

Концептуальная схема оптимизации сейсморазведочного процесса для обеспечения нефте-газоразведочного и разрабатывающего производства*

В.И. Логовской, С.Н. Говоров, НК «Роснефть», М.Ю. Токарев, МГУ им. Ломоносова, А.Е. Харитонов, ООО «Деко-геофизика», г. Москва

Введение.

В качестве рабочего алгоритма управления нефте-газоразведочным комплексом взята философия управления нефтяной (газовой) залежью из статьи [1].

Эта философия, отражающая мировой опыт в управлении залежью, не может функционировать без создания адекватной системы управления геолого-геофизическими и промышленными данными, позволяющей в реальном для управления производством нефте-газодобычи времени совершать обход по петле «система – стратегия – цель – управление» (рис. 1).

«Управление нефтяной залежью – это процесс синтеза знаний о залежи, позволяющий выработать экономически оптимальную программу разработки и добычи.

Принятие окончательного решения о разработке конкретного месторождения углеводородов определяется чисто экономическими соображениями. Следует окончательно убедиться, в том, что чистая прибыль (NPV) положительна, прежде чем разместить заказ на платформы, обустройство или прокладку трубопровода. Эта величина определяется накопительным итогом на любой момент времени по формуле:

$$NPV(t) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{OR(t) \times OP(t) - CAPEX(t) - OPEX(t)}{(1+r)^i} - \frac{TAX(t) + MISC(t)}{(1+r)^i} \right] dt$$

где OR(t) – темп добычи;

OP(t) – цены на нефть;

r – темп снижения цен;

CAPEX(t) – капитальные затраты;

OPEX(t) – текущие расходы;

TAX(t) – налоги;

MISC(t) – прочие расходы, – все это является функцией времени» [1].

К главным задачам нефтяной геологии в сочетании с экономикой относятся:

- способствовать выработке оптимального проектирования разработки и добычи;
- рассчитывать будущие темпы добычи с высокой степенью точности;
- максимизировать коэффициент нефтеотдачи, чистую прибыль и темпы добычи;
- снизить капитальные затраты и текущие расходы.

В основе знаний о залежи лежат постоянно действующие геолого-технологические модели (ПДГТМ) [2], включающие геологическую и гидродинамическую модели (рис. 1).

Именно геологическая модель несет знания о геометрических границах и границах петрофизических свойств резервуара (коллектора и ограничивающих его элементов), позволяющих

ориентировать оптимальное размещение скважин и коммуникаций.

Сейсмические волновые поля являются основой для локализации границ резервуара в пространстве. В этом качестве данным сейсморазведки на сегодня нет альтернативы.

Цели и задачи сейсморазведки

Строить детальные модели резервуаров лишь по данным бурения можно. Но это очень дорого! Сейсморазведка помогает снизить риски непроизводительных затрат в бурении и разработке месторождений.

Ее главная цель – изучение объемного геологического строения залежей нефти и газа, в том числе решение задач:

- выявления и картирования зон распространения коллекторов, (перспективных на содержание) содержащих УВ;
- трассирования границ глинизации, выклинивания коллекторов, (перспективных на содержание) содержащих УВ;
- прогнозирования (картирования) характера флюидонасыщения для уточнения границ резервуаров УВ;
- прогнозирования зон повышенной проницаемости.

Перечисленные задачи актуальны практически на всех этапах геологоразведочного процесса, а именно:

- на этапе оптимизации схем разработки месторождений;
- на этапах поиска и разведки новых залежей УВ, в том числе на неисследованных структурных этапах в пределах площадей разрабатываемых лицензионных участков;
- для повышения доли извлечения нефти на давно разрабатываемых месторождениях.

Посредством уточнения геологического строения на основе комплексирования данных бурения и 3D сейсморазведки, результатов дополнительных исследований в скважинах (включая переопределения геометрии стволов), гидродинамического моделирования и использования новых возможностей сейсморазведки для прогнозирования характера флюидонасыщения, может оказаться возможным выявление участков залежей, не вовлеченных в разработку.

Обоснование организационной структуры эффективной сейсморазведочной службы Нефтяной Компании (НК)

Информационная схема связи геолого-геофизических параметров, представленная О.К. Кондратьевым (рис. 2), наглядно отражает суть преобразований сейсмической информации, приводящих к прогнозу петрофизических свойств горных пород.

Мы позволили себе дополнить эту схему недостающими этапами, кратким описанием входных и выходных параметров и перечнем задач этапов исследований (дополнения выделе-

*Эффективность подтверждена на территории Западной Сибири при взрывных источниках возбуждения сейсмических колебаний.

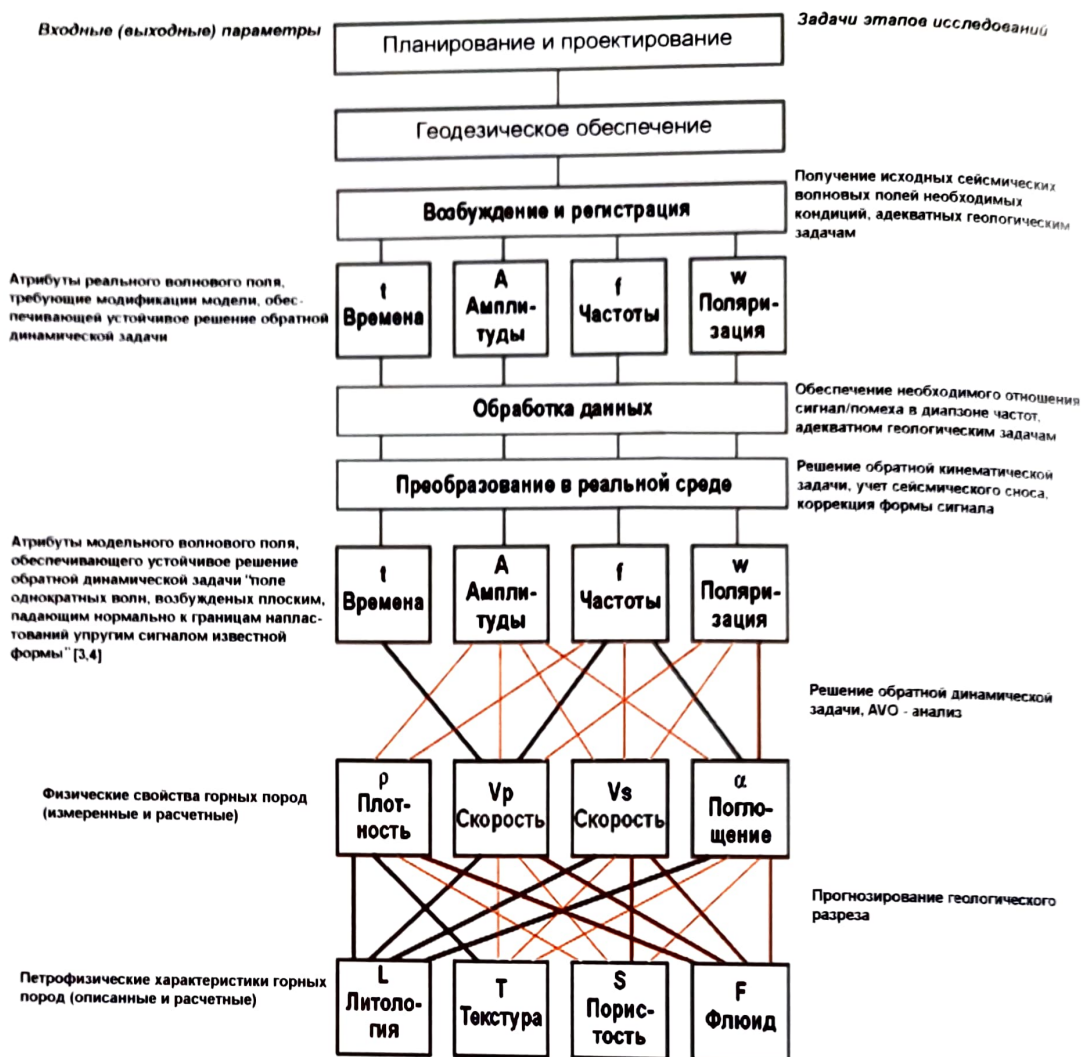


Рис 2. Информационная схема связи геолого-геофизических параметров (О.К.Кондратьев)

ны (синим).

Дополненная таким образом схема отображает технологический процесс получения и преобразования сейсмической информации последовательно в физические свойства, а затем в петрофизические характеристики горных пород.

Ключевым в данной схеме является вопрос о возможности (и необходимых для этого условиях) приблизить атрибуты реальных волновых полей к атрибутам модельного волнового поля, обеспечивающего устойчивое решение обратных динамических задач.

Задача очень непростая и требующая тщательного контроля результатов сейсморазведочных работ на всех этапах технологического процесса.

Известно, что качество сейсмической информации, помимо геологических факторов, зависит от:

- эффективности проектирования схем наблюдений;
- точности вынесения и привязки пунктов геофизических наблюдений на местности;
- соблюдения технологии возбуждения и приема упругих волн;
- качества и полноты полевой сейсмической документации;
- качества и полноты обработки сейсмической

информации;

•корректности решения обратных кинематических и обратных динамических задач.

Значение качества столь велико, а своевременность его достижения столь актуальна, что неизбежно возникает необходимость возврата и повторения измерений (результатов), признанных непригодными (неудовлетворительными), иными словами, необходимость итеративного улучшения результатов возбуждения, регистрации и преобразования сейсмической информации.

На рис. 3 приведена блок-схема современной технологии сейсмических исследований, особенностью которой и является итеративность технологического процесса.

Она же дает представление о составе необходимых работ, и, следовательно, о квалификационном составе исполнителей.

Ещё одним необходимым составным элементом успеха в достижении требуемого качества сейсмической информации является система контроля на всех главных этапах сейсморазведочного процесса.

На рис. 4 представлена организационная схема контроля качества геолого-геофизической информации.

Отличительная особенность этой схемы заключается в том, что только проверенные

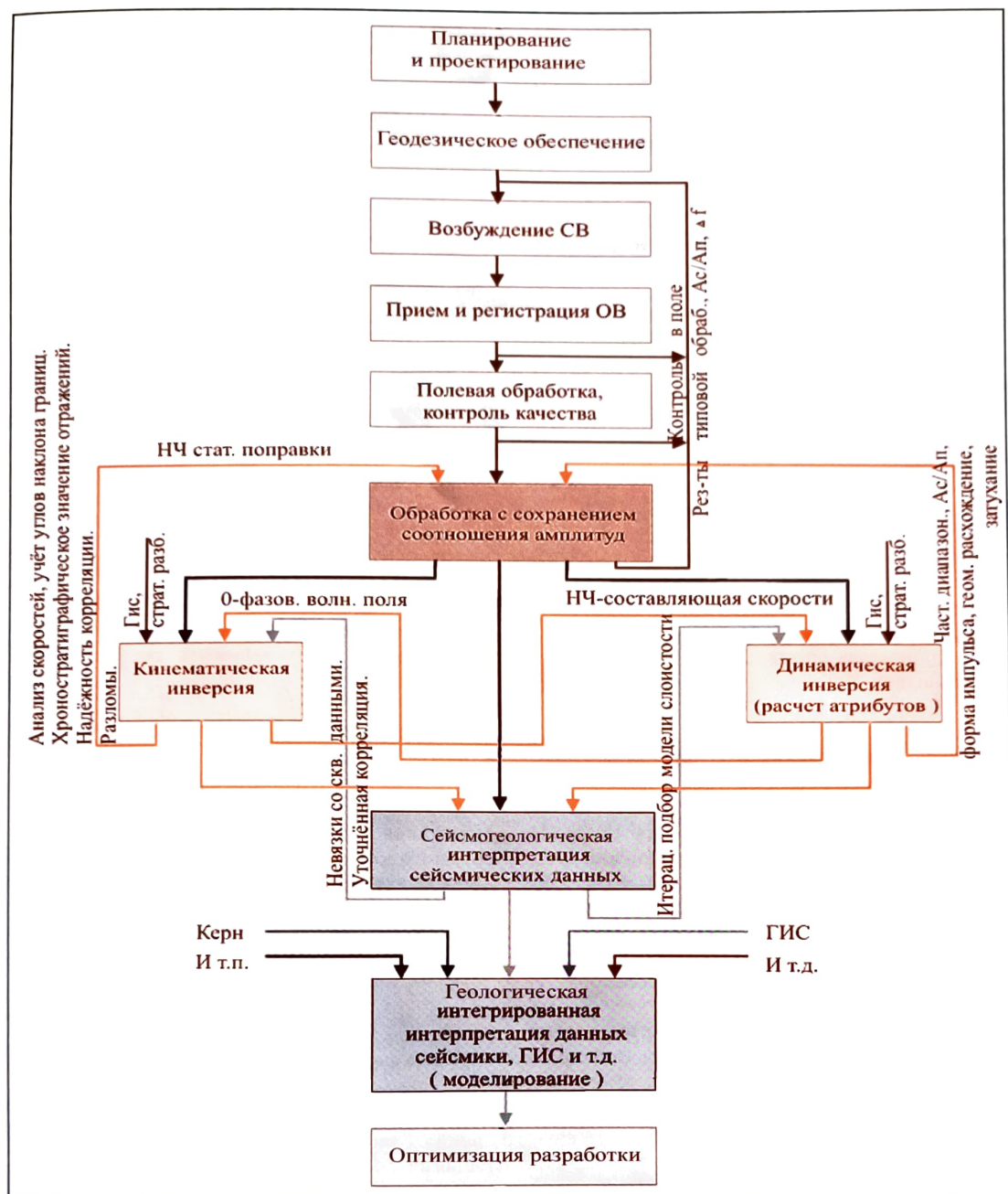


Рис. 3. Блок-схема сейсмических исследований

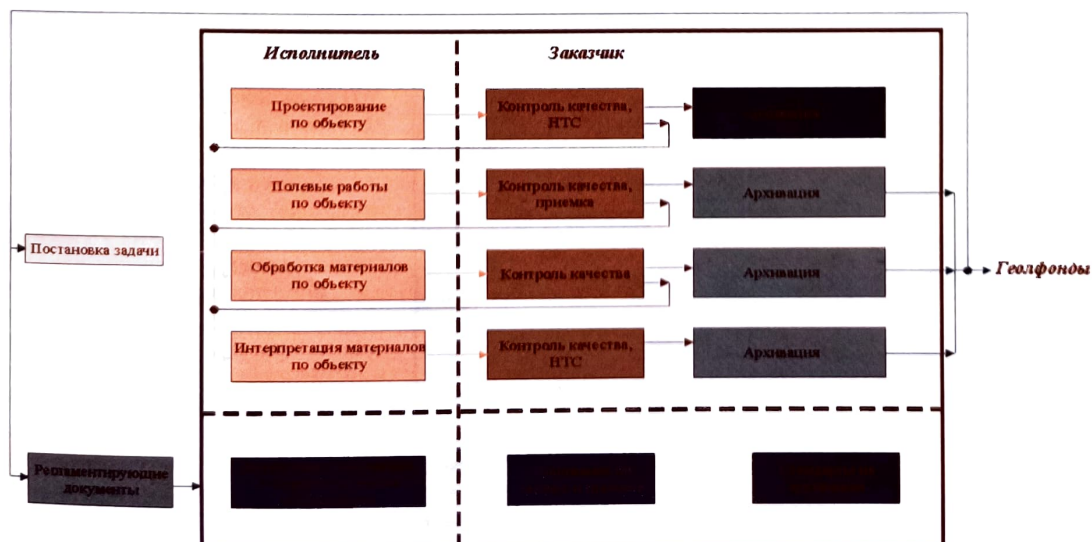


Рис. 4. Организационная схема контроля качества геолого-геофизической информации

МЕНЕДЖМЕНТ В ГЕОФИЗИКЕ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

данные поступают на следующий этап преобразований и анализа.

Кроме того, по итогам анализа качества результатов предыдущего этапа корректируются в случае необходимости:

- технологические требования для последующих работ;

- геолого-технологические задачи следующих этапов, преобразований и анализа.

С учетом опыта работ в отрасли сформирована система контроля качества полевых сейсморазведочных работ, включающая:

- порядок взаимодействия подрядчиков-полевиков, подрядчиков-контролеров, подрядчиков-обработчиков при общей координации работ заказчиком;

- регламенты, закрепляющие требования к технологиям и качеству полевых сейсморазведочных работ;

- порядок формирования задач сейсморазведки, проектирования, контроля за проектированием;

- систему оценок качества полевой информации, в том числе порядок и критерии расчетов параметров, перечень атрибутов, форму представления, форму отчетности на основе оригинальных и традиционных алгоритмов, адаптированных к этим задачам специалистами ООО «Деко-геофизика» и ООО «GeoTexСистем» [5];

- порядок применения результатов контроля качества полевых сейсмических данных для отбраковки в поле;

- взаимосвязь и синхронизацию полевой обработки с последующей обработкой в стационарных условиях;

- критерии оптимизации процесса обработки сейсмической информации;

Задачи этой системы:

- повышение качества полевых сейсморазведочных работ;

- максимально возможная формализация процесса принятия решений для минимизации субъективизма, а, следовательно, снижения конфликтности в процессе оценки качества;

- повышение качества обработки сейсмической информации.

Подготовка информационной базы и

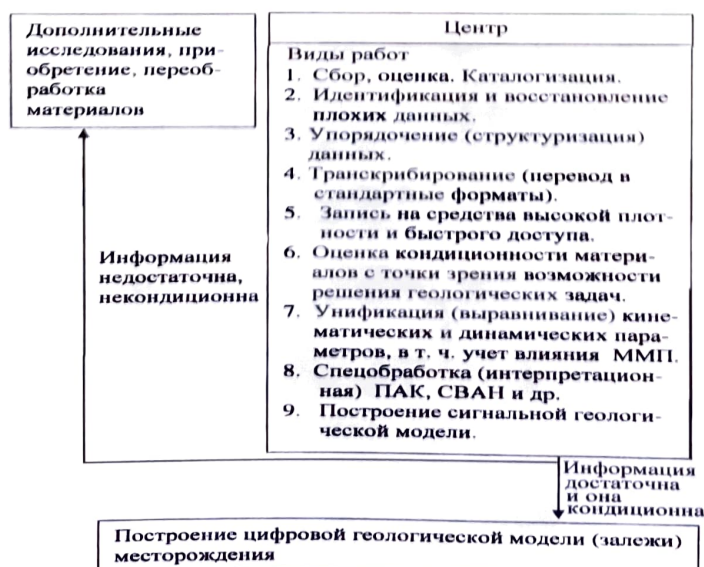


Рис. 5. Схема создания базы проекта для последующего геологического моделирования

проектирование.

Сложность современных геологических задач и возможности современных технологий в области полевых геофизических измерений, обработки, комплексной интерпретации обусловили методологическое требование модельная ориентированность.

Во многом успех решения сложных геологических задач зависит от оптимальности технологических решений на всех этапах исследований.

Для того чтобы правильно спроектировать весь комплекс работ, необходимо иметь определенное представление об изучаемом объекте.

На современном этапе изученности региональными и поисковыми работами имеется реальная возможность формулировать основные ожидаемые параметры объектов, проектируемых для исследований:

- латеральные размеры объектов (пределы изменений);

- мощности ожидаемых пластов-коллекторов;

- интервалы глубин (пределы изменений);

- распределение скоростей с глубинами (среднее);

- ожидаемые динамические аномалии в сейсмических полях (по аналогии);

- осложненность разломной тектоникой (по аналогии и из общих геологических соображений);

- структура волнового поля, характерная для данных сейсмогеологических условий.

По этим априорным данным можно определить параметры систем наблюдений 2D, 3D, оптимально разместить сеть наблюдений, оптимизировать параметры возбуждения и регистрации, предусмотреть достаточную кратность перекрытий, обосновать требования к частотному диапазону и отношению сигнал/помеха.

Недостающую информацию о сейсмогеологических особенностях необходимо получать посредством заблаговременной регистрации и обработки волновых полей и их анализа.

На основе перечисленных входных данных спроектировать весь комплекс работ с точки зрения экономической целесообразности и геологической эффективности.

Процесс обработки при решении современных тонких геологических задач

должен быть также объектно-ориентированным. Необходимо предварительное представление и итерационное уточнение кинематической и динамической сейсмической модели для того, чтобы при обработке максимально сохранить все особенности волнового поля, в рамки которых укладываются сейсмогеологическая модель.

Для реализации описанной логики действий предлагается схема формирования модельно-ориентированной базы данных (проекта) (рис. 5).

По существу указанная схема является частью работы по анализу, обобщению геофизической информации и выдаче рекомендаций на дальнейшее направление работ. Поскольку Центр

обработки, интерпретации геофизической информации, мониторинга и планирования как правило не обладает необходимой информацией на всю территорию деятельности НК, такая схема позволяет начать аналитическую работу с территорий (зон), обеспеченных сейсмогеологической

Работа по контролю качества получаемых вновь полевых материалов включает в себя целый набор проверок.

• Внутренний контроль силами специалистов подрядчика.

• Супервайзерский контроль за выполнением

супервайзера-обработчика (представителя подрядчика-обработчика) и супервайзера-технолога (представителя фирмы, специализирующейся на контроле технологии полевых сейсморазведочных работ).

Дополнительно супервайзером-геодезистом должна выполняться работа по контролю за геодезической частью работ.

По результатам ежедневных оценок через 3 часа должен выдаваться протокол отбраковки физических наблюдений, подлежащих переработке, с иллюстрацией причин отбраковки, как в табличном виде, так и на картах.

Центр обработки и интерпретации геофизической информации					
Отделение информационных технологий	Отделение полевой геофизики	Отделение скважинных исследований для сейсморазведки	Отделение обработки	Отделение интерпретации	Отделение научно-методического развития
Отдел архивации и системного обеспечения ЦОИТИП	Отдел геодезического обеспечения	Отдел обеспечения сейсморазведки данными ГИС и петрофизическими моделями. Обработка ВАК	Отдел обработки, моделирования и анализа волновых полей	Отдел интерпретации для региональных и поисковых задач	Отдел развития технологии обработки
Отдел обработки и сопровождения геофизической информации в единой системе GIS	Отдел планирования и мониторинга полевых наблюдений	Отдел обработки и интерпретации ВСП, обобщенного скоростного анализа	Отдел моделирования для обратных кинематических и динамических задач	Отдел интерпретации для разведочных задач и оптимизации разработки	Отдел развития технологии интерпретации
	Отдел анализа изученности и планирования дополнительных исследований		Отдел обработки сейсморазведочной информации		

Рис 6. Организационная структура Центра обработки и интерпретации геофизической информации, мониторинга и планирования НК

полевых работ:

- топографо-геодезического обеспечения;
- буро-взрывных работ или возбуждений невзрывными источниками;
- сейсмических наблюдений;
- полевой обработки геофизической информации, отбраковки непригодных наблюдений;
- переработки забракованных наблюдений (дублирования).

• Контроль на территории НК силами заказчика:

- анализ правильности расчетов сейсмических атрибутов, включая выборочные контрольные расчеты;
- анализ зависимости характеристик наблюдаемых волновых полей от ландшафтных условий.

• Выбор мест для выполнения опытных работ:

- контроль за обоснованностью смещений ПВ, ПП;
- анализ обоснованности отбраковки физических наблюдений, уточнение критериев;
- контроль кондиционности передаваемой Заказчику информации (форматы, сбор, полнота);
- контроль за соблюдением контрактных условий выполнения работ (сроки, оснащение, качество, объемы).

Ниже приведен перечень контролируемых атрибутов и карт по ним, полученных в реальном времени и прилагаемых затем к отчету.

По всем площадям работ такие данные должны получаться ежедневно, в течение 3-х часов с момента передачи полевых материалов супервайзерам. Они в режиме накопления прикладываются к полученным в предыдущие дни.

Группа из контролеров должна включать

Список карт, ведущихся ежедневно и прилагаемых к отчету по полевым работам

1. Карта высот в двух вариантах:

1.1. со сглаживанием с минимальным радиусом;

1.2. с поточечными значениями на ландшафтной основе.

2. Карта глубин заряда ($h_{зар.}$) на ландшафтной основе.

3. Карта вертикальных времен (t_v) на ландшафтной основе.

4. Карта скоростей по данным $h_{зар.}$: $t_v = V$ верт.:

4.1. со сглаживанием с минимальным радиусом;

4.2. с поточечными значениями на ландшафтной основе.

5. Карта скоростей по первым вступлениям:

5.1. со сглаживанием с минимальным радиусом;

5.2. с поточечными значениями на ландшафтной основе.

6. Карта амплитуд микросейсм (осреднение по ОТВ) на ландшафтной основе.

7. Карта амплитуд микросейсм (осреднение по ОТП) на ландшафтной основе.

8. Карта амплитуд сигнала (осреднение по ОТВ) на ландшафтной основе.

9. Карта амплитуд сигнала (осреднение по ОТП) на ландшафтной основе.

10. Карта A_c/A_{max} (осреднение по ОТВ) на ландшафтной основе.

11. Карта A_c/A_{max} (осреднение по ОТП) на ландшафтной основе.

12. Карта видимой частоты сигнала (по ОТВ) на ландшафтной основе.

13. Карта видимой частоты сигнала (по ОТП)

на ландшафтной основе.

14. Карта амплитуд поверхностных волн (по ОТВ) на ландшафтной основе.

15. Карта видимой частоты поверхностных волн (по ОТВ) на ландшафтной основе.

16. Карта Ас/Апов (осреднение по ОТВ) на ландшафтной основе.

17. Карта эффективной кратности (по проекту).

18. Карта отбракованных ф. н. на ландшафтной основе.

19. Карта эффективной кратности по факту.

Перечень перечисленной информации дает возможность:

- оперативно обнаружить взаимосвязь ухудшения качества с ландшафтными условиями и своевременно подкорректировать методику работ;

- оперативно выявить и исправить ошибки в определении координат и высот ПГН, случаи необоснованных отклонений от проектных линий наблюдений;

- оперативно выявить случаи нарушения технологии возбуждения и регистрации сейсмических волновых полей;

- получить реальное представление об изменчивости динамических характеристик зарегистрированных волновых полей по площади с целью их выравнивания в процессе обработки.

Наличие большого числа лицензионных участков и широкая география их мест расположения в НК обусловили широкое разнообразие сейсмогеологических обстановок, требующих нетривиальных подходов в реализации сейсморазведочных работ. К зонам повышенной сложности нужно отнести:

- зоны с осложнением верхней части геологического разреза толщами с аномальными скоростями и переменной мощностью, являющиеся причиной искажения волновых полей;

- зоны с активной разломной сбросово-надвиговой тектоникой, осложняющей процесс достоверного восстановления геометрии изучаемых границ;

- зоны с активной соляно-купольной тектоникой, сильно осложняющие прослеживание подсолевых отражений и достоверное восстановление геометрии целевых подсолевых объектов;

- территории морской и прибрежно-морской зон с сильным осложнением регистрируемых волновых полей кратными волнами и проблемами технического характера.

Не для всех таких районов и зон имеются хорошо разработанные, пригодные для производственного применения методики наблюдений, обработки и сейсмической интерпретации, дающие результаты высокой геологической информативности.

Эти обстоятельства диктуют необходимость организации научно-методического блока, укомплектованного первоклассными профессионалами, способными решать возникающие проблемные задачи для НК.

Заключение.

Для реализации эффективного функционирования сейсморазведочной службы НК предлагается создание Центра обработки и интерпретации геофизической информации, мониторинга и планирования НК (рис. 6).

Основные функции Центра технологического

сопровождения сейсморазведочных работ:

1. Сбор, систематизация, каталогизация, архивация сейсмической и сопутствующей информации, контроль качества и интеграция в единую базу данных ОАО «НК «Роснефть».

2. Подготовка схем изученности, ландшафтных обстановок, техногенной нагрузки для конкретных сейсмических съёмок с целью их учета при составлении проектов.

3. Обеспечение проектирования оптимальных схем наблюдений для ОГТ (2D и 3D) и ВСП, контроль за их соблюдением.

4. Обеспечение оптимальных методик наблюдений при производстве полевых работ ВСП и ОГТ, контроль за качеством их соблюдения.

5. Осуществление координации действий подрядчиков-исполнителей полевых работ, подрядчиков-контролеров полевых работ, подрядчиков-обработчиков при производстве полевых сейсморазведочных работ.

6. Обеспечение подготовки данных ГИС необходимого перечня и качества, в достаточном интервале глубин для эффективного моделирования с целью решения структурных и неструктурных задач.

7. Обеспечение оптимизации процедур обработки полевой сейсмической информации материалов ВСП, ОГТ 2D, 3D для разных сейсмогеологических условий с целью повышения геологической эффективности результатов обработки.

Обработка сейсмических материалов по стратегически важным объектам собственными силами.

8. Обеспечение оптимизации решения структурных задач с целью повышения их точности.

9. Обеспечение оптимизации решения задач динамических инверсий и расчета атрибутов с целью повышения эффективности их использования для прогноза петрофизических свойств геологического разреза.

10. Обеспечение разработки регламентов для повышения качества результатов сейсморазведочных работ на всех этапах технологического процесса.

11. Обеспечение полноты и качества работ по интерпретации сейсмической информации подрядчиками и силами структур ОАО «НК «Роснефть» посредством супервайзерского контроля.

12. Взаимодействие со специалистами КНТЦ, институтов и Дочерних Акционерных Обществ в вопросах улучшения методик на всех стадиях сейсморазведочного процесса для улучшения его результатов.

Литература

1. Haldorsen H.H. et al. Reservoir Management into Next Century. New Mexico Tech Centennial Symposium, Socorro, NM, October 16 – 18, 1989. Перевод В.А. Хазова.
2. Регламент по созданию постоянно-действующих геолого-технологических моделей нефтяных и нефтегазовых месторождений.
3. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М., Недра, 1987.
4. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. М., Недра, 1982.
5. Харитонов А.Е., Токарев М.Ю. «Влияние частотного диапазона, соотношения сигнал/шум и точности анализа скоростей на оценку АВО-атрибутов». Геофизическая конференция. Ноябрьск, 18 ноября 2004.