

УДК 550.8.025

© О.С. Аккуратов, А.О. Навроцкий, С.А. Каплан

О.С. Аккуратов, А.О. Навроцкий, С.А. Каплан

# МОДЕЛЬ СУПЕРВАЙЗЕРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГЕОЛО-ГОРАЗВЕДОЧНЫХ (ГЕОФИЗИЧЕСКИХ) РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

## Анализ состояния проблемы

При проведении геоло-горазведочных работ на нефть и газ решается задача воспроизводства и управления ресурсной базой углеводородного сырья. Государство и частные компании решают эту задачу по-разному. Государство решает ее для страны в целом, частные компании – в пределах своих предельно оцененных государством участков недр.

На государственном уровне решение этой задачи возлагается на Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), выступающее в том числе и в качестве Заказчика геолого-разведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета.

С позиций Роснедра процесс геологического изучения недр можно охарактеризовать некоторой последовательностью действий, требующих управляющего решения, включая:

- постановку работ – определение целевого назначения и геологических задач, формирование технического (геологического) задания, оформление обязательств Исполнителя и Заказчика работ (контракт), процедуры регистрации работ;
- проектирование – разработка проектно-сметной документации, экспертиза, утверждение, формирование базы проектов, подлежащих исполнению;
- непосредственное исполнение работ, включая их сопровождение, контроль и учет объемов, содержание и качество выполняемых работ;
- приемку результатов по этапам работ;
- передачу отчетов и цифровых баз данных, характеризующих конечные результаты проведенных работ, в геологические фонды для организации хранения и дальнейшего использования.

Роснедрам необходимо, чтобы ГРП на всех этапах работ гарантировали качественное решение поставленных геологических задач, выполнялись

экономно, безопасно, без нанесения ущерба окружающей среде и не использовались варианты решения задач, игнорирующие физические и технические возможности используемых методов исследований.

## Качество как объект управления ГРП

В геофизике продукцией является информация. Качество и информация тесно связаны между собой.

Качество является объектом управления с ярко выраженной целевой функцией, проявляется в способности достижения поставленных целей и не может быть достигнуто в полном объеме звеньями, функционирующими вне целого.

Вопрос качества решается до выпуска продукции, начиная с момента выявления примерных характеристик и потенциальных потребителей этой продукции и прогнозирования объемов выпуска, в процессе проектирования и продолжается в период производства и использования готовой продукции.

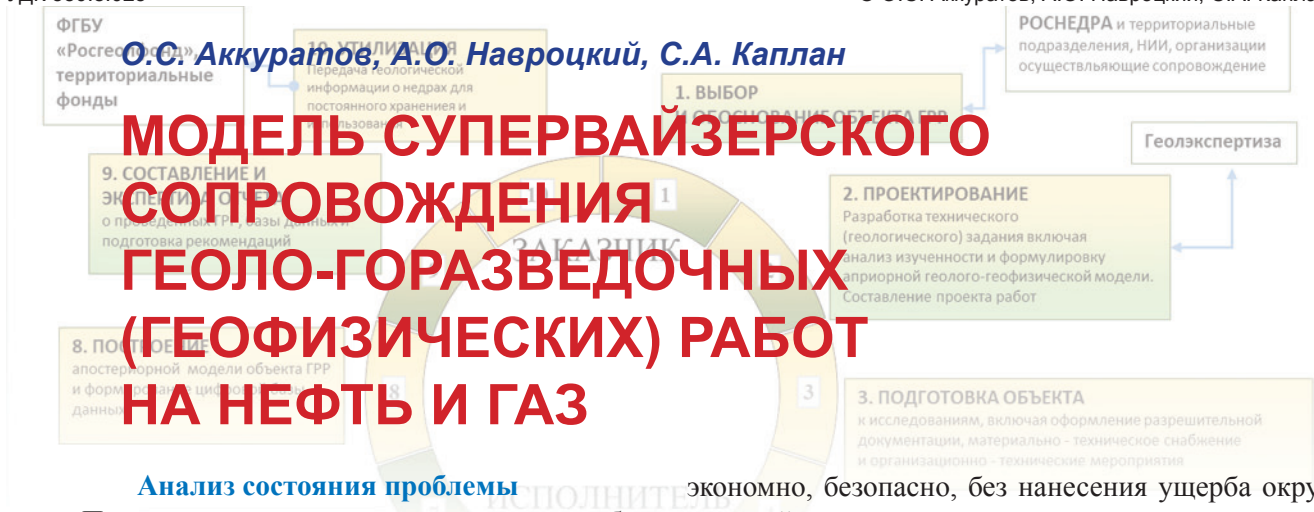
Показатели качества устанавливаются в документах, регламентирующих отношения Заказчик/Исполнитель еще до выпуска продукции.

В обеспечении качества большую роль играют стандартизация, метрологическое обеспечение, технологическая подготовка производства, наличие методических документов по качеству, активность исполнителей.

Предпочтительно, чтобы система качества опиралась на рекомендации международных стандартов качества ISO 9000, особенность которых состоит в том, что они не предполагают абсолютных показателей и критериев качества, а задают лишь методологию функционирования системы, обеспечивающей высокое качество продукта.

## Система методического и технологического сопровождения геофизических работ

Система качества, созданная ФГБУ «ВНИГНИ» по заказу Федерального агентства по недропользо-



ванию (Роснедра), построена в соответствии с рекомендациями международного стандарта качества ISO 9000, введенного в действие Постановлением Госстандарта России от 15.08.2001 № 332-ст. Система функционирует одновременно с другими видами деятельности, влияющими на качество создаваемой продукции (информации), и реализуется через ряд ключевых точек производства, представленных векторами так называемой «петли качества» на рис. 1 [1].

Система качества предназначена для удовлетворения информационных потребностей:

– **федеральных структур**, выступающих в роли Заказчиков работ на этапах подготовки проектных решений (этапы 1 и 2), проведения полевых работ и опережающей экспертной обработки первичной геофизической информации (этапы 4-5), обработки геофизических данных на стационарных ВЦ (этап 6) и в дальнейшем (в случае развития работ по данной тематике) при оценке возможности решения проектных геологических задач с помощью программно-технических средств, используемых подрядчиками на этапе интерпретации результатов обработки геофизических материалов (этап 7);

– **организаций**, осуществляющих технологическое и методическое сопровождение (супервайзинг) геофизических работ.

Сопровождение ряда других ключевых этапов производства (выбор объектов работ, экспертиза проектно-сметной документации, составление геологических отчетов, приемка отчета и базы данных в фонды) выполняют другие подведомственные Роснедрам подразделения – Геолэкспертиза, НИИ, Росгеолфонд.

Замыкающим звеном «петли качества» становятся государственные фонды геологической информации.

Вопросы качества поступающей информации каждая из организаций решает независимо от других участников процесса сопровождения. Ключ к решению проблемы – организация сквозной (по нарастающему итогу) поставки и стыковки информации, создаваемой на всех этапах проведения геолого-разведочных работ.

### Организация сопровождения геофизических работ

В основу системы сопровождения ГРП положено несколько положений принципиального характера:

– Организация, осуществляющая сопровождение, не должна вмешиваться в административно-хозяйственную и распорядительную деятельность Исполнителя работ. За качество работ целиком



Рис. 1. «Петля качества» геофизической информации

Fig. 1. «Quality loop» of the geophysical data

отвечает не тот, кто его проверяет, а непосредственный Исполнитель. Только в этом случае Исполнитель будет по-другому, более добросовестно относиться к своим обязанностям.

– Работы Исполнителя должны выполняться в соответствии с действующими нормативными и правовыми актами Российской Федерации, приказами и распоряжениями Минприроды России и Федерального агентства по недропользованию; регламентами, стандартами, инструкциями, рекомендациями, правилами и техническими условиями заводов-изготовителей технической продукции и разработчиков программно-математического обеспечения.

– Рекомендации, касающиеся оценки качества и приемки геофизических материалов, полученные в процессе проведения полевых работ и обработки геофизической информации, в целях оперативности и большей объективности должны подготавливаться с использованием сертифицированных программно-технических средств автоматизированной оценки качества, прошедших госрегистрацию. Их сертификация, если она будет выполнена органами сертификации и испытательными лабораториями, аккредитованными в системе ГОСТ Р, несмотря на то, что она будет добровольной, обеспечит уверенность потенциальных заказчиков в надежности и определенной ценности этих программно-технических средств на рынке информационных услуг и может стать основанием при защите от необоснованных претензий в страховых случаях и судебных исках по возмещению ущерба.

– Система сопровождения должна быть глубоко эшелонирована по видам работ, чтобы иметь возможность характеризовать все стороны деятельности поставщика геофизической продукции.

*Иерархические особенности* организационной структуры сопровождения ФГБУ «ВНИГНИ» объектов геофизических работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета по государственным контрактам Роснедр, можно охарактеризовать следующим образом:

**Роснедра и его территориальные подразделения**, выступающие заказчиками работ, осуществляют общее управление процессами сопровождения геофизических работ.

**ФГБУ «ВНИГНИ»**, выполняющее сопровождение геофизических работ силами создаваемого внутри себя подразделения, других лабораторий института, субподрядных организаций и специалистов (супервайзеров), привлекаемых к этой работе из разных регионов страны:

- организует, управляет и обеспечивает в соответствии с очередностью, указанной в перечне госзаказа на проведение геолого-разведочных

работ на нефть и газ, все процессы сопровождения геофизических работ;

- разрабатывает документальную основу и программно-технические средства сопровождения геофизических работ;
- выполняет контрольную (экспертную) обработку и моделирование данных, получаемых на различных этапах проведения геофизических работ;
- проводит анализ проектных решений и предложений методико-технологического характера, имеющих отношение к действующим и потенциальным объектам ГРП на нефть и газ;
- обеспечивает составление обобщающих отчетов и других информационно-аналитических и презентационных материалов по качеству создаваемой геофизической продукции, обеспечивающих поддержку решений Роснедр в области геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России;
- организует информационный обмен между организациями и специалистами, выполняющими геофизические работы по заказам Роснедр, посредством:
  - проведения рабочих совещаний, семинаров и видеоконференций,
  - интернет-публикаций,
  - участия в комиссиях заказчика по приемке промежуточных и окончательных результатов полевых работ,
  - направления супервайзеров на объекты работ,
  - работы научно-технического Совета по геофизическим работам на нефть и газ при Роснедрах,
  - организации курсового обучения супервайзеров с выдачей удостоверения государственного образца.

**Организации-субподрядчики**, имеющие многолетний и успешный опыт проведения геофизических работ в актуальных «на сегодня» регионах России и ее континентального шельфа, если необходимо, привлекаются к работе по договорам подряда.

Штат супервайзеров формируется на временной контрактной основе из числа специалистов с высшим образованием, прошедших переподготовку в Учебном центре ФГБУ «ВНИГНИ».

Организации-субподрядчики и супервайзеры, сопровождающие и оценивающие производство на стадиях проведения полевых работ, обработки и интерпретации, привлекаются к работе в одном из следующих режимов:

- постоянного присутствия на объекте работ;
- при проведении наиболее ответственных технологических операций (проведении опытных

работ, замене аппаратуры и оборудования, изменении методики работ, преодолении факторов, мешающих дальнейшему проведению работ, обработке и интерпретации);

- при приемке результатов работ.

Супервайзерскому сопровождению подлежат все стороны деятельности полевой партии, камеральной группы и центра обработки, включая контроль объемов работ и качества получаемой информации, выявление случаев отклонения от проекта работ, составление рекомендаций, способствующих улучшению качества проведения полевых работ и обработки получаемой первичной информации, составление информационных и окончательного отчета о проделанной работе. Дополнительно контролируется наличие в партии и на ВЦ проектно-сметной и другой разрешительной документации на право проведения работ на объекте, а также необходимой материально-технической базы и аттестованных кадров [5].

#### **Сопровождение на этапе подготовки проектных решений**

Предложения методико-технологического характера, поступающие в адрес Роснедр и его территориальных подразделений от потенциальных поставщиков геофизической продукции, нередко формальны по своей сути, поскольку составлены только с учетом имеющейся в их распоряжении информации, геофизической аппаратуры, оборудования и программно-технического обеспечения.

Недостаточная проработанность ретроспективного геолого-геофизического материала и недочеты в составлении конкурсных Технических (геологических) заданий в дальнейшем отрицательным образом влияют на качество подготовки проектно-сметной документации и проведение полевых работ. Подрядчики, не успев выиграть конкурс, нередко выходят с предложениями по изменению методики полевых работ, замене одной марки аппаратуры на другую, изменению схемы расположения проектных профилей. Известны случаи, когда изменения по схеме расположения профилей поступали уже после отработки некоторых из них, когда низкое качество измерений или даже брак становились реальностью. В подавляющем большинстве случаев негативную ситуацию можно было определить и исключить на этапе проектирования и рекогносцировки профилей на местности до начала полевых работ. Были случаи, когда проекты составлялись на основе устаревших картографических материалов. Проектные профили «неожиданно» пересекали железные дороги, попадали в зоны карьеров и отвалов, профиль разбивался в 20-50 м от линии ЛЭП и т.д.

Зная это, Заказчик, как правило, заранее предлагал службе сопровождения провести экспертную оценку материалов, представляемых на рассмотрение в Роснедра и его территориальные подразделения в качестве объектов ГРР:

- провести анализ проектных решений;
- рассмотреть соответствующие части технических (геологических) заданий в плане выбора методов, модификаций, методики, аппаратурно-технических средств и технологии работ;
- сформировать предложения, допускающие или отрицающие возможность изменения методики и технологии работ в процессе проведения полевых работ и обработки получаемой геофизической информации;
- рассмотреть предложения научно-технического характера, предлагаемые для внедрения при работах на нефть и газ;
- подготовить технические заключения по объектам полевых работ, опытным и тематическим работам.

#### **Сопровождение на этапе проведения полевых работ**

Согласно «Инструкции по сейсморазведке» 1986 г., основным объектом оценки качества проведения полевых работ являются сейсмограммы ОПВ, представленные наборами трасс сейсмической записи, полученными при отработке одного пункта возбуждения колебаний при неизменном расположении расстановки сейсмоприемников в пунктах приема колебаний.

Сейсмограмма ОПВ считается браком, если «общее число неработающих каналов и каналов с обратной полярностью больше 10% трасс...», т.е. браком считаются и остальные 90% вполне работоспособных трасс сейсмограммы.

Такой подход был вполне оправдан, когда речь шла об обработке малоканальных сейсмограмм ОПВ по технологии МОВ. При использовании систем наблюдений МОГТ количество каналов может достигать нескольких тысяч и обработке в основном подвергают не исходные сейсмограммы ОПВ, а те, что формируются из них в процессе сортировки трасс по признаку общей срединной точки (сейсмограммы ОСТ), общей точки приема (ОТП), равноудаленных трасс (РУТ) и другим признакам. Поэтому наиболее адекватной в такой ситуации представляется автоматизированная трасс-ориентированная оценка качества сейсмограмм любого вида [2].

В этом случае кондиции отдельной сейсмической трассы определяются по степени отклонения значений атрибутов относительно граничных величин,

заданных в техническом задании или установленных по результатам опытных работ.

Численное значение коэффициента качества полученных сейсмических данных определяется относительным числом кондиционных трасс к общему числу трасс. Эта оценка справедлива как для отдельной сейсмограммы, так и набора сейсмограмм по части профиля, целому профилю, серии профилей.

Объем работ (в погонных километрах) образуется в результате суммирования отрезков профилей с кратностью наблюдений (с учетом некондиционных трасс) не менее 70% от номинальной, что соответствует полосе пропускания характеристики направленности совокупности трасс сейсмограмм ОСТ. Для криволинейных профилей объем работ определяется с учетом маршрута точек ОСТ при заданных параметрах «бининга» по линии профиля

и ортогонально к нему. При этом любое снижение кратности наблюдений по профилю должно быть мотивировано проектом работ либо абрисами, подписанными поставщиком, и согласовано с заказчиком. Допускается проведение оценки качества сейсмограмм после применения процедур полосовой и/или режекторной фильтрации.

Пример реализации такого подхода приводится в табл. 1 и на рис. 2. Здесь программа «SeisCont» используется супервайзерами для оценки степени соответствия выполняемых работ техническому (геологическому) заданию и проекту, включая расчет и сопоставление длин проектных и наблюдаемых профилей, оценку величины расхождения профилей, учет изломов линий профиля более 15°, расчет общего числа физических наблюдений, количества пропущенных и дополнительно

Таблица 1

Пример таблицы параметров и пороговых значений для оценки кратности сейсмических работ 2D  
An example of the table of parameters and thresholds for the evaluation of the multiplicity of seismic 2D

Значение dK		Коэффициенты качества		Текущая статистика оценки качества по числу МГ					
dK >=	0.95	=> Катг=1	Кд НДС (относит. число кондиц. трасс)	0.699	в НДС (общее)	с оценкой	Катг=1	Катг=0.9	Катг=0
dK <	0.7	=> Катг=0	Кд НДС по Катг отдельных МГ (06г.)	0.534	696	696	58	349	289
№ Характеристика	мин.	макс.	ср.	СКО	мин. порог	макс. порог	LOG	% брак	
<input checked="" type="checkbox"/> Средние значения амплитуд сигналов	0.000000	204.202.359375	999.999999	8272.902982	0.499102	4.232888	<input checked="" type="checkbox"/>	1.27	
<input checked="" type="checkbox"/> Амплитудная неоднородность	0.902500	2.271042	1.604143	0.212498	1.192328	2.212425	<input type="checkbox"/>	1.20	
<input checked="" type="checkbox"/> Вариация значений амплитуд	0.469342	9.889416	1.924152	0.878785	0.665477	5.092345	<input type="checkbox"/>	1.30	
<input checked="" type="checkbox"/> Частота максимума спектра	12.079063	104.319181	30.755770	14.300864	12.079063	70.737413	<input type="checkbox"/>	0.42	
<input checked="" type="checkbox"/> Ширина спектра на уровне 30%	1.220107	239.995121	25.612535	19.203665	4.629150	70.821390	<input type="checkbox"/>	21.54	
<input checked="" type="checkbox"/> Эффективная ширина спектра	2.189607	83.334668	13.636292	7.963800	5.089250	52.392381	<input type="checkbox"/>	14.25	
<input checked="" type="checkbox"/> Нерегулярность спектра	0.006161	4.324772	1.562742	0.891558	0.085803	4.255407	<input type="checkbox"/>	0.35	
<input checked="" type="checkbox"/> Отношение сигнал/помеха	0.000000	0.998202	0.675630	0.247853	0.155000	0.998202	<input type="checkbox"/>	2.84	
<input checked="" type="checkbox"/> Сигнал/помеха с учетом первых вступлений	0.000000	226259.354709	11.604038	651.729759	0.150201	226259.354709	<input type="checkbox"/>	21.25	

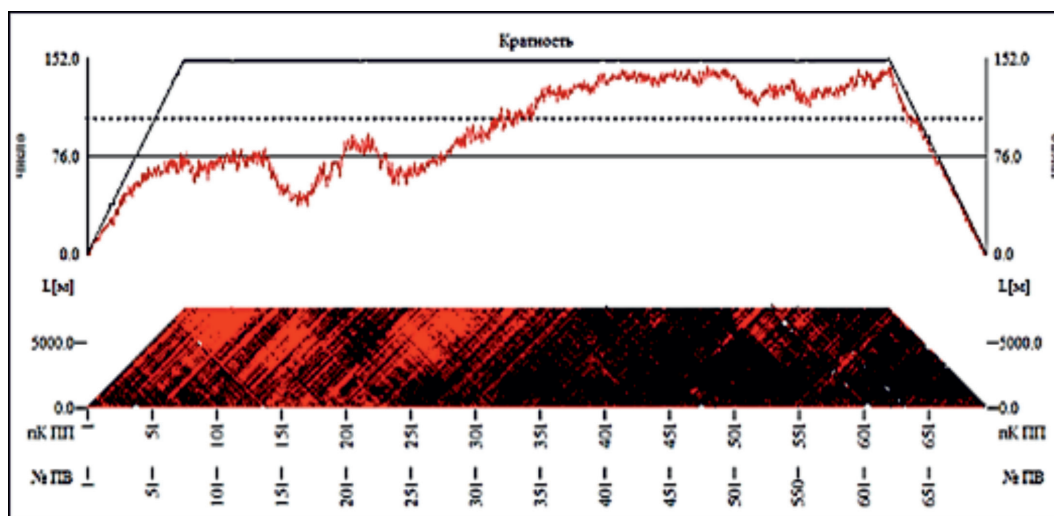


Рис. 2. Схема наблюдений с графиком кратности сейсмических работ 2D с учетом (красный) и без учета забракованных трасс

Fig. 2. The scheme of observations and the graph of multiplicity of seismic works 2D with (red) and without taking into account rejected traces

отработанных сейсмограмм, графическое отображение некондиционных трасс на обобщенной системе наблюдений, кратности наблюдений (номинальной и фактической) с расчетом коэффициента полноты наблюдений относительно проекта [3].

### Экспертная обработка и моделирование геофизических полей

Основные задачи этих работ заключаются в оценке достоверности и качества обработки геофизических материалов с учетом особенностей конкретных объектов и поставленных геологических задач. Для определения достоверности и качества обработки привлекались данные моделирования, позволяющие установить возможности геофизического метода в условиях изучаемых объектов.

Как правило, экспертная обработка выполняется на стадии проведения полевых работ с целью опережающей оценки возможности решения наиболее сложных и значимых геологических задач, предусмотренных проектами производственных работ.

Для экспертной обработки выбираются фрагменты или кресты профилей протяженностью от нескольких десятков до первых сотен километров. Эта работа может выполняться с использованием двух подходов. В первом из них дополнительно включаются процедуры, отсутствующие в графе обработки исполнителя. Во втором – суждение о корректности и обоснованности моделей среды, представленных исполнителем, формируется в результате сопоставления особенностей волновых картин, наблюдаемых на сейсмограммах и временных разрезах исполнителя, и полученных в результате решения экспертом прямых задач при моделировании.

Экспертная обработка осуществляется на основе программных комплексов «Интегран» и «Prime», а при математическом моделировании волновых полей применяется комплекс полноволнового 3D-моделирования, указанный выше.

### Программно-технические средства супервайзерского сопровождения ГРР

Применяемый ранее способ визуальной оценки качества сейсмограмм необъективен и неоперативен, что, собственно, и стало основной побудительной причиной автоматизации этого процесса по следующим основным разделам:

- фактографическому;
- информационному;
- средств подготовки отчетов;
- проблемно ориентированному.

Первый из них предусматривает создание и ведение ГИС-проекта в системе ГИС INTEGR0, включая нанесение и визуализацию, поддержку

и актуализацию картографической и атрибутивной информации, касающейся объектов сопровождения ГРР.

Второй – представляет собой базу данных, содержащую необходимый набор руководящих и инструктивных материалов, регламентирующих деятельность супервайзерской службы. В раздел включаются и соответствующие средства доступа к базе, редактирования и обновления информации.

Третий раздел представлен средствами подготовки текущих и отчетных материалов, отражающих оперативную и итоговую деятельность представителя службы заказчика на объектах исполнителя работ.

Четвертый раздел помимо анализа и опробования некоторых из существующих решений предусматривает создание новых программных средств оценки качества сейсмических материалов.

В частности, исследование качества и надежности информационных систем предполагает их описание в виде операционных моделей и выделение как отдельных операций, так и связей между ними; составление перечня требований по выполнению самих операций и перечня вероятных ошибок, приводящих к отказам. Необходимо также учитывать круг потенциальных пользователей этой системы.

В таком виде предложенная концепция позволяет обеспечить автоматизацию практически всех аспектов деятельности специалистов, осуществляющих сопровождение:

- программные средства должны функционировать на наиболее распространенной и доступной платформе – персональном компьютере, в частности ноутбуке, в среде WINDOWS с расширенными объемами оперативной и твердой памяти;
- архитектура программных средств должна обеспечивать интерактивный режим работы пользователя с возможностью отображения (просмотра) как отдельных наблюдений, так и характеристик качества и результатов их статистического анализа;
- работа программных средств должна поддерживаться специальным информационным обеспечением, предусматривающим ввод и хранение априорной информации по каждому из объектов работ (профилей, фрагментов профилей, площадей), а также данных оценки качества и результатов их статистической обработки.

С учетом этих требований в 2006-2014 гг. «ВНИИ-геосистем» и его субподрядчиками ООО «Северо-Запад», АО «СНИИГГиМС» были разработаны

и применялись на практике программно-методические комплексы автоматизированной оценки качества геофизических (сейсмических, электро-разведочных и гравиметрических) материалов [5].

Из их числа:

«**SeisCont**» (ВНИИГеосистем) функционирует на ноутбуке в среде WINDOWS с расширенными объемами оперативной и твердой памяти. Архитектура комплекса обеспечивает интерактивный режим работы пользователя с возможностью отображения (просмотра) как отдельных сейсмограмм, так и оценок характеристик качества, результатов их статистического анализа. Работа комплекса поддерживается 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.

Набор характеристик оценки качества сейсмограмм можно разделить на две части. В одной части рассматривать характеристики, не зависящие от методики наблюдений (наличие неработающих каналов, уровень шумов в пределах расстановки, наличие гармонических и импульсных помех и т.п.), а в другой – характеристики, связанные с методикой работ (полосу частот регистрируемых сигналов, глубины взрыва, энергию возбуждения, группирование источников, вес заряда и т.п.).

Тогда неудовлетворительные оценки качества сейсмограмм, связанные с использованием одной группы характеристик, будут свидетельствовать о необходимости коррекции методики наблюдений, а с помощью характеристик другой группы – указывать на необходимость повторной отработки сейсмограммы после устранения выявленных недостатков сейсмической записи.

Дополнительно комплекс в своей работе может использовать некоторое количество априорной информации: зависимость  $V(t_0)$ , времена опорных отражающих горизонтов, некоторые из требований геологического задания, например заданные глубины залегания целевого интервала разреза, характер задач, требующих только кинематической или кинематической и динамической обработки сейсмической информации.

Состав характеристик и критерии оценки качества на каждом объекте работ с помощью программ «**SeisCont**» адаптируются к сейсмогеологическим условиям объекта работ и требованиям геологического задания после проведения опытных работ в полевых условиях.

Учитывая достаточно резкие изменения особенностей сейсмической записи во времени,

характеристики качества могут рассматриваться в нескольких вариантах: по всей трассе, в заданном временном интервале и между опорными отражающими горизонтами.

Помимо качества сейсмограмм и/или разрезов, предусмотрен контроль содержания и полноты сопровождаемой информации, как необходимого условия корректности выполненной обработки и необходимости возможной переобработки материалов [3].

«**PRIME**» (ООО «Сейсмостек» – Яндекс Терра) обеспечивает на современном уровне интерпретационную 2D- и 3D-обработку сейсмических данных, обладая рядом преимуществ при сравнении с другими отечественными и зарубежными системами, предусматривающими получение глубинных динамических разрезов в качестве основного результата обработки, в числе которых:

- определение пластовой глубинно-скоростной модели в условиях криволинейных преломляющих границ на основе обобщенного метода взаимных точек и кинематико-динамических преобразований, учитывающих эффекты негиперболичности годографов отраженных волн (ближайший зарубежный аналог Geodept – «Paradigm Geophysical»);
- процедуры, использующие преимущество наличия оценок глубинно-скоростной модели, в числе которых трансформация (подъем – погружение) волновых полей, расчет поля кратных волн и его адаптивного вычитания из наблюдаемого сейсмического поля;
- учет искажений амплитуд сейсмической записи, обусловленных особенностями глубинно-скоростной модели и составом процедур обработки при получении мигрированных сейсмограмм ОТО и сейсмических разрезов.

«**ПАРМ-КОЛЛЕКТОР**» (ВНИИГеосистем) обеспечивает прогноз акустического импеданса на основе данных сейсморазведки и ГИС глубоких скважин.

Отличительные черты:

- оценка формы сейсмического импульса;
- построение эффективной акустической модели по данным ГИС;
- послонная регуляризация значений акустического импеданса;
- оценка качества прогноза.

«**Интегран**» (ВНИИГеосистем) обеспечивает проведение совместной интерпретации данных ГИС глубоких скважин и сейсморазведки 2D:

- постобработку сейсмических разрезов (временных и глубинных) с использованием сейсмоэнергетических и преобразований ЭКО-ПАК и Гильберта;

- построение пластовых глубинно-скоростных моделей и их обобщение по сети профилей в виде карт (схем);
- оценку и обобщение по сети профилей произвольного набора атрибутов сейсмической записи;
- автоматизированное построение по данным ГИС и петрофизических исследований эффективных геофизических (в том числе акустических) моделей и выполнение анализа в части проявления в них свойств коллектора, доступных для прогноза по сейсмическим данным;
- выполнение ПАК-преобразований с опорой на пластовые глубинно-скоростные модели (без использования данных скважинных исследований) с оценкой формы сигнала и масштаба амплитуд сейсмической записи;
- построение структурных карт с учетом нарушений;
- отображение полученных результатов в виде разрезов, карт и др.

«CF/Geo4, DT/Geo4» (ВНИИГеосистем). Данные программы компьютерного моделирования сейсмических полей, выполненные с участием специалистов ИПМ РАН им. М.В. Келдыша, реализуют локально-рекурсивные нелокально-асинхронные алгоритмы решения систем уравнений в частных производных гиперболического типа.

Решение представляет собой полное трехмерное трехкомпонентное описание динамики распространения упругих сигналов от заданных пунктов возбуждения в заданной геологической среде, а полученные в ходе решения данные представляются в виде модельных сейсмограмм, содержащих полную информацию о распространении сейсмических сигналов, то есть динамику, кинематику, поляризацию сейсмических колебаний, во всех узлах вычислительной сетки. Созданные средства по существу представляют собой программно-аппаратную среду для проведения полноценных имитационных компьютерных экспериментов при подготовке и проведении сейсморазведочных работ.

Этим программы существенно отличаются от программных средств, основанных на использовании асимптотических лучевых методов расчета распространения сейсмических сигналов.

В нашем случае решение полной упругой задачи не накладывает ограничений на кривизну границ упругих слоев и размер различного рода неоднородностей.

Возможности указанных имитационных компьютерных сейсмических экспериментов позволяют с помощью полноволнового моделирования

сейсмических полей решать такие прикладные задачи, как:

- исследование возможности обнаружения и уточнения признаков проявления целевого объекта поиска, помещенного в геологическую среду с заданным пространственно-фациальным строением и упруго-плотностными характеристиками, с использованием заданных методов полевой сейсморазведки;
- оптимизацию систем наблюдения и графа обработки сейсмических данных в планируемых полевых сейсмических работах;
- совершенствование методов обработки сейсмических данных на основе сопоставления результатов обработки компьютерных модельных сейсмограмм с цифровой моделью среды, для которой они были сгенерированы;
- контроль качества ранее выполненных полевых сейсмических работ [4].

Для электроразведки методами МТЗ и ЗСБ был разработан и функционирует макет тестирующей программы **EMCont** (ООО «Северо-Запад»), а для гравиразведки – программа **GraviQ** (ВНИИГеосистем). Качество материалов аэромагнитных исследований оценивалось с использованием пакета обрабатывающих программ Geosoft Oasis Montaj (Geosoft Inc., Canada).

Подготовка отчетных материалов выполнялась с использованием ГИС-проекта, реализованного на основе использования программно-технологического комплекса **ГИС INTEGRO**, который предоставляет все необходимые инструменты для интеграции разнородной информации по супервайзерскому сопровождению ГРР.

В настоящее время ФГБУ «ВНИГНИ» проводит модернизацию комплекса автоматизированной оценки качества сейсмических материалов «SeisCont» и предусматривает его дальнейшее использование супервайзерами.

### Заключение

Система оценки качества прошла опробование на объектах Роснедр. Фактически в период 2006-2015 гг. с использованием этой системы сопровождалась все объекты Роснедр при проведении полевых сейсморазведочных работ и ВСП, а также электроразведочных, гравиметрических и аэрогеофизических исследований, и обработке полученных цифровых материалов.

В дальнейшем в процессе сопровождения ГРР необходимо будет обращать внимание на качество информации, используемой при обосновании объектов работ, а также возникающей на стыке результатов технической обработки данных и их



смысловой интерпретации. При этом целесообразно пересмотреть, а может быть создать заново руководство по оценке кондиционности (качества) выделения нефтегазоперспективных объектов, с учетом волновых представлений об особенностях образования и распространения геофизических сигналов в геологической среде, плотности систем наблюдений, ограничений вертикальной и горизонтальной разрешающей способности по каждому из используемых геофизических методов исследований.

Потребуется также приступить к отработке технологии промышленного использования современных программно-технических средств моделирования геофизической информации на различных этапах производства геолого-разведочных работ. Процесс моделирования должен стать итеративным, позволяя обновлять геологическую модель среды многократно по мере поступления существенно новой информации. В частности, моделирование, предшествующее проведению полевых работ, позволит более уверенно в каждом конкретном случае «отсекать» варианты решения геологических задач, не учитывающие физические и технические возможности методов исследований.

**Ключевые слова:** супервайзинг, сейсморазведка, качество, программно-технические средства, обработка, сейсмограмма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аккуратов О.С., Черемисина Е.Н., Галуев В.И., Каплан С.А. Супервайзинг как лекарство от брака // Нефтесервис. – 2009. – № 1 (5), весна. – С. 51-53.
2. Аккуратов О.С., Иксанов А.Я., Каплан С.А., Козлов А.С., Спивак Я.Э. Технология автоматизированной трасс-ориентированной оценки качества сейсмической информации // Геофизика. – 2012. – № 3. – С. 3-12.
3. Система автоматической оценки качества полевых сейсмограмм и результатов их обработки SeisCont / авторы: О.С. Аккуратов, А.Я. Иксанов, С.А. Каплан, А.С. Козлов, Я.Э. Спивак ; правообладатель «ВНИИ-Геосистем». – (Св-во о гос. регистр. программ для ЭВМ : рег. номер 2.012 618 776 от 26.09.2012).
4. Система полноволнового моделирования сейсмограмм 3С-3D в трехмерных неоднородных средах. CF (Geo 4) / авторы: А.В. Закиров, В.Д. Левченко, А.В. Иванов, С.А. Хилков, А.Ю. Перепелкина, Т.В. Левченко ; правообладатель «ВНИИГеосистем». – (Св-во о гос. регистр. программ для ЭВМ : рег. номер 201 361 70 78 от 31.07.2013).
5. Навроцкий А.О., Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А., Бубнов В.П., Галуев В.И., Горелов А.Г. Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в Роснедра // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 1. – С. 9-14.

#### REFERENCES

1. Akkuratov O.S., Cheremisina E.N., Galuev V.I., Kaplan, S.A. Supervising as a cure for marriage // Nefteservice, 2009. №1 (5), spring. P. 51-53.
2. Akkuratov OS, Iksanov A. Ya., Kaplan S.A., etc. Technology of automated trace-oriented estimation of seismic information quality // Geofizika. 2012. № 3. P. 3-12.
3. Automatic quality assessment of field data and their processing results SeisCont / Authors: O.S. Akkuratov, A. Ya. Iksanov, S.A. Kaplan, A.S. Kozlov, Ya.E. Spivak ; The Right Holder of Vniigeosystems. (Certificate of state register. computer programs reg. number 2.012 618 776 from 26.09.2012).
4. 3C-3D full-wave seismic modeling system in three-dimensional inhomogeneous environment. CF (Geo 4) / Authors: A.V. Zakirov, V.D. Levchenko, A.V. Ivanov, S.A. Khilkov, A. Yu. Perepelkina, T.V. Levchenko ; The Right Holder Of Vniigeosystems. (SV-in about GOS. Registr. computer programs : reg. number 201 361 70 78 from 31.07.2013).
5. Khlebnikov P.A., Akkuratov O.S., Kaplan S.A., Bubnov V.P., Galuev V.I., Gorelov A.G. Supervision of geophysical exploration on oil and gas in Rosnedra // Devices and Systems of Exploration Geophysics. 2011. № 1. P. 9-14.