, отмечу, что они соответствовали глубинам ниже подошвы ЗМС 11-13м в лесу и 6м на болоте. Таким образом, на данном равнинном участке площади оптимальная глубина заложения заряда находилась ниже обоих естественных уровней – УГВ и подошвы ЗМС.

Из опыта контроля сейсморазведочных работ с бурением в равнинных пустынных районах России и Казахстана мне было известно, что там четко работает правило определения оптимальной глубины заложения заряда «6-8м под ЗМС». При этом, по моим наблюдениям, подошве ЗМС с точностью 1-2м соответствовал уровень воды в близлежащем колодце.

Естественным образом возникли обычные, уже давно задаваемые себе вопросы. А что в тайге? Для оптимального положения заряда тоже всегда необходимо выполнение этого условия - «ниже обоих уровней» или достаточно только ниже подошвы ЗМС, то есть является ли этот уровень определяющим? И в таком случае насколько ниже этого уровня надо погрузить заряд? Или все зависит от конкретной гидрогеологической ситуации (от глубины залегания УГВ)?

Но в этот начальный период полевых работ самым важным (и тревожным) для меня был методико-организационный вопрос - как при производственных работах уже не на равнине, где все более-менее ясно, а в условиях резких перепадов альтитуд при пересеченном рельефе - использовать только данные ЭМС, без сопоставления их с данными других методов и результатами опытных работ? Ведь в «Проекте...», кроме как на южном равнинном участке, нигде не было предусмотрено проведение ни МСК, ни КС, ни опытных работ. Оставалось надеяться,

что, как это часто бывает на практике, обращение супервайзера к ответственным должностным лицам Исполнителя поможет исправить недочеты проектирования.

К сожалению, этого не случилось. Под предлогом, что дополнительные опытные работы не запланированы, в них было отказано. Это была явная недальновидность геофизического руководства Исполнителя. Правда, взамен было разрешено выполнить МСК на нескольких пунктах сверх проектного количества (это было рекомендовано мною еще ранее, по итогам опытных работ). По собственной инициативе электроразведчики решили «за свой счет» сопроводить МСК наблюдениями КС.

Но вернемся к производственным работам. К началу буровых работ около трети объема профилей топографами было прорублено и разбит пикетаж, так что работы ЭМС могли производиться в полной мере. Однако, в этом возникло препятствие – недостаточная ширина (3-3.5м вместо 4-х) и низкое качество изготовления буровых профилей, рассчитанное на неприязнательность буровиков. Из-за частых проколов пневмокаркаса, на котором крепились генераторные рамки, и обусловленных этим больших затрат времени на его ремонт, производительность работ ЭМС оказалась явно недостаточной для опережающего бурение построения геоэлектрических разрезов. Это состояние, несмотря на предписания улучшить качество рубки профилей, стало хроническим, и лишь произведенная модернизация каркаса (уменьшение размеров рамок) позволила увеличить темпы работ. В итоге запланированная технология использования опережающих данных ЭМС была реализована лишь в конце сезона, да и то на северных отрезках всего двух профилей.

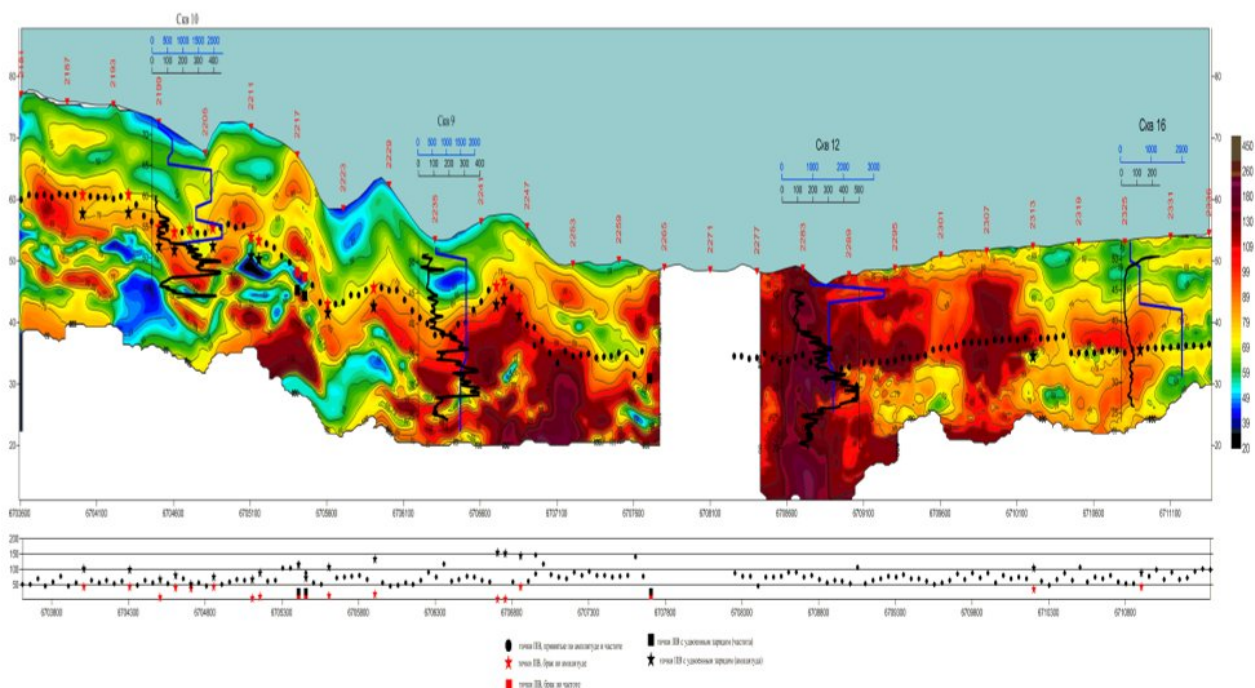
Собственно СРР МОГТ ЗД («отстрел») начались примерно через месяц после начала буровых работ. Результаты оказались поразительными. На равнине, где при опытных работах на глубине взрыва даже на 1.5м меньшей, чем предусмотрено «ТЗ», были получены приемлемые по качеству отражений сейсмические записи, фактический сейсмический материал имел широчайший разброс амплитуд в «окне сигнала»: от 7-10мкв до ожидаемых 100-120мкв. При этом слабых записей было 6-8 %. Естественно, брак классифицировался по причинам: «неполная детонация заряда», «недопогружение заряда на заданную глубину» и т.д. О причинах я сначала информировал руководителя БВР, но потом перестал это делать во избежание возможных и ненужных споров с исполнителями и стал указывать не причину, а признак брака: «слабая запись», «низкая частота».

В данном случае это оказалось правильным решением.

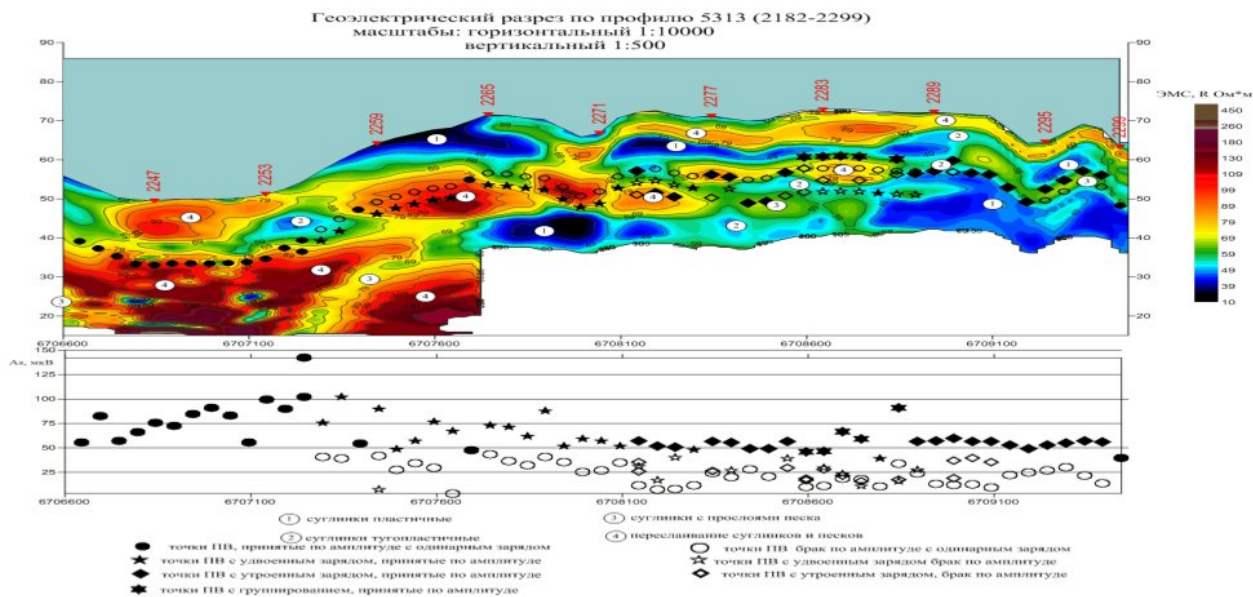
В заданиях на повторное бурение-зарядку указывались новые вес и глубина погружения заряда. По мере продвижения «отстрела» и бурения на север максимальные глубины заложения заряда были увеличены до 18м, а минимальная амплитуда в «окне сигнала» во второй редакции «ТЗ», из-за увеличившегося количества слабых записей в новых условиях, была снижена до 50мкв.

В качестве ремарки: на равнине максимальное количество бурений-зарядок на одном пикете составляло три. Чаще всего это случалось на заболоченных лесных участках из-за ошибочного их отнесения буровиками к типично лесным.

Тем временем от электроразведчиков стали поступать геоэлектрические разрезы на уже отработанные сейсморазведкой участки буровых профилей, что позволило ретроспективно оценивать удачность выбора глубины заложения заряда. Но по настоящему эффективным такой анализ явился лишь для тех учас-



▲ Рис.3. Геоэлектрический разрез ЭМС по ЛПВ 5281 (ПВ 2181 (слева)-юг –ПВ 2336 (справа)-север) в сопоставлении с данными о параметрах взрывного источника. Кривая КС - черный цвет; График МСК - голубой цвет. Внизу шкала амплитуд (в мкв) в «окне сигнала»



▲ Рис. 4. Геоэлектрический разрез ЭМС по ЛПВ 5313 (фрагмент) в сопоставлении с данными о параметрах взрывного источника. Слева ПВ 2182 (юг), справа ПВ 2299 (север). Внизу шкала амплитуд (в мкв) в «окне сигнала»

тков профилей, где были выполнены те самые дополнительные наблюдения КС и МСК, о которых выше шла речь, то есть там, где были известны интегральные характеристики разреза – положения УГВ и подошвы ЗМС.

В качестве примера на рис. 3 приводится геоэлектрический разрез по одному из таких участков. Сразу отметим положение УГВ. Слева, на возвышенном участке профиля, это примерно 14м ниже дневной поверхности, здесь заряды размещены на первые метры глубже этого уровня. В низине положение УГВ на глубине примерно 3-4м, заряды погружены на 12-15м ниже этого уровня.

Все заряды находятся на 8-12м ниже подошвы ЗМС. Брак минимален и является «техническим», то есть обусловлен ошибками бурения-зарядки, а не гидрогеологическими условиями. На возвышенности амплитуда записи в «окне сигнала» от взрыва одиночного заряда несколько больше 50мкв, а в низине находится в диапазоне 50-100мкв, даже при заложении зарядов в тугопластичные опесчаные суглинки с сопротивлением 110-250

Ом*м и более. Но объективности ради надо отметить, что записей с амплитудами чуть больше 50 мкв слишком много – это свидетельствует о рискованности применения здесь одиночного заряда. Безопаснее было бы увеличить заряд вдвое.

Также уверен, что общее увеличение амплитуды сигнала в низине обусловлено значительно лучшей естественной укупоркой зарядов («заплыванием») из-за их относительного положения на большей глубине под УГВ, чем на возвышенном участке.

Здесь, кстати, я напомним о забутке заряда, которую производит взрывник. По моим наблюдениям за этим процессом, его эффективность проблематична. Шлам, отправляемый в скважину, застревает где-то в стволе, его нужно проталкивать шестом, а на добротную укупорку у взрывника нет времени – бригада уже бурит на другом пикете. Со временем шлам может свалиться на заряд, а может и нет. Тщательно закупоривается только горловина скважины, чтобы нельзя было вытащить заряд. И если нет вышеупомянутой естественной укупорки, то взрыв

даже увеличенной массы ВВ с большой вероятностью будет недостаточно эффективен. В итоге на участках возвышенного рельефа (в сухом разрезе) по этой причине, а также из-за технического брака количество бурений-зарядок на одном пикете достигало четырех (рис. 5, например).

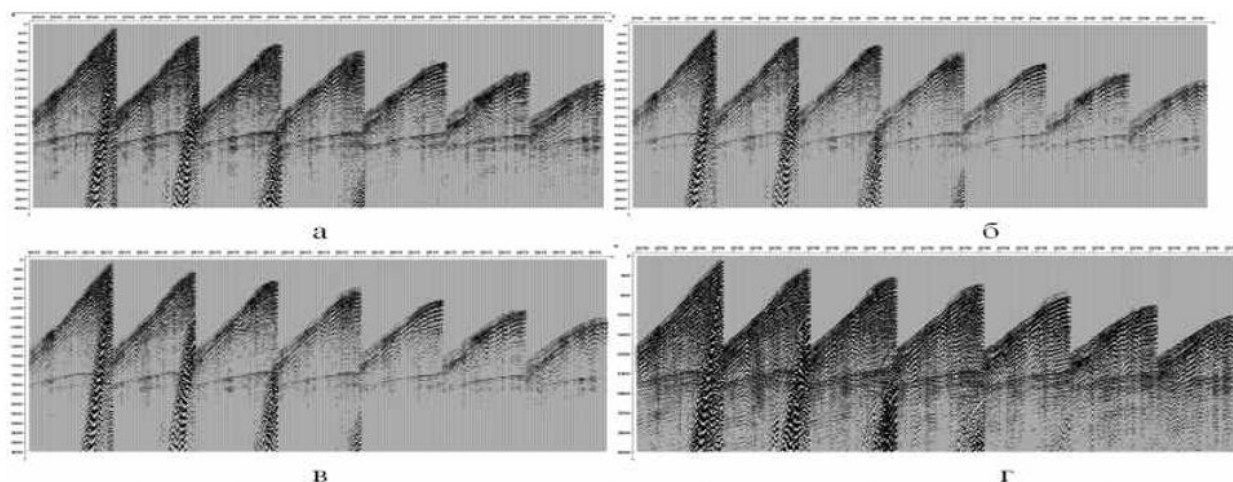
А участок профиля 5313 (рис.4), секций возвышенность в излучине реки Кооньях на северо-востоке площади, стал по сути местом масштабных опытных работ из-за своей геоморфологической эксклюзивности. Здесь, к большому сожалению, исследования КС-МСК не были проведены.

Судя по легенде на разрезе, здесь на стандартной глубине погружения 15-16.5м заряды находились в низкоомных пластичных, но, полагаю, обезвоженных породах. Лишь на глубине 21м суглинки были уже чуть влажными. Это я могу подтвердить собственным наблюдением повторных бурений на тех ПВ, где ранее были забракованы записи с малой амплитудой сигнала. Так что с большой уверен-

ностью можно говорить об уровне УГВ на этой возвышенности на глубине 18-20м. Поэтому естественно, что сейсмические записи от взрывов одинарных зарядов, расположенных выше УГВ (в «сухих» скважинах), ввиду отсутствия естественной укупорки, были слабыми. Попытки увеличить амплитуду записи в «окне сигнала» увеличением веса заряда в одной скважине вдвое и даже втрое не везде привели к успеху из-за неполной детонации суммарного заряда - срабатывал только боевик (см. таблицу рис.5).

В этой ситуации при последней (четвертой) попытке выполнить физнаблюдение только и оставалось - увеличить энергию взрыва путем увеличения количества заряженных скважин. Чтобы объемы бурения на пикете не были чрезмерными, можно было, в частности, в три скважины зарядить по два патрона. Но, учитывая уже имеющийся отрицательный опыт применения составных зарядов на данном участке, мною было задано бурение на пяти пикетах по пять скважин глубиной 12м с интервалом

▼ Рис. 5. Характеристики физнаблюдений. ПР5313, ПК 2287.



Номер файла	Кол. скв.	Глуб. заряда, м	Вес заряда, кг	Тв., мс	Отношение Ас/Амкс	Ампл. Ас, мкв	Част. сигн., Гц	Прим.
а-2204	1	15	0.32	21.8	46.86	33.71	20.5	брак
б-2542	1	21	$0.32 \times 2 = 0.64$	24.0	12.86	15.57	19.5	брак
в-2673	1	16.5	$0.32 \times 3 = 0.96$	25.4	9.95	17.01	19.1	брак
г-3278	5	12	$0.32 \times 5 = 1.6$	19.4	111.57	90.98	18.3	принят

между ними 2м и с зарядкой каждой единичным зарядом. Во-первых, так было надежнее – обязательно взорвутся все пять зарядов, так как они одинарные (являются «боевиками»), а проводимость боевой магистрали всегда проверяется взрывником. И если бы в какой-либо скважине проводимости магистрали не было, то обязательно был бы выполнен «досыл» заряда, либо была бы пробурена и заряжена новая скважина. И, во-вторых, по моим прикидкам, в этом случае амплитуда в «окне сигнала» должна была быть достаточной - 50-60мкВ, частота - 16-18 Гц. Предполагалось, что на частоту отражений окажут влияние два противоположно действующих фактора: уменьшение глубины заложения зарядов (некоторое увеличение частоты при этом) и группирование зарядов (в несколько большей степени уменьшение частоты из-за этого).

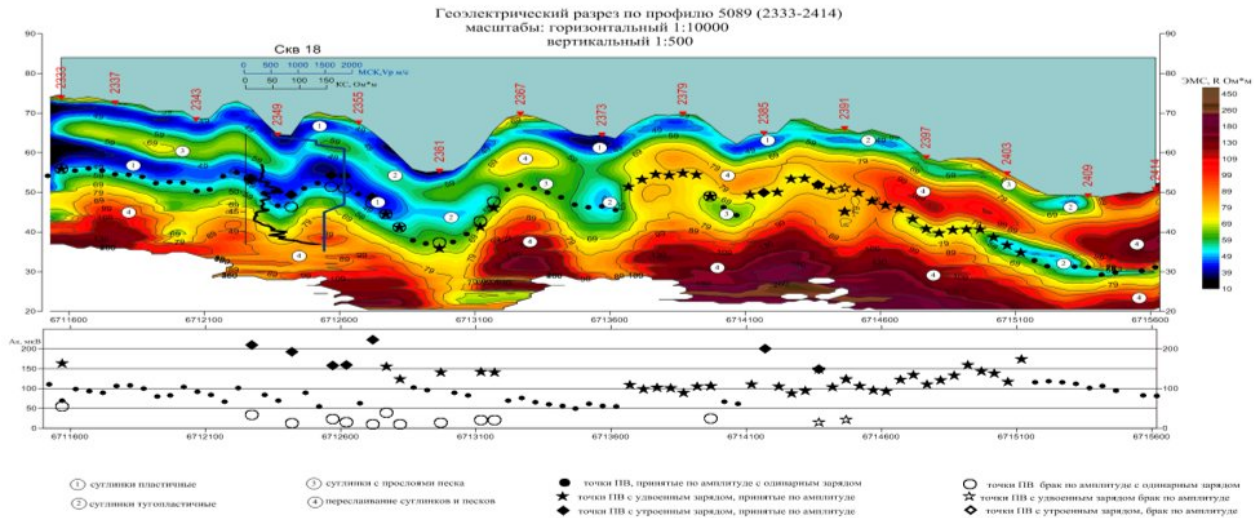
Фактически оказалось 45-90мкВ, 17-18 Гц.

Эти рассуждения, кроме информативной, преследуют еще одну цель – показать, что при планировании параметров (конструировании) взрывного источника всегда следует учитывать условия производства и так называемый «человеческий» фактор. Это нужно для того, чтобы «брак возбуждения» отсутствовал, в крайнем случае был бы минимальным, чтобы планомерно осуществлять съем и перекладку полевого оборудования. Как можно понять из демонстрируемых рисунков, при данных работах это было не совсем так. А если точнее, то на 600 с лишним забракованных ПВ из общего проектного количества примерно 15 тысяч (брак более 4 %) пришлось более 1600 забракованных физнаблюдений. Из них порядка 1200 ф.н. – технический брак.

К завершению сезона, когда исследования ЭМС, наконец-то, опередили бурение, появилась возможность опыт, полученный в результате поиска и анализа причин многочисленного брака,

применить в конструировании взрывных источников на двух отрезках буровых профилей на северо-западе площади. Ниже на рис. 6 приводится геоэлектрический разрез по одному из них с информацией о параметрах взрывных источников. На юге отрезка профиля 5089 на глубине 18м (3-5м под УГВ, 7-10м под ЗМС) в пластичных суглинках были размещены одинарные заряды. Здесь зарегистрированы амплитуды в «окне сигнала» 50-100мкВ. Имеющийся брак имеет явно технический характер, поскольку на одних и тех же глубинах при увеличении заряда на пикетах брака в два и три раза амплитуды в «окне сигнала» повторных записей непропорционально (в 3-4 и более раз) больше, чем были зарегистрированы на первичных записях. На возвышенности в центре участка на глубине 16.5м в суглинках с увеличенным сопротивлением, залегающих предположительно на уровне УГВ, размещены заряды удвоенного веса. Амплитуды устойчиво порядка 100мкВ, а при увеличении глубины заложения зарядов до 18м даже и больше. Из анализа ситуации постфактум следует, что если бы заряды на этой глубине были бы одинарными, то амплитуды были бы меньше 50 мкВ, то есть был бы поваль-ный брак физнаблюдений. Имеющийся брак технический. На самом севере в прослое пластичных суглинков, ниже обоих уровней, были размещены одинарные заряды. Амплитуды при этом порядка 100мкВ, брака нет.

Таким образом, эксперимент оказался вполне удачным. Это позволяет в качестве рекомендации изложить некоторые сложившиеся у автора представления о правилах конструирования взрывного источника, при взрыве заряда которого регистрируется сейсмическая запись с необходимыми и достаточными характеристиками целевых отражений (амплитуда, частота).



▲ Рис.6. Пример геоэлектрического разреза ЭМС по ЛПВ 5089 (фрагмент) в сопоставлении с данными о параметрах взрывного источника. Слева ПВ 2182 (юг), справа ПВ 2299 (север). Внизу шкала амплитуд (в мкв) в «окне сигнала».

Заряд должен размещаться ниже подошвы ЗМС, вероятно, не менее чем на 5-6м.

Если при этом предполагаемый уровень заложения заряда находится выше УГВ или даже чуть ниже его, то есть в сухих или практически сухих породах (обычно это бывает на возвышенностях), то необходимо принятие решения: применить заряд увеличенного веса на этой глубине или бурить глубже и заложить заряд ниже УГВ.

В первом случае степень увеличения веса заряда зависит от пластичности вмещающих пород: для тугопластичных она выше (конкретная зависимость определяется опытными работами). При этом следует учесть, что зимой забутовка зарядов будет менее эффективной. Из-за этого надежнее, может быть, разместить увеличенный заряд в виде единичных зарядов в нескольких скважинах, не забывая при этом, что тогда частотная характеристика записи будет ниже (пример – рис.5), а амплитуда записи в окне сигнала будет определяться по эмпирической формуле $(0.7 - 0.9) A_{ед}n$, где $A_{ед}$ - амплитуда в окне сигнала при взрыве единичного заряда, n - количество единичных зарядов.

В случае, если предполагаемый уровень заложения заряда находится ниже УГВ на 5-6 и более метров, то в пластичных породах в скважине достаточно разместить одинарный заряд, в тугопластичных породах – на всякий случай лучше удвоенный.

Как видим, схема конструирования эффективного взрывного источника довольно проста, нужно всего лишь заранее знать пространственное положение двух границ – УГВ и подошвы ЗМС, да степень пластичности пород ВЧР (по результатам заранее проведенных работ, соответственно - КС, МСК, ЭМС). А затем опытными сейсмическими работами в характерных геоморфологических условиях изучаемой площади (на практике в таких местах заранее размещаются исследования КС и МСК) определить свой выбор параметров источника. А профильные исследования ЭМС (наземные или аэро) позволят, кроме того, интерполировать по площади эти параметры.

С целью развития методологии выбора оптимальных условий возбуждения сейсмических колебаний взрывным способом специалисты ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль» предложили включить в список применяемых методик геоморфо-

логические исследования. Чтобы оценить возможный вклад этих исследований в определение эффективных глубин заложения зарядов, для данной площади такие работы фирмой были заказаны и выполнены уже после сезона.

Ниже на рис. 7 приведены схема изобазит (а) и карта глубин залегания уровня грунтовых вод на площади работ (б). «Карта изобазит построена без использования данных о дневном рельефе, за основу взяты абсолютные урезы однопорядковых рек. Она в приближенном варианте отражает основной уровень грунтовых вод» (из отчета геоморфолога). Такая карта может быть построена даже на стадии проектирования. Для равнинного в целом рельефа она позволит обратить особое внимание на возвышенности на участках с пониженным уровнем базисной поверхности. На исследуемой площади таких участков на схеме два (рис. 7а).

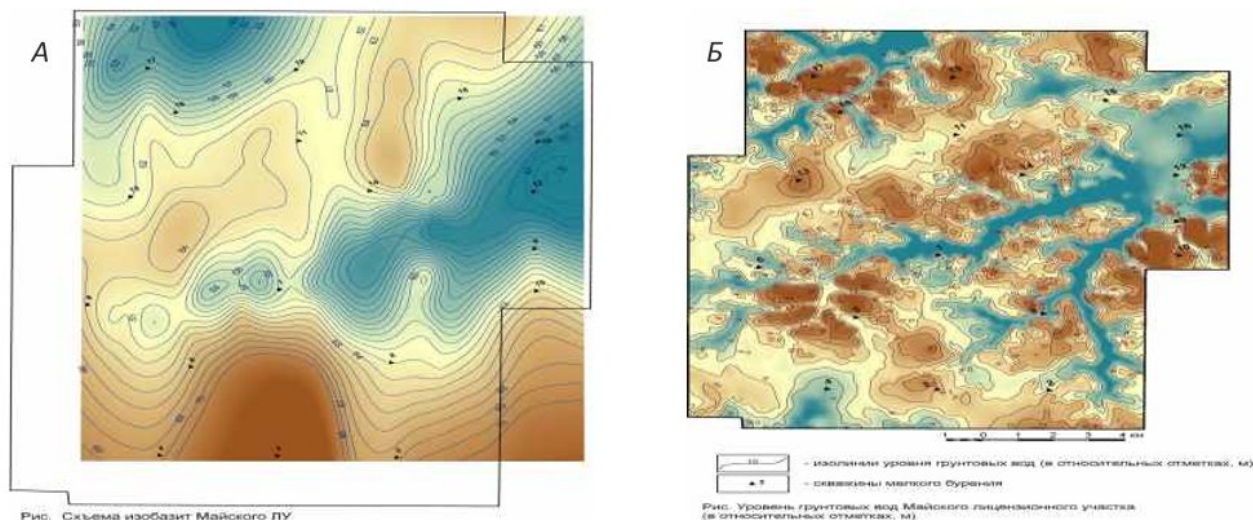
Карта глубин залегания уровня грунтовых вод составлена «с учетом цифрового варианта дневного рельефа, представляет собой усложненную и уточненную схему изобазит и контролировалась данными каротажа скважин. Как показала работа, расхождения между показателями каротажа скважин по уровню грунто-

вых вод и полученными абсолютными отметками изобаз разнятся в пределах 1-3м» (из отчета геоморфолога), то есть карта рис. 7б в пределах контура расположения пунктов КС-МСК достаточно точна. Такая карта в принципе может создаваться «нарастающим итогом» по мере рубки профилей и в таком же ритме быть востребована при теоретическом конструировании взрывных источников и последующем бурении.

Для контроля выводов геоморфолога мною были сопоставлены топокарта (здесь не приведена) и схема изобазит на двух вышеупомянутых участках. Оценочно максимальные глубины УГВ 16м на северо-западном участке (где расположен профиль 5089 – рис.6) и 23м на северо-восточном (где расположен профиль 5313 – рис.4). Положение профиля 5089 на картах рис.7 понятно из анализа расположения пунктов КС-МСК на картах и на разрезе, а рассматриваемый интервал профиля 5313 на картах рис.7 находится восточнее пункта 12, на самой границе площади.

В то же время на карте рис.7б глубины залегания УГВ следующие: на северо-западном участке те же 16м, а на северо-восточном – 14м. То есть по какой-то причине на этом участке в излучине реки имеет место резкое несовпадение пер-

▼ Рис. 7. Карты геоморфологических параметров площади работ. а - схема изобазит (м); б – карта глубин залегания грунтовых вод (м). Треугольники – пункты КС-МСК.



вичных и окончательных данных геоморфолога. Вот когда фактические данные КС на этом участке помогли бы установить истину! Основываясь на сложности обработки профиля 5313 в этом месте и на своих наблюдениях (см. выше текст с анализом рис.4), склонен считать, что в последнем случае глубина УГВ на карте минимум метров на 5 занижена.

В свете изложенных выше данных общая последовательность изучения ВЧР с целью определения оптимальных параметров взрывного источника возбуждения сейсмических колебаний в полной версии представляется следующей.

Первым делом следует в процессе камеральных работ построить схему изобазит, чтобы районировать изучаемую территорию по уровням базисной поверхности, и с учетом рельефа местности и поверхностных условий наметить пункты исследований КС-МСК и возможных опытных работ. Замечу, что стоимость этих необходимых геоморфологических построений по сравнению со стоимостью полевых СРР ЗД «копеечная», а их эффективность безусловна.

Учитывая необходимость равноточных измерений методиками КС и МСК, а также конкретную практику этих работ на данной площади с середины сезона, рекомендуется шаг регистрации данных МСК по глубине 1м (до глубины 18-22м), а шаг квантования при записи 0.125 или 0.25мск.

С началом топогеодезических работ, как уже говорилось выше, по мере поступления данных о рельефе, следует выполнять построения карт предполагаемых абсолютных и относительных глубин залегания УГВ.

С установлением устойчивого снежного покрова возможно начать наземный вариант исполнения исследований ЭМС (аэро-вариант можно выполнить и ранее, что в целом рациональнее). В этот же период можно начать и проведение исследований КС-МСК.

Анализ полученной информации позволит для каждого выбранного (из вероятных намеченных) пункта опытных работ уточнить программу исследований. При появлении возможности бурения взрывных скважин необходимо начать проведение опытных работ. Для ускорения начала этих работ и их удешевления рекомендуется использование переносной 24-х канальной сейсмостанции типа SGD-SL. От ПВ все 24 канала располагаются на удалении регистрации записи «в окне полезного сигнала» и, соответственно, «в окне микросейсм». При наличии двух синхронизированных сейсмостанций можно одновременно регистрировать и волновое поле около ПВ.

Далее, как водится, анализ результатов опытных работ, составление проекта «Технического задания на регистрацию», его утверждение Заказчиком. Затем весь сезон творческое и критичное рассмотрение всей совокупности получаемых данных разных методик с целью конструирования эффективных и практичных взрывных источников, адаптированных к меняющимся гидро-сейсмогеологическим условиям. При необходимости - проведение дополнительных опытных работ, благо есть переносная регистрирующая аппаратура.

Литература

1. Цыпышев Н.Н., Тригубович Г.М., Тарасова Ю.П. и др. Прогнозирование оптимальных условий размещения заряда при сейсморазведочных работах в Западной Сибири с использованием электромагнитного сканирования во временной области // Приборы и системы разведочной геофизики. 2014. № 4. С. 70-83.

2. Чернышев А.В., Чернов С.А., Тригубович Г.М. и др. Прогнозирование оптимальных условий взрывного возбуждения сигнала при сейсморазведочных работах с помощью мобильной электроразведки методом электромагнитного сканирования // Приборы и системы разведочной геофизики. 2009. № 1. С. 38-43.