

Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в РОСНЕДРА

Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А., Бубнов В.П., Навроцкий А.О., Галуев В.И., Горелов А.Г., г. Москва

Назначение супервайзинга — снижение рисков при проведении работ с целью поисков и разведки месторождений нефти и газа.

Процесс нефтегазописковых работ — длительный, затратный и рискованный. Положительный результат достигается далеко не всегда. Даже в таком изученном районе, как Западная Сибирь, коэффициент успешности нефтегазописковых работ за период с 1976 — 2004 года снизился с 0,7 до 0,42, а в целом по России не превышает 0,25 — 0,3. В то же время неподтверждение объекта ГРП первыми скважинами сразу же увеличивает стоимость поисковых работ в 1,5 — 2,0 раза. Таким образом, решение задачи управления и наращивания ресурсов и запасов углеводородного сырья (УВ) теперь во многом будет зависеть от содержания и эффективности мероприятий по страховке рисков и сопровождению нефтегазописковых проектов. В их числе:

- установка и оценка приоритетов при выполнении работ на объекте;
- идентификация рисков, включая: «человеческий фактор»; возможность потери контроля за ходом работ на объекте; возникновение экстремальных погодных условий; ошибки измерений, обработки и интерпретации полученной информации;
- выбор способов и мероприятий управления рисками. То есть должна быть разработана и внедрена система управления рисками: меры контроля, мониторинг выполняемой работы, автоматизация хотя бы некоторых из элементов системы. При этом система управления рисками должна функционировать одновременно со всеми остальными видами деятельности и взаимодействовать с ними. Фактически речь идет о разработке и приме-

нении системы контроля качества создаваемой геологоразведочной (в нашем случае — геофизической) продукции и о привлечении фирм, специализирующихся на проведении работ подобного рода.

Такие фирмы не должны быть структурными подразделениями Заказчика. Эти фирмы должны выбираться по конкурсу, а их деятельность (права, обязанности и порядок взаимодействия) оговариваться двусторонними Договорами.

Основные задачи:

- контроль технологической дисциплины Исполнителя работ — соответствие техники и методики работ проектному заданию;
- оценка качества получаемой геолого-геофизической продукции.

Модель сопровождения геофизических работ.

В геофизике продукцией является информация — продукт взаимодействия объективных данных и субъективного использования методов ее обработки. Качество определяется степенью удовлетворения потребностей конкретного потребителя этой информации. Работа по обеспечению качества должна начинаться до получения информации, продолжаться в период ее создания и заканчиваться моментом утилизации в фондах и использования недропользователями.

Применяемый до сих пор способ «визуальной» оценки качества геофизической информации неоперативен и необъективен, а наблюдаемое увеличение объемов информации еще больше сокращает возможности использования средств визуального контроля.

Требования по качеству геофизических материалов рассеяны в некотором сравнительно небольшом количестве инструкций, составлен-



Рис. 1. Петля качества в соответствии со стандартами ИСО 9000-9004/1994.

СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
РАБОТЫ

ных более 20 лет назад, к тому же устаревших. Заказчики и поставщики геофизической продукции заполнили этот пробел, ориентируясь на свои, не синхронизированные друг с другом и государством, нормы и правила.

Поэтому система сопровождения геофизических работ на нефть и газ, принятая в Роснедра, опирается на рекомендации международного стандарта качества ISO 9000, введенного в действие Постановлением Госстандарта России от 15/08/2001 г. за № 332-ст, согласно которому любой производственный процесс можно разделить на этапы и представить их в виде так называемой «петли качества», что безусловно верно и применительно к геофизическим работам (Рис. 1).

Процесс получения и последующего преобразования геолого-геофизической информации на любом из этапов геофизических работ всегда проходит на фоне изменения (ослабления или роста) различного рода ошибок. При этом снижение погрешности измерений и издержек технологического порядка, достигнутое, например, за счет совершенствования аппаратно-технических средств и методики проведения полевых работ, само по себе не гарантирует от появления ошибок на этапах регистрации информации и т.д.

Концептуально система сопровождения геофизических работ на нефть и газ, принятая в Роснедра, создавалась для удовлетворения информационных потребностей конкретных пользователей:

- организаций, осуществляющих сопровождение (супервайзинг) геофизических работ;
- федеральных служб, ориентированных на приемку и архивацию исходных сейсмограмм и результатов обработки;
- комиссий, организуемых Федеральным агентством по недропользованию для приемки материалов полевых работ и результатов обработки полученной информации.

Данная система охватывает несколько этапов производства:

- этап подготовки проектных решений;
- этап проведения полевых работ и опережающей экспертной обработки первичной геофизической информации;
- этап обработки и машинной интерпретации геофизических данных на стационарных ВЦ.

Важнейшими элементами системы являются супервайзеры (представители Заказчика), сопровождающие или оценивающие все или некоторые из этапов через ряд ключевых точек «петли качества».

Справочно: Супервайзер (от английского supervisor) - административная должность, создаваемая Заказчиком для того, чтобы «наблюдать за...» и/или «руководить» процессом выполнения работ на его объектах. Свои действия Супервайзер реализует от имени Заказчика посредством выдачи предписаний и инструкций. При этом Супервайзер, как правило, не имеет права вмешиваться в административно-хозяйственную и распорядительную деятельность Исполнителя работ и не несет бюджетной ответственности по его обязательствам перед Заказчиком.

Сопровождение геофизических работ, в зависимости от особенностей объекта, осуществляется в режимах:

- постоянного присутствия супервайзера на объекте работ;
- присутствия супервайзера в периоды проведения наиболее ответственных методикотехнологических операций (опытные работы, замена аппаратуры и оборудования, измене-

ния методики работ, непреодолимых препятствий и др.); участия супервайзера в приемке результатов работ.

Учитываются также следующие возможные аспекты функционирования системы:

- оценка качества каждого очередного зарегистрированного физического наблюдения, чтобы была возможность принятия решения в случае необходимости его повторения;
- оценка качества совокупности наблюдений на этапах приемки геофизического материала;
- использование программно-технических средств автоматической оценки качества геофизических материалов.

Организация, выполняющая сопровождение, выбирается в результате открытого конкурса, объявляемого Роснедра с периодичностью 2,5 года, и финансируется за счет средств федерального бюджета в соответствии с Государственным контрактом.

Организация сопровождения. Начиная с 2006 г., все геофизические работы на нефть и газ на территории Российской Федерации и ее континентальном шельфе, выполняемые по Государственным контрактам Роснедра, сопровождаются ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем».

Система предназначена для сопровождения и оценки качества геофизических материалов на этапах подготовки проектных решений, проведения полевых работ, обработки и интерпретации получаемой информации, сформирована с учетом существующих документов нормативно-технического характера, отечественного и зарубежного опыта проведения такого рода работ, документов и программно-технических средств, разработанных в институте и субподрядных организациях, и базируется на нескольких принципах:

1. В центре внимания системы - интеллектуальный капитал, находящийся в распоряжении организации. Супервайзеров столько, сколько сотрудников. Каждому необходимо постоянно совершенствоваться. Курсы повышения квалификации предпочтительнее простого чтения книг по специальности, поскольку их окончание документально подтверждает уровень профессиональной подготовки Супервайзера.
2. Ошибки — неизбежный продукт производства. Любые предположения могут быть ошибочны. Ошибки необходимо выявлять на ранней стадии, не замалчивать, на них надо учиться, чтобы не повторять в будущем. Если что-то очень хорошо работает, значит оно устарело и необходимо искать в чем и где.
3. Стратегические параметры успеха — довольный Заказчик, воодушевленные Исполнители, мотивированные и обученные Супервайзеры.

В результате, система сопровождения геофизических работ на нефть и газ «ВНИИгеосистем» оказалась глубоко эшелонированной по уровням деятельности и видам работ (рис. 2). Она представлена головной группой, тремя лабораториями, пятью субподрядными организациями и специалистами, прошедшими подготовку в Учебном центре института.

Опыт сопровождения. Система оценки качества прошла самое широкое опробование на объектах Госзаказа. Фактически, начиная с 2006 года, с использованием этой системы сопровождают все объекты полевых сейсморазведочных работ Роснедра; с 2009 года - объекты электро-разведки, гравиразведки, аэромагниторазведки и обработки сейсмических материалов; с 2010 года - дополнительно ВСП (рис. 3). В 2008 — 2010

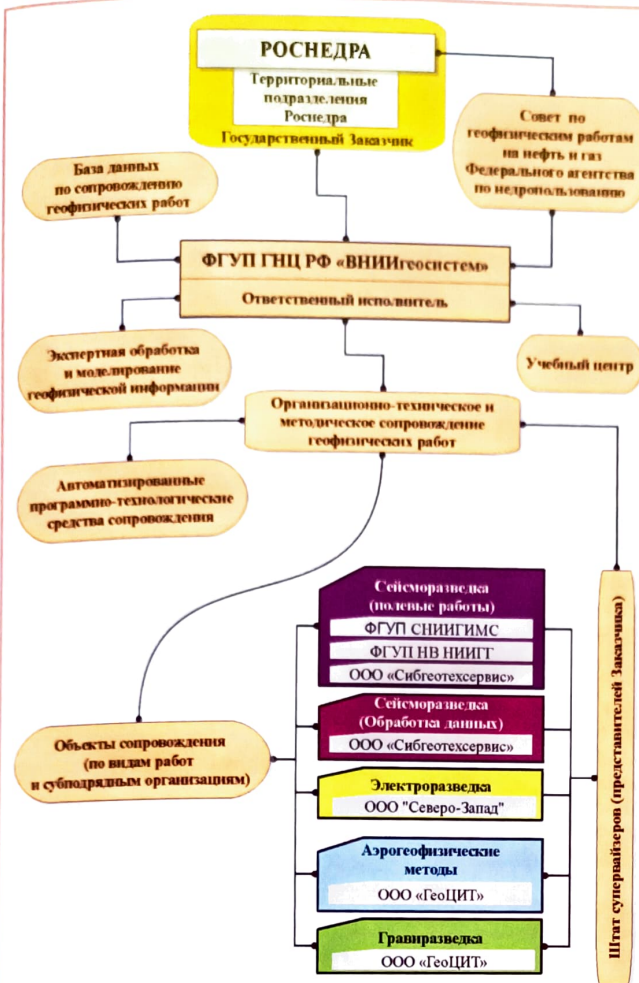


Рис. 2. Блок — схема организации методического и технологического сопровождения геофизических работ по государственным заказам Роснедра.

годах в работе ежегодно было задействовано 70 - 75 специалистов - супервайзеров.

Супервайзерскому сопровождению подлежали все стороны деятельности полевой партии (отряда), включая: наличие проектно-сметной и другой разрешительной документации на право ведения работ на объекте, аттестованных кадров, необходимой материально-технической базы; контроль объемов работ и качества получаемой информации; выявление случаев отклонения от проекта работ; составление рекомендаций, способствующих улучшению качества геофизических наблюдений; составление информационных и окончательного геологического отчетов о проделанной работе.

Средства автоматизированной оценки качества геофизических материалов. Работы по этому направлению предусматривали адаптацию известных и создание новых программных средств оценки качества геофизических материалов.

С учетом этого были сформулированы требования к содержательной части пометодных программно-технических комплексов:

- Комплексы должны функционировать на наиболее распространенной и доступной платформе - персональном компьютере, в частности ноутбуке, в среде Windows с расширенными объемами оперативной и твердой памяти;
- Архитектура комплексов должна обеспечивать интерактивный режим работы пользователя с воз-



СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ

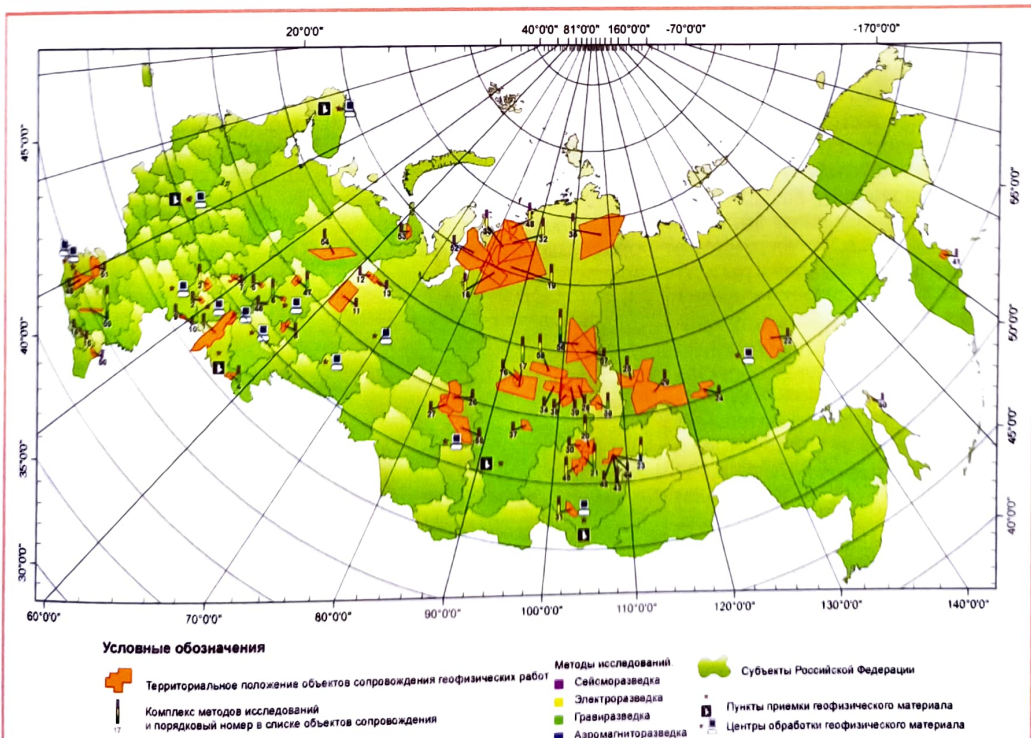


Рис. 3. Схема объектов сопровождения геофизических работ по Государственным контрактам Роснедра в 2008 - 2010гг.

возможностью отображения (просмотра) как отдельных геофизических записей, так и оценок характеристик качества, результатов их статистического анализа;

Работа комплексов должна поддерживаться специальным информационным обеспечением, предусматривающим ввод и хранение априорной информации по каждому из объектов (профилей, фрагментов профилей, площадей) работ, а также данных оценки качества и результатов их статистической обработки;

Состав характеристик и критерии качества, заложенные в процедурах программных комплексов, должны адаптироваться к физико-геологическим условиям объекта работ и требованиям геологического задания. При этом часть характеристик должна отображать качество физических записей как таковых (отсутствие сигнала, уровень шумов, наличие помехи т.п.), а другая часть - особенности записи, связанные с принятой методикой работ. Тогда неудовлетворительные оценки по характеристикам первого раздела указывали бы на необходимость повторной обработки физического наблюдения, а характеристики второго раздела могли бы свидетельствовать о необходимости коррекции системы наблюдений или методики работ в целом.

Применительно к сейсморазведке большая часть этих проблем решена ВНИИгеосистем средствами многоуровневой оценки качества полевых сейсмограмм и результатов их обработки с помощью программ «Quality Control» и «SeisCont».

Основные достоинства программы «Quality Control» - простота освоения, невысокие требования к вычислительным мощностям и квалификации пользователя, возможность потрассной оценки и отображения на экране качества полевых сейсмограмм (с элементами обработки) непосредственно в момент регистрации.

Более сложная (базовая) программа «SeisCont» дополнительно позволяет контролировать практически всю информацию (SPS — файлы, этикетки, вспомогательные каналы, рапорты оператора), сопровождающую регистрацию сейсмограмм; проследить первые вступления, устанавливать, в том числе с использованием гистограммного анализа, пороговые значения атрибутов сейсмической записи при выявлении некондиционных трасс; отображать на экране сейсмограммы совместно со значениями атрибутов и выделением цветом некондиционных трасс (рис. 4), представлять оценки качества любого количества трасс

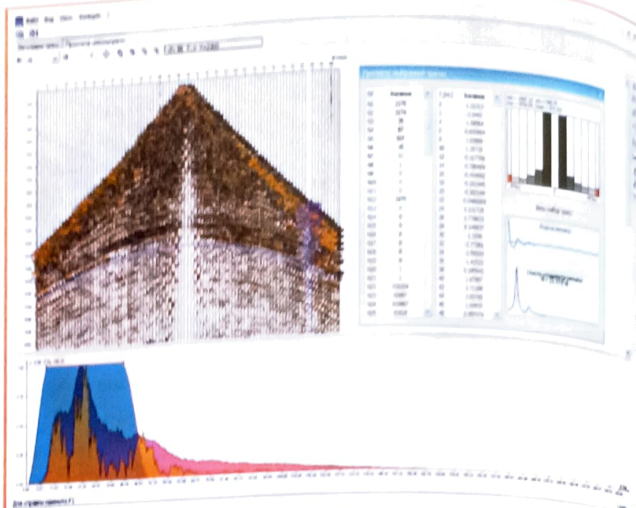


Рис. 4. Экспресс просмотр и анализ сейсмической записи.

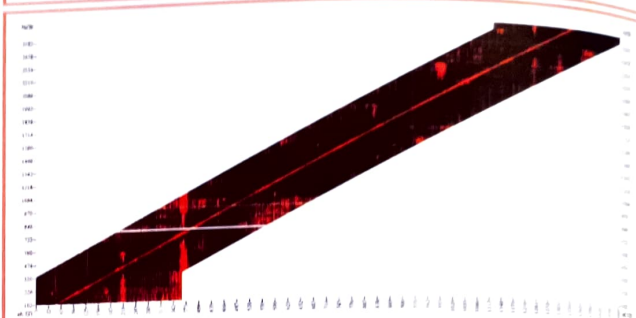


Рис. 5. Потрассная оценка качества отработки сейсмического профиля на плоскости ПВ (пункт возбуждения) – ПП (пункт приема).

в виде таблиц и на экране: на обобщенной плоскости и плоскости пункт возбуждения — пункт приема (рис 5).

Такая форма представления кондиционных и некондиционных трасс позволяет визуально оценивать результаты работ по всему профилю, классифицировать и определять причины снижения качества сейсмограмм, например, из-за плохого возбуждения (если забракованные трассы группируются в зоны, расположенные параллельно оси абсцисс), плохого приема (если забракованные трассы группируются в зоны, расположенные параллельно оси ординат), перегрузки каналов вблизи ПВ (зоны трасс с наклоном к оси

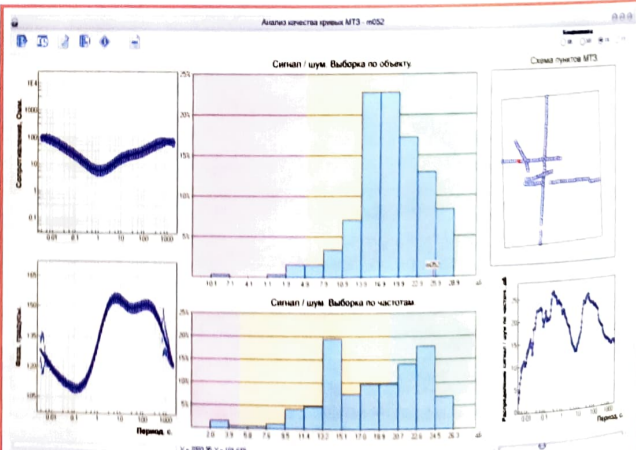


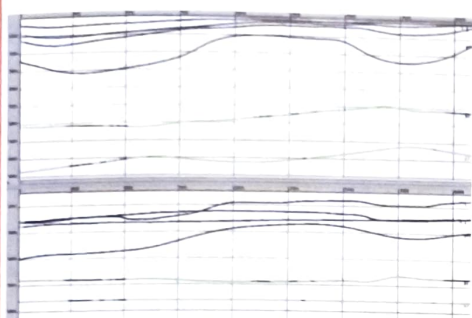
Рис. 6. Система автоматической оценки качества электроразведочных данных EMCONT. Модуль оценки МТЗ.



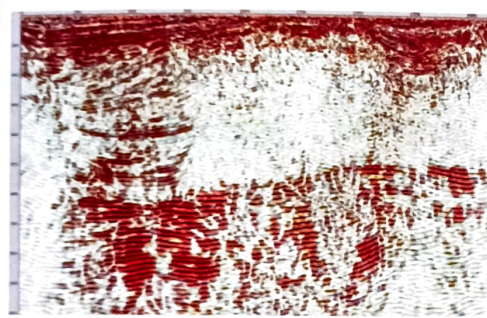
СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ РАБОТЫ



А - временной разрез



Б - скоростная модель



В - глубинный динамический разрез

Рис. 7. Экспертная обработка сейсмических материалов по профилю 308-04-06 А - временной разрез, Б - скоростная модель, В - глубинный динамический разрез.

абсцисс, для систем наблюдения центрального типа — внутри полосы точек приема), шумов на профиле (локальные округлые зоны из забракованных трасс), пропусков ПВ (зоны отсутствия трасс параллельно оси абсцисс) и др.

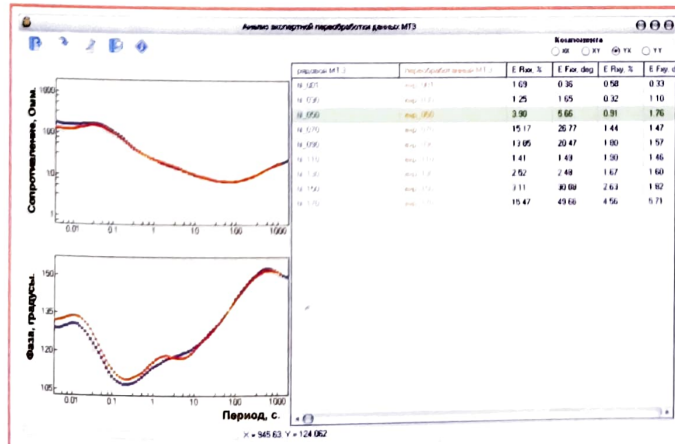


Рис. 8. Система автоматической оценки качества электроразведочных данных EMCONT. Экспертная переобработка данных электроразведки

Программа «SeisCont» содержит также блоки оценки качества сейсмограмм опытных работ, глубинно-скоростных моделей, временных и глубинных динамических разрезов.

В электроразведке качество измерений традиционно оценивается по данным контрольных наблюдений на пункте приема другим оператором, другим прибором, на другой день. Количество контрольных пунктов должно составлять не менее 5% от общего количества наблюдений. Однако такой подход не позволяет оценить весь массив данных, выявить участки и причины снижения качества полевого материала, оценить полноту и пригодность полевых измерений для дальнейшей интерпретации.

Программный комплекс EMCONT предназначен для того, чтобы в автоматическом режиме анализировать результаты измерений методами магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и зондирования становлением поля (ЗС), выявить записи низкого качества и оценить полноту и достоверность электроразведочных наблюдений, оценить общее качество работ на объекте. Алгоритмы комплекса программ основаны на принципах разведочного статистического анализа и специфичных для каждого метода асимптотических оценках. К настоящему времени комплекс EMCONT внедрён в приёмку материалов МТЗ, полученных с аппаратурой PHOENIX (рис. 6), и материалов ЗСБ, полученных с аппаратурой SGS-TEM.

Макет программного комплекса «GraviQ» построен в соответствии с требованиями инструкции по гравиразведке. В программе реализуется граф обработки в рейсах, представляя в выходном отчете информацию, характеризующую качество работ как для отдельных пунктов наблюдений, так и для всей съемки в целом. Макет программы GraviQ применяется на этапе оценки качества полевого материала в процессе сопровождения работ, а также при приемке материалов Заказчиком.

Обеспечение системы контроля качества аэромагнитной съемки проводится при помощи утилит, встроенных в программный комплекс «Geosoft oasis montaj», и обеспечивает выполнение проверок на высотное отклонение, на отклонение от траектории полета, разделение линии полета, типовое разделение, суточные вариации и магнитный шум.

Экспертная обработка и моделирование применяется нами для проведения независимой экспертизы процесса и результатов обработки геофизических материалов. Как правило, для этого используются современные программно-технологические продукты отечественной разработки, большей частью отсутствующие у Исполнителя.

Экспертная обработка и моделирование данных сейсморазведки выполняются с использованием программно-технических комплексов «ПРАЙМ» (ООО «Гео-Прайм») «ИНТЕГРАН» (ВНИИгеосистем), WFMM-SU - Wavefield Mathematical Modeling (ВНИИгеосистем, ИПМ им.Келдыша) с использованием таких специфических процедур, как интерактивное построение глубинно-скоростной модели среды, преобразование (подъем/погружение) волновых полей с целью учета негиперболичности годографов отраженных

волн, сопоставление результатов обработки модельных и реальных сейсмограмм, построение глубинных динамических разрезов. Результаты такой обработки по одному из профилей в российской части Прикаспийской впадины представлены на рис. 7.

В электроразведке автоматизированный анализ, математическое моделирование, экспертная обработка и интерпретация позволяют объединить усилия Исполнителя и Супервайзера в направлении оптимизации электроразведочных работ, начиная от полевых измерений вплоть до построения геоэлектрических разрезов и карт.

Экспертная переобработка данных позволяет Супервайзеру оценить на месте качество полевого материала и выбрать оптимальный для каждого объекта граф обработки, исходя из условий наблюдений и кондиционности данных. Процедура экспертной переобработки выполняется программными средствами Супервайзера и, таким образом, осуществляется контроль обрабатывающей системы Исполнителя работ (рис. 8).

Экспертная переинтерпретация данных проводится тогда, когда Супервайзер сомневается в достоверности данных инверсии на каком-либо участке площади (профиля). При этом используется интерпретационный комплекс программ Супервайзера и, таким образом сопоставляется и оценивается эффективность различных интерпретационных методов (рис. 9).

Математическое моделирование позволяет оценить принципиальную возможность метода решить ту или иную геологическую задачу. Особенно важно использовать математические модели в случае применения Исполнителем нестандартных (часто более высокоразрешающих) методов инверсии.

ГИС — проект. В рамках ГИС - проекта для картографического представления объектов изученности (рис. 11) ВНИИгеосистем разработан модуль ввода координат и основных сведений по объектам супервайзерского сопровождения. Модуль позволяет ввести координаты объекта (контура или профиля), название проекта, сведения о географической привязке, площади и годе проведения работ (рис. 3) и визуализировать набор введенных объектов как тематический слой ГИС — проекта. Для разработки программного-технического обеспечения и пользовательского интерфейса использованы компоненты ArcView GIS: макроязык Avenue и среда разработки интерфейсных приложений Dialog Designer.

Выводы. Результаты супервайзерского сопровождения в известной мере стали побудительной причиной появления других разработок, направленных на повышение качества геолого-геофизической продукции, создаваемой по Государственным контрактам Роснедр для целей геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России. В их числе:

- «Свод правил производства сейсморазведочных работ, выполняемых за счет средств

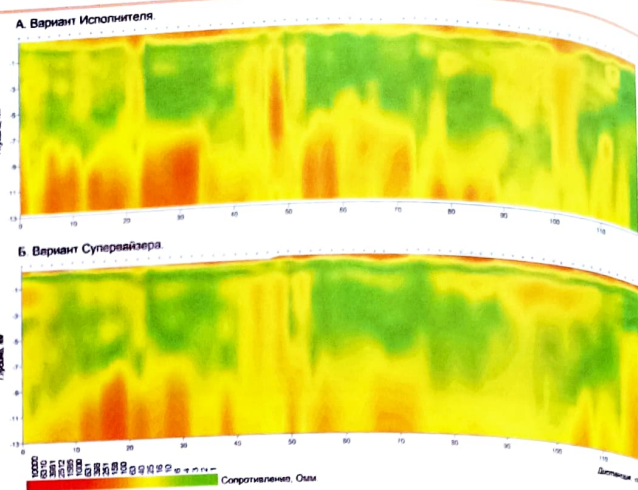


Рис. 9. Экспертная интерпретация участка профиля Тура – скв. Чириндинская.

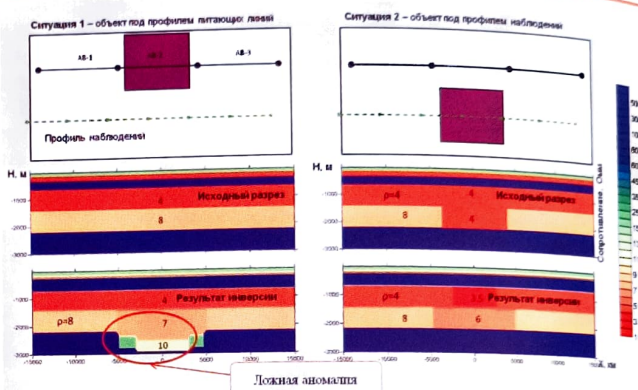


Рис. 10. Математическое моделирование методики высокоразрешающей электроразведки (ВРЭ) на Ишеевском участке, Ульяновская область.

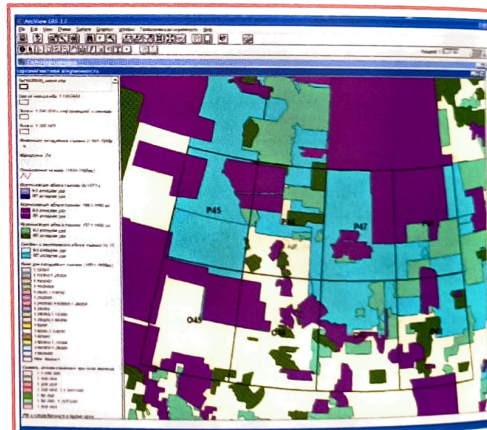


Рис. 11. Интернет-ГИС.

- федерального бюджета»;
- «Разработка и опробование современной отечественной пространственно-распределенной бескабельной телеметрической системы Scout»;
- «Создание средств физического и трехмерного математического моделирования сейсмических полей на основе решения полного волнового уравнения (для сложных сред)»;
- «Использование Интернет- ГИС технологий при обосновании конкурсных объектов Государственного заказа Роснедра».