

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО(12) **Описание изобретения**
К ПАТЕНТУ

(21) 96000276

(22) 03.09.93

(46) 30.08.99, Бюл. №2 (14)

(86) PCT/GB 93/01867, (03.09.93)

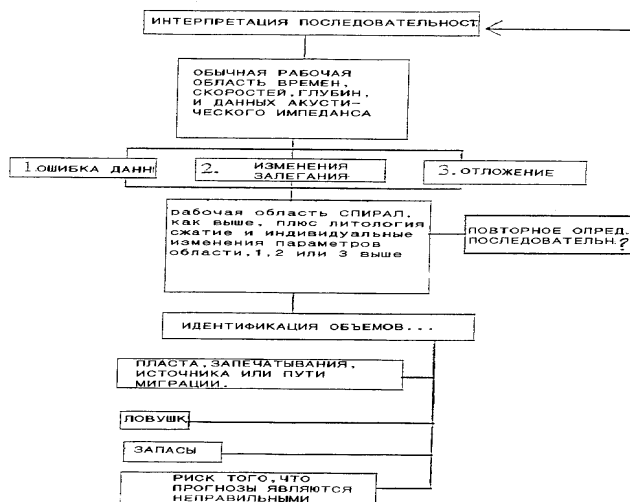
(72) Армитидж Кеннет Рейвенор Ласты (FR)

(71) (73) Спайрал Сервисез Лимитед, (GB)

(56) US, патент, 5136551, кл. G 01 V 1/00, 1992.

(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИИ БАССЕЙНОВОЙ СРЕДЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

(57) Использование: для преобразования сейсмических временных данных, с использованием данных по сейсмической глубине, в данные по сейсмической глубине/литологии для усовершенствования обнаружения углеводородов с уменьшением риска. Сущность изобретения: уменьшение риска бурения сухих скважин сопровождается использованием новой рабочей области, обеспечивающей увеличение в несколько раз числа параметров на точку данных, соответствующих геофизическому пространству и связанной с данными сейсмической последовательности. Эта рабочая область обеспечивает улучшенное разделение, определение и контроль качества ряда релевантных геофакторов, которые в свою очередь обеспечивают увеличение фактической информации о ряде свойств осадочных пород. Увеличенная в объеме фактическая информация подвергается контролю качества на геологическую возможность, а затем дальнейшему контролю на вероятность путем численного выражения истории залегания, распределения фаций отложений, а также разрешающей способности данных. 20 ил., 1 табл.



Фиг.1

Изобретение относится к геофизическим прогнозированию и исследованиям, в частности к способам и средствам оценки литологии и свойств последовательности сейсмических горизонтов, а также к использованию такой оценки для прогнозирования потенциального маета (коллектора), запечатанной залежи, ловушки или источника углеводородов и оценки риска, связанного с такими предсказаниями. Изобретение может быть также использовано при разработке угольных и минеральных месторождений, управлении водными ресурсами и подземном захоронении радиоактивных отходов.

Общеизвестно, что препятствием промышленной разведке и разработке месторождений углеводородов служат непрогнозируемое количество непродуктивных (“сухих”) скважин и связанные с ними высокие затраты финансовых средств. Согласно последним данным, полученным из существующих баз данных компаний Бек оф Брюникел, Франция и С.Н. Элф Аквитайн П., Пау, Лепт. М.С.С, около 75% разведочных скважин и более 50% всех пробуриваемых скважин являются непродуктивными. Из этих непродуктивных скважин примерно 2.5% связаны с ошибками в пространственных геометрических прогнозах на основе фактических данных, определенных в сейсмическом времени, и примерно 75% обусловлены неспособностью в настоящее время эффективно применить геологическую науку для определения по сейсмическим последовательностям свойств осадочных пород, идентифицированных на фиг.2.

Конечное число единичных геологических или геофизических причин потенциально может модифицировать различные свойства, определенные на фиг. 2, до такой степени, которая приводит к выдаче ошибочного прогноза. Эти причины или факторы могут быть названы “геофакторами” и все такие геофакторы, присутствующие в конкретном предполагаемом бассейне и т.п., имеют отношение к уравнению промышленного риска. Иными словами, прогнозы специалистов в отношении подземных залежей углеводородов неизбежно содержат элемент риска.

Некоторые геофакторы являются известными или “видимыми” для специалистов, применяющих современную технику и прикладную науку, и могут быть выражены количественно. Другие геофакторы, напротив, являются “невидимыми”, так как находятся за пределами разрешающей способности существующих способов и известных в данной области средств. Таким образом, благодаря этим невидимым геофакторам сложность проблемы разведки возрастает (возможно, как экспонента или даже как факториал) и их непредсказуемое действие и взаимодействие и являются причиной возникновения многих, если не большинства, непродуктивных скважин.

Как известно специалистам, между скважинами, а значит в тех подземных областях, в которых предполагается бурение, информация о свойствах последовательности в форме физически взятых проб должна быть получена с использованием доступных интерполированных данных, полученных из скважин, а также данных, полученных главным образом путем сейсмической разведки. Данные скважин позволяют измерять многие параметры, обозначенные на фиг.2.

Конечно, для специалистов сейсмические данные позволяют получить хорошо различимую временную информацию и данные об акустическом импедансе в виде формы волны, включающие амплитуду, частоту и фазу, а также обеспечивают удовлетворительную информацию о скорости и плотности. Однако, к сожалению, сейсмическая методика в процессе своего развития не привела к созданию надежных путей пространственного определения свойств последовательности, включающих литологию, пористость и т.д. В настоящее время сейсмический метод позволяет осуществлять промышленную обработку данных, включающих местонахождение, время, скорость, глубину и акустический импеданс, который, в свою очередь, включает параметры формы волны, фазу, частоту и амплитуду. Исторически сложилось так, что один набор свойств, определенных сейсмопетрофизически, т.е. анализом петрофизических свойств пород с использованием сейсмического метода, может соответствовать многим литологиям, так что пористость и другие свойства, обозначенные на фиг.2, не могут быть точно определены в геологически сложных зонах.

К началу 80-х годов процедуры “нормализации” получили широкое промышленное использование при оценке нормальных изменений залегания для свойств слоев осадочных пород сейсмических последовательностей, рассматриваемых через скоростные характеристики. см. например, следующую литературу:

Bulat et al. Uplift determination from interval velocity studies, UK Southern N. sea. - “Petroleum Geology of NW Europe”, p.293-305, 1987.

Wyllie et al. Elastic Wave Velocities in Heterogeneous and Porous Media. - Geophysics, v. 21, 1, Jan. 1956, p.41-70.

Formation Velocity and Density - The Diagnostic Basics for Stratigraphic Traps. - Geophysics, v.39, 6, Dec. 1974.

Brown G. Interval Velocity Studies in the Southern North Sea. - GECO Exploration Service article.

Feder A.F. Integrated interpretation for exploration. - Oil and Gas Journal, May 5, 1986, p.180-187.

Marsden D. I. Layer Cake depth Conversion. - Geophysics: The Leading Edge of Exploration, Jan 1989, p. 10-14.

Ade et al. F-test, Isochron and Seismic Facies Analysis for Isopach Summation Data Conversion. - Singapore Seismic Stratigraphy Section, May 13, 1983.

Carter M.D. II. Depth Conversion Using Normalized Interval Velocities. - Geophysics: The Leading Edge, Jan., 1989, p. 15-16.

К середине 80-х годов сопоставление прогнозируемых и фактических данных бурения выявило, что во многих предполагаемых областях бассейнов ненормальная история залегания является правилом, а не исключением. Тектоническое поведение, переменное в пространстве и во времени, непредсказуемо воздействует на изменение многих физических свойств залежей, включая скорость, а также способствует маскировке свойств отложений. Тектоническая активность, которая по меньшей мере частично способствует образованию многих ловушек, способствует также их маскировке. Негомогенное местное распределение напряжений и деформаций связано с наличием геофакторов, которые могут влиять как на отложение породы, так и на залегание уже отложенной породы. Эти часто сложные воздействия на пространственное расположение породы и ее внутренние свойства способствуют эффективной маскировке от специалистов и геологов, использующих известные методы нефтяной науки и техники. Как известно, разведку нефти и газа в мире сегодня осуществляют частные и государственные корпорации, которые обнаруживают явную тенденцию к использованию очень сходной техники.

Все геофакторы, которые по отдельности способны привести к определению геологического строения на основе сейсмических данных, следует рассматривать как “кажущуюся геологию”. Это такой вариант геологии, который вытекает из методов и средств, используемых в процессе оценки, причем его компоненты используются при прогнозировании потенциальных залежей и ловушек. Кажущаяся геология может локально отличаться от реальной геологии. Эта разница обычно достаточно велика для того, чтобы при горизонтальных расстояниях порядка 1 км оказать существенное влияние на возможность залежей. Кажущаяся геология может быть отнесена к одной из трех следующих групп:

(а) ошибка в разрешении данных, когда выявленное изменение нереально или реальное изменение не выявлено;

(б) реальная характеристика отложения

(в) реальные изменения залегания для последовательностей.

Согласно существующей практике, различные свойства пород, критически важные для разведки и производства, т.е. временные геометрические данные и параметры, перечисленные на фиг.1, пространственно прогнозируются с некоторой точностью, зависящей от корректности такого прогноза, проверяемой по результатам бурения. Имеются некоторые указания на то, что 56% скважин оказываются непродуктивными из-за ошибочного прогноза или риска определения таких свойств, что проиллюстрировано на фиг.3.

Для улучшенной интерпретации факторов риска инвестирования специалисты предварительно проводят определение и анализ этих факторов по отдельности. Ответственность за анализ этих факторов риска должны брать на себя те, кто готовит и заверяет материалы, относящиеся к документальным запросам на предполагаемые расходы. Возможность адекватного и раздельного определения достаточной доли всех релевантных геологических и геофизических факторов приводит не только к лучшему пониманию и в конечном счете снижению риска, но и к возможности эффективной автоматизации и компьютеризации связанных с этим сложных операций.

Существующие способы нуждаются в усовершенствовании и не позволяют производить достаточно глубокий анализ этих геофакторов для существенного снижения риска, как описано здесь. Однако автором настоящего изобретения сделан важный шаг по направлению к лучшему пониманию скоростей акустической энергии в осадочных породах и для определения каузальных эффектов этого, применительно к литологии и процессам после отложения. Более конкретно, методика, описанная в патенте США №5136551 автором настоящего изобретения и называемая в дальнейшем БЕКВЕМ, описывает способы и средства улучшения анализа и определения отдельных факторов, связанных с появлением сухих скважин. Это описание включено в настоящий документ посредством ссылки. БЕКВЕМ был разработан для того, чтобы обеспечить улучшенную “нормализацию” для определения и исключения как нормальных эффектов заглупления, обычных для локально простирающейся окружающей среды, так и аномальных эффектов, вызванных инверсией, невертикальным сжатием, разрывающей тектоникой и т.п. БЕКВЕМ был испытан такими компаниями, как Филлипс Петролеум, Атлантик Ричфилд, Элф Аквитайн, Саймон Петролеум и ПЕП Лтд., в Плимутском Университете, Великобритания.

Методика БЕКВЕМ позволила испытать новые промышленно применимые методы и средства улучшения разрешающей способности сейсмического метода с возможностью объединения интерпретации и риска с пространственным свидетельством действия каждого из нескольких релевантных геофакторов, определенных из сейсмических данных между контролем скважин и вблизи ловушек локального тектонического происхождения.

БЕКВЕМ, в частности, увеличил объем информации, локально относящейся к группе (в) кажущейся геологии. (Исследование было проведено по заказу Департамента торговли и промышленности Великобритании, документировано в Технико-экономическом обосновании Плимутского университета, июнь 1993 г.) Таким образом, настоящее изобретение, отталкиваясь от БЕКВЕМ, дополняет известные методики тем, что позволяет изменить восприятие кажущейся геологии путем изменения восприятия всех трех указанных групп кажущейся геологии, (а), (б) и (в), и таким образом, путем создания нового промышленного процесса, порождает новую промышленную “рабочую область”, подробно описанную ниже (фиг.20).

Для улучшения различимости подземных зон требуется выполнять не только меньше неэффективной работы, но больше полезной работы. Соответственно, для достижения существенного улучшения известных способов требуется соответствующее улучшение различимости, которое в свою очередь должно быть приемлемым образом связано с существенным увеличением нагрузки полезной промышленной работы. Это требует новаторской технологии, поскольку если бы уже существовали эффективные методы и средства, на практике признанные полезными, они имели бы в настоящее время известность и промышленное применение.

Из-за сложности обстоятельств, связанных с геофизическими свойствами, определяющими недра данного региона или бассейна, для эффективного использования концепций, воплощенных в БЕКВЕМ и описанных здесь, обычно требуется соответствующее обучение и т.п. Так, для того чтобы эффективно внедрить такую новую и сложную технологию в практику, требуется компьютеризация, включающая не только итерационную интерпретацию данных, полученных путем сейсмического исследования и т.п., но и интеграцию с геофизическими базами данных для правильной оценки и увеличения знаний

для предсказания мест разведки и разработки залежей углеводородов. Для того чтобы такое дополнение существующих способов стало эффективным инструментом, оно должно обеспечить повышение точности, что позволило бы выполнять необходимую дополнительную работу без дополнительных затрат и при использовании имеющихся баз промышленных ресурсов, накладных расходов, персонала, пространства, соответствующего материала, а также при использовании имеющихся промышленных компьютерных систем или при интеграции с ними.

Такой усовершенствованный способ перевода сейсмических геофизических параметров в петрофизику последовательности с геологически контролируемым качеством и промышленно приемлемым уровнем точности не был известен ранее. В подтверждение этого укажем, что по свидетельству таких авторитетных организаций, как Плимутский Университет, Девон, Великобритания, Маратон Эксплорейшн энд Продакшн, Великобритания, Департамент Торговли и Промышленности (О.С.О.) Великобритании, Британский Институт нефтяной науки и техники, Шлюмбергер Геоквест Системз, Инк., Лэнд-марк Грэфикс Корп. и Дигикон Геофизикл Корп., в настоящее время не существует и не разрабатывается эквивалентных или аналогичных средств.

Таким образом, указанные ограничения и недостатки существующих способов преодолеваются настоящим изобретением, при этом предложена новая методика, в особенности пригодная для уменьшения риска, связанного с геофизическими изысканиями и разведкой путем систематических и обширных анализа и оценки литологии характеристик сейсмической последовательности в новой рабочей области.

Настоящее изобретение, сокращенно названное СПИРАЛ, что в английском написании расшифровывается как “Интерпретация Свойств Последовательности и Анализ Риска”, позволяет осуществлять значительное относительное снижение риска появления сухих скважин, при этом оно включает усовершенствованное разделение и определение и контроль качества совокупности релевантных геофакторов, как указано выше (см. фиг.2). Так, СПИРАЛ не известным до настоящего времени образом использует применяемую ныне геофизическую технологию, причем варианты осуществления настоящего изобретения обеспечивают новый и синергический путь улучшения фактической информации о свойствах осадочных пород, указанных на фиг.2.

СПИРАЛ создает новую рабочую область, при этом используют в несколько раз больше параметров, чем обычно, на пространственную точку данных (фиг.20). При использовании данных, организованных в этой рабочей области, несколько отдельных факторов, связанных с изменением свойств последовательности, определяются при контроле их качества в пределах групп (а), (б) и (в), описанных выше. Это позволяет определять такие данные о свойствах с повышенной точностью.

Эффективное применение предлагаемой технологии может быть осуществлено путем обеспечения минимального человеческого участия при выполнении ее этапов. Как подробно описано ниже, материал, полученный и содержащийся в рабочей области СПИРАЛ, может быть эффективно использован для определения с применением автоматизированных и компьютеризованных систем, литологии последовательности, а также ее способности к тому, чтобы служить в качестве пласта, запечатывания, миграционного пути, источника или стратиграфической или структурной ловушки, представляющих экономический интерес. Кроме того, обеспечивая возможность такого до сих пор неизвестного определения и обработки данных, настоящее изобретение облегчает оценку ожидаемых и полевых резервов и позволяет оценить риск того, что компоненты, согласно прогнозу имеющиеся в наличии, могут не оказаться в наличии. Указанный системой СПИРАЛ путь к точности и эффективности через компьютеризацию и автоматизацию проиллюстрирован на фиг.1.

В соответствии с настоящим изобретением предложена исчерпывающая методика существенного увеличения продуктивности изысканий углеводородов. В предпочтительном варианте выполнения изобретения, как подробно описано ниже, логические этапы и

стадии СПИРАЛ объединены в пакет компьютерных программ, обеспечивающий специалистов весьма эффективным инструментом для изысканий.

Настоящее изобретение переводит данные сейсмического времени через данные сейсмической глубины в данные сейсмической глубины/литологии, исходя из которых может быть осуществлено планирование экономического обнаружения и разработки углеводородов. Сначала добиваются того, чтобы материальные данные были геологически возможными, затем добиваются их согласованности с вероятностью посредством количественного выражения истории залегания, распределения осадочных фаций и разрешающей способности данных. Используется предпочтительная первоначальная совокупность переменных пользователя по умолчанию.

Как очевидно для специалиста, для обеспечения максимальной экономической ценности сейсмических временных данных они должны освещать или делать видимым материал, определяющий наличие сейсмических последовательностей, представляющих собой поддающиеся определению слои родственного материала. Следовательно, автоматизация интерпретации времени требует в качестве предварительного условия обеспечения возможности определения тех последовательностей, которые имеются в наличии, с помощью характеристик их свойств, прежде чем границы таких последовательностей будут пространственно интерпретированы.

Конечно, латеральная селекция известных границ из известных контрольных точек и между ними может с некоторым, хотя и переменным, но все же успехом быть осуществлена в настоящее время с использованием автоматизированных процессов обработки, предлагаемых на современном рынке. Например, на рынке рабочих станций для геологической интерпретации данных доминируют Лэндмарк Грэфике и Шлюмбергер Геоквест Сервисез. Несколько компаний, занимающихся сбором и обработкой сейсмических данных, делят другой рынок и имеют потенциальную возможность перевода техники интерпретации данных в область обработки сейсмических данных.

Тем не менее, в этих имеющихся в настоящее время на рынке средствах не хватает нескольких элементов, что препятствует даже попыткам прогнозирования изысканий и разведки, рассматриваемого в настоящем изобретении. Первый недостающий промышленный элемент, предлагаемый системой СПИРАЛ, связан со сбором материала в рамках сейсмического метода, позволяющего улучшить разрешение в контрольных точках последовательностей, подходящих для продолжения интерпретационного процесса. Так, для того, чтобы данные сейсмической глубины имели максимальную экономическую ценность, они должны объединять действительный материал, определяющий границы сейсмической временной последовательности с действительными свойствами последовательности, такими как скорость, материал и т.д. для обеспечения обоснованного глубинного преобразования и пространственной оценки миграционного положения.

Второй недостающий промышленный элемент, предлагаемый системой СПИРАЛ, связан со сбором материала в рамках сейсмического метода и, при необходимости, может быть подвергнут контролю качества посредством скважинных данных, достаточных для улучшения определения для каждой последовательности литологии и ее пространственной вариации через релевантные свойства. Так, для того, чтобы литологические данные сейсмической глубины имели максимальную экономическую ценность, они должны для каждой последовательности представлять действительную информацию, определяющую литологию отложений и ее нынешние свойства, измененные за время после отложений.

Третий недостающий промышленный элемент, предлагаемый системой СПИРАЛ, связан со сбором материала в рамках сейсмического метода и, при необходимости, может быть подвергнут контролю качества посредством скважинных данных, достаточных для улучшения определения каждой последовательности, пространственного присутствия и свойств, а также и экономического потенциала пластов, материнских отложений, запечатанных последовательностей и ловушек. Для того, чтобы данные сейсмической глубины, определяющие разведку объекта потенциального экономического интереса как закрытого,

запечатанного и имеющего источник пласта, имели максимальную экономическую ценность, они должны для каждой последовательности представлять действительную информацию, определяющую степень присутствия каждого элемента риска, который может быть связан с этими данными.

Четвертый недостающий промышленный элемент, предлагаемый системой СПИРАЛ, связан со сбором материала в рамках сейсмического метода и при необходимости может быть подвергнут контролю качества посредством скважинных данных, что позволяет определить для каждой последовательности риск, касающийся перспектив и точности такой интерпретации.

Как указано выше, настоящее описание включает посредством ссылки терминологию и классификацию, приведенные в описании патента США автора настоящего изобретения, которое относится к системе БЕКВЕМ.

Для снижения существенного риска, связанного с обычными изысканиями углеводородов, настоящее изобретение использует разрешающую способность свойств сейсмической последовательности, которая в настоящее время является аппроксимацией с неизвестным компонентом ошибки разрешающей способности, свойств отложений и изменений за период после отложений. Для идентификации и уменьшения избыточного количества неизвестных и невидимых геофакторов “кажущаяся” природа таких свойств и факторов должна быть разложена на все ее значимые составляющие, а затем каждая из этих составляющих должна быть подвергнута контролю качества. В конечном счете, все составляющие суммируются и подвергаются контролю качества.

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением этапы, содержащие СПИРАЛ, могут быть суммированы следующим образом:

1. Время и “кажущаяся” скорость.
2. Нормализованная глубина и интерпретация СПИРАЛ: разрешение; “кажущаяся литология”; залегание отложений.
3. Литология СПИРАЛ: определение емкости пласта и т.п.
4. Определение запаса и риска с помощью СПИРАЛ.

Для специалистов будет очевидно, что улучшенные средства и методика СПИРАЛ обеспечивают уникальную рабочую область, в которой новые научные и производственные процессы могут быть использованы для изыскания и разведки углеводородов при сниженном риске того, что все скважины окажутся непродуктивными.

Целью настоящего изобретения является создание новой рабочей области для изыскания углеводородов, обеспечивающей увеличение в несколько раз информации на каждую точку данных в геофизическом пространстве.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание новой рабочей области, включающей улучшенное разделение и определение, а также контроль качества совокупности геофакторов для точного описания расположения углеводородов под поверхностью земли.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание способа точного различения кажущейся и реальной характеристик отложений, изменений залегания для сейсмических последовательностей и ошибок в разрешающей способности данных. Преимуществом и особенностью изобретения является то, что материальные данные, получаемые с помощью рабочей области, подвергаются контролю качества на их геологическую возможность, а затем дальнейшему контролю качества на их правдоподобие путем численного выражения истории залегания, распределения фаций отложений и разрешающей способности данных.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание способа автоматизации разведки и изыскания углеводородов с использованием современной компьютерной техники и т.п., благодаря чему специалисты могут лучше понять литологию подземных формаций и, следовательно, надежно предсказать содержащиеся там отложения.

Еще одной целью и отличительной особенностью настоящего изобретения является создание способа нанесения на карту контуров конкретной области несмотря на то, что существует гигантское количество взаимодействий между несколькими пост-депозитальными факторами. В самом деле, для существующих способов возможности адекватно нанести на карту такие сложные области мешает недостаточное понимание последствий влияния этих различных явлений на литологию и распределение скоростей. Если рассматривать только семь из этих нескольких факторов ($7! = 5040$), которые обычно образуют комбинацию, что делает невозможным точное нанесение на карту, то они образуют более пяти тысяч возможностей.

Еще одной целью и особенностью настоящего изобретения является создание способа, позволяющего специалистам снизить риск бурения сухих скважин.

Еще одной целью настоящего изобретения является дополнение существующих способов промышленным стандартом, способствующим эффективной и точной коммуникации по техническим геофизическим проблемам между сторонами.

Еще одной целью настоящего изобретения является обеспечение специалистов усовершенствованной методикой изыскания углеводородов, которая может быть использована к любому бассейну по всему миру.

Еще одной целью настоящего изобретения является обеспечение точности и воспроизводимости работ по унификации и уравниванию, благодаря чему ресурсы углеводородов могут быть поровну поделены между сторонами без интенсивных дискуссий.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание основанных на базе данных безбумажных автоматизированных средств и способа производства геофизических изысканий.

Еще одной целью настоящего изобретения является обеспечение определения местонахождения скоплений углеводородов, которые в настоящее время являются невидимыми при использовании известных средств.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание основанных на базе данных безбумажных автоматизированных средств и способа производства геофизических изысканий согласно стандартным практическим методам и процедурам данной компании.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание автоматизированной системы определения скоростей акустической энергии в осадочных породах, которая может быть удобно интегрирована в существующую компьютерную систему, предназначенную для интерактивной интерпретации данных изысканий.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание средств и способа уменьшения количества скважин, предназначенных для обнаружения и разработки углеводородов в данной области.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание средств и способа увеличения знаний о пласте и перекрывающей толще с тем, чтобы уменьшить риск при бурении из-за распределения пористости и т.п.

Эта и другие цели и особенности настоящего изобретения очевидны из нижеследующего подробного описания со ссылками на прилагаемые чертежи.

На фиг.1 изображена общая схема работ согласно предлагаемому изобретению; на фиг.2 показаны параметры для определения в рамках “восходящей” геологической оценки в соответствии с предлагаемым изобретением; на фиг.3 - причины бурения сухих скважин; на фиг. 4а - сейсмическая характеристика (область скоростей/глубин) и ошибка решения; на фиг.4б схематически изображена “кажущая величина” с фиг.4а; на фиг.5 подробно изображен алгоритм работы согласно предлагаемому изобретению; на фиг.6 изображена рабочая область, линия изменения свойств последовательности, схематично для пункта взрыва или точки сетки, согласно изобретению; на фиг.7 показан график рабочей области, характеристики, скорости/глубины/литологии/уплотнения согласно изобретению; на фиг.8 - график коэффициентов уплотнения; на фиг.9 изображены схематические

пост-депозитальные аномалии и эффект от воздействия на область разработок для последовательности; на фиг.10 - схематические пост-депозитальные аномалии и воздействие на рабочую область для пункта взрыва или точки сетки; на фиг.11 показана схема нормального залегания и воздействия на область для пункта взрыва или точки сетки; на фиг.12 - схема данного поведения области и тип литологии отложений; на фиг.13 изображен вид рабочей области изменения кластического коэффициента последовательности; на фиг. 14 - вид рабочей области изменения кластического/ карбонатного отношения последовательности; на фиг.15 - вид рабочей области, свойственный песчаникам, при этом база данных свойств получена из сетки при известных свойствах отложения и данного состояния области; на фиг.16 - то же, что и на фиг.15 в отношении известняков/карбонатов; на фиг.17 показано сложение риска; на фиг.18 изображена зона неуверенности для последовательности; на фиг.19 представлена таблица литологий для построения сетки преобразования; на фиг. 20 - рабочая область согласно настоящему изобретению.

Часть 1. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ.

Фиг.1, 5 и 20 представляют методику, воплощающую настоящее изобретение. Ниже приведено подробное описание пяти этапов от А до Д включительно. Эти этапы можно обозначить следующим образом:

А. Первоначальная обработка - ЕЕ

Б. План для миграции - ЕЕ

В. Привязка границ последовательностей - ЕЕ/СС

Г. Интерпретация границ временных последовательностей - ЕЕ

Д. Интерпретация нормализованной “кажущейся” скорости последовательности - ЕЕ/СС

Как показано выше, в дальнейшем в настоящем описании будут использованы аббревиатуры СС, ВВ и ЕЕ. СС представляет некоторые аспекты настоящего изобретения, являющиеся вкладом в известные средства. ВВ представляет некоторые аспекты БЕКВЕМ, дополняющие известные средства. ЕЕ представляет определенные знания, технологию и методику, существующие в известных средствах.

В связи с рассмотрением рабочей области согласно настоящему изобретению имеется ряд величин, задаваемых по умолчанию, для различных факторов и т.п., содержащий предпочтительный вариант воплощения. Такие ряды умолчаний позволяют пользователю эффективно справиться с большим набором геофакторов и индивидуально изменять величины, задаваемые по умолчанию. В конкретном контексте, когда рассматривается по меньшей мере одна такая величина, определяют конкретное значение по умолчанию или делают общую ссылку на умолчания СПИРАЛ.

Все последовательности, соответствующие текущей геофизической задаче, должны быть интерпретированы с точки зрения временных границ. Это требует того, чтобы все значимые объемы осадочных пород, которые физически существенно отличаются от граничных объемов, были пространственно идентифицированы в сейсмическом времени. Таким образом, предварительный анализ свойств должен быть связан с временной интерпретацией. Обработка данных предваряет этот этап и включает анализ свойств, визуализированный через скорость. Сейсмические данные не могут быть эффективно обработаны без пространственных знаний о скорости, точность которых составляет в среднем $\pm 10\%$. СПИРАЛ использует эту общую информацию и уточняет ее с помощью нескольких итераций.

Во многих случаях действительная информация о временных границах существует, охватывая все последовательности, о которых известно, что они подходят к интерпретации интересующей области. Ошибки, достаточно существенные для того, чтобы привести к появлению сухих скважин, происходят примерно в 25% таких интерпретаций. Предполагается, что многие потенциальные промышленные пользователи будут планировать применение таких интерпретаций временных границ, чтобы затем использовать СПИРАЛ и другие способы и средства для определения релевантных свойств последовательностей

и изыскательской информации. В таких обстоятельствах нет необходимости создавать компьютерные системы для автоматического выбора сейсмических последовательностей в точках контроля или автоматического выбора границ выделенных последовательностей между этими контрольными точками.

Этап А. Начальная обработка.

1. а) Загрузка среднеквадратической (эффективной) скорости (пар временных данных, полученных при обычной обработке сейсмических данных, известной специалистам и используемой ими, например, в пунктах спектра скорости на километр. В другом варианте могут быть использованы специальные обрабатывающие дисплеи сейсмического разреза) интервальных скоростей. Загрузка данных о местоположении. Для удобства эффективная скорость в дальнейшем сокращенно называется “Сэф”. Аналогично, точки спектра скорости в дальнейшем называются точками ВС.

б) Загрузка данных дорожки записи сейсмического времени путем интерпретации временной последовательности обычной рабочей станцией, включая информацию местоположения.

в) Загрузка данных по скважинам, насколько это возможно, путем интерпретационного действия обычной рабочей станции. Используются фактические данные, преобразованные так, чтобы они отсчитывались от общей поверхности, обычно среднего уровня моря: истинная вертикальная глубина, вершины последовательности, время, глубины. Акустическое преобразование для выбора футов в секунду или метров в секунду, подготовленное как для синтетической генерации, с помощью БЕКВЕМ.

2. При контроле спекта скорости (см. 1а) расчет интервальной скорости по последовательности, если данные о временных границах были интерпретированы, или, в ином варианте, по паре время/ Сэф, выбранной при обработке. Для удобства интервальная скорость будет в дальнейшем называться Си.

Определение градиентов C_n между контрольными точками спектра скорости по последовательности, превышающих указанные по умолчанию значения, с сохранением негати́ва и позитива. Например, около 10%/к., где каждая временная толщина больше или равна временной толщине по умолчанию около 2 периодов формы волны и где впадина, измеренная, например, с использованием обработки приращения времени падения, превышает значение по умолчанию, равное примерно 10°.

В том случае, если последовательности, необходимые для интерпретации, не были определены или если пользователь желает дальнейшего подтверждения действительности ранее существовавшего выбора последовательностей, следует использовать пары время/Сэф спектра скоростей, использовавшиеся при обработке или заново выбранные пользователем. Затем следует вычислить C_n и толщину на интервал и идентифицировать все вертикальные градиенты, превышающие определенное пользователем значение по умолчанию, например заданные пользователем 10% изменения C_n на единицу площади. Следует идентифицировать места, в которых вертикальная толщина не превышает значения по умолчанию, приведенного выше, и наклоны меньше значений, заданных по умолчанию.

Определяют наклон в любой зоне, где наклоны, как видно, превышают значение по умолчанию примерно 10°.

3. Определение сейсмической последовательности (А.А.П.Ж. статья 26) по спектру скорости из сейсмической обработки. Обычно временная геометрия сейсмических последовательностей определяется с использованием скважинных данных, опирающихся на сейсмическую стратиграфию в том случае, если требуется автоматизация идентификации сейсмических последовательностей. Рассматривают сейсмические данные, исследуют сопряжения отражений различных направлений наклонов с указанием возможного присутствия неконформности, усечения, перекрытия, сдвига. Рассматривают скважинные данные, исследуют скважинную акустику, редактируют, пробеги соединяют, приводят к одному уровню отсчета, подготавливают к синтетической генерации и преобразуют в линейные футы в секунду или метры в секунду, как описано в методике БЕКВЕМ. Обраба-

тывают акустику для получения на выходе изменений кажущейся последовательности с использованием изменений параметров, определенных выше.

4. Загружаются из данных, определенных в вышеуказанном пункте 2, времена общей глубинной точки ВС и связанные с ними вертикальные вариации C_n на границах интервалов, определенные при обработке данных, в рабочую станцию с некоторой способностью автоматического выделения формы отраженной волны (акустического импеданса).

а) Добавляют или вычисляют различия в зонах низкого наклона, как рассмотрено выше. Пользователь предпочтительно определяет зону путем назначения ее как размера площади выбора, например около 10 км². Затем необходимо определить по зоне, что ВС, связанный с самым низким средним наклоном, через общую длину записи, вниз до максимального времени по умолчанию, равен примерно 3,5 с. Отбирают общую длину записи в заранее заданные временные интервалы при заданном пользователем умолчании 0,5 с. (Следует учитывать, что приведены полные времена пробега,)

б) По зоне определяют группы ВС, предпочтительно по умолчанию пользователя примерно 16, наиболее близко к этой общей глубинной точке. Через ВС получают C_n из каждой пары время/ $C_{эф}$, т.е. пока не относящиеся к сейсмическим последовательностям.

в) Затем идентифицируют ВС “начальной” точки контроля зоны путем вычисления через ВС среднего значения положительного или отрицательного изменения C_n , отмечая количество интервалов и выбирая начальное число как представляющее среднюю величину с точки зрения количества интервалов, и среднюю амплитуду изменения C_n для этих интервалов. Может быть уместен автоматический поиск местных свидетельств дифракционной энергии или другой энергии, не представляющей последовательности в определяемом месте.

г) Начиная с ВС, выбранной в качестве начальной точки в зоне, для которой характерен наименьший средний наклон, задают границы C_n . Определяют границу 1, как имеющую наибольшее вертикальное изменение, а затем определяют следующие границы в порядке снижения амплитуды. Количество границ должно быть задано пользователем с принятой по умолчанию величиной примерно 20 границ. Геофизические интерпретации сейсмических последовательностей обычно отображают в среднем примерно от 8 до 12 границ последовательности, так что принятая по умолчанию величина должна быть установлена на число, большее того, которое может ожидаться для бассейна и т.п.

В соответствии с настоящим изобретением для идентификации вершины первой последовательности, которая должна быть пространственно определена, требуется проведение корреляции для определения насколько возможно хорошо боковой протяженности и поведения каждой границы, определенной по начальной точке. По точке создают график время/ C_n , на котором показаны (при величине, принимаемой по умолчанию, равной 20) определенные интервалы время/ скорость. По ВС вблизи начальной точки (принятая по умолчанию величина 16) создают графики время / C_n , как описано выше.

Начиная с границы 1, в качестве начальной точки производят горизонтальную корреляцию с соседними точками с использованием значения времени, и проводят поиск вверх и вниз по временному промежутку, заданному пользователем (рекомендуемая величина, принимаемая по умолчанию, равна 100 мс) для аналогичного изменения C_n , при аналогичном положительном или отрицательном знаке и аналогичной временной толщине. Определяют степень соответствия. Если корреляция успешная, усредняют процентное изменение C_n и сохраняют с отклонением. Определяют групповое среднее по временной толщине и сохраняют.

Для идентификации и определения базы первой последовательности просматривают для группы следующее изменение C_n , отмеченное ниже во времени, чем предыдущая пара C_n /время. Усредняют по группе изменение процента C_n , игнорируя $\pm$ и определенный пользователем приемлемый уровень горизонтальной вариации в пределах основной группы этой последовательности 1 (величина, принимаемая по умолчанию - порядка 10%/км). Усредняют временную толщину группы.

Для идентификации и определения вершины и базы следующей последовательности продолжают действовать как описано выше, при этом берут оставшиеся пары время/ C_n и используют их для начальной контрольной точки с самым большим процентным изменением C_n . Продолжают до тех пор, пока не будет определено требуемое количество последовательностей на зону. Устанавливают величины, принимаемые по умолчанию, и повторяют итерации насколько необходимо для определения требуемого пользователем числа последовательностей. (В качестве приемлемого значения, принимаемого по умолчанию, может быть взято число 15.)

В альтернативном варианте генерируют скорости C_n на более близком интервале и график, предпочтительно трехмерный, добавляя данные о наклоне и автоматически выбирая наилучшим образом соответствующий определенному пользователем по количеству последовательностей. Определяющий критерий для такого подхода может включать как интервалы скоростей и наклон, так и, возможно, данные о сейсмическом акустическом импедансе. Например, специалисты могут использовать двумерную модификацию системы “Велскэн” компании Диджикон 1974 года.

В соответствии с настоящим изобретением это генерирует оценку наличия последовательности в зонах простого сейсмического луча в перекрывающих отложениях, которая может быть использована в сочетании с сейсмической стратиграфией и контролем скважин для определения последовательностей.

5. По “начальной” площади, используя методы слоеного пирога, известные специалистам (см. методику БЕКВЕМ и статью: Marsden. Layer Cake Depth Conversion. - Geophysics, Jan. 1989, p. 10-14), полученным последовательностям и их соответствующим временным толщинам и C_n строят графики линейной скорости/глубины. Вычисляют среднюю точку последовательности, вершину и основание по глубине и проводят линию через эти точки, используя C_n другой оси. По умолчанию на вертикальной оси предпочтительно откладывают глубину, а на другой - C_n . Это создает “псевдо-инвертированное” акустическое представление по последовательности, по начальной площади. При наличии скважинного контроля в пределах этой зоны или ее окрестностей используют те же шкалы, что используются при обычном акустическом анализе скважин (заметим, что принятое по умолчанию пользователем расстояние составляет 15 км), и строят график поверх сейсмически выведенного псевдографика. Определяют соответствие между скважинными и сейсмическими данными, используя количество последовательностей, C_n и направления наклона и количество, если оно известно. Определяют, приемлемо ли согласование. Сохраняют параметры. Производят итерации и/или пользователь определяет приемлемость до тех пор, пока параметры не будут выверены.

Следует ясно понимать, что подробно описанная здесь обработка, производимая на этапе А, соответствует одному способу подготовки материала для использования на последующих стадиях и этапах настоящего изобретения. Для специалистов будет очевидно, что существует несколько альтернативных путей выполнения аналогичной подготовки и выверки данных.

Этап Б. План для миграции.

Двумерные и трехмерные суммированные данные и трехмерные мигрированные программные данные по аналогичной программе записи и обработки должны взаимно связывать (форма волны записи согласования времени) наклон, простирание и среднюю линию, пересекающую направления ориентации. Как известно, этот набор данных более удобен для корреляции посредством машины при невязке, чем другие данные. Двумерные мигрированные данные могут иметь различные невязки на линиях пересечений, в зависимости от наклона перекрывающей толщи и направления.

Все данные могут иметь различные невязки между результатами различных записей и/или обработки в той степени, которая может быть автоматически определена с помощью современной техники. Двумерные данные теперь могут быть автоматически коррелированы между суммированными и мигрированными вариантами того же линейного набора

данных. Это различие было создано на этапе обработки данных и таким образом может быть сразу удалено на другом этапе обработки данных. Существующие способы и средства, используемые для трехмерной глубинной миграции, могут быть использованы для того, чтобы помочь определить поле скоростей, наиболее подходящее для данной цели. Предполагается, что до тех пор, пока рабочие станции могут удобно снизить и определить миграционные невязки, присущие двумерным данным различных изысканий или обработки, компьютерные системы, воплощающие технологию СПИРАЛ, используют двумерное суммирование и трехмерные мигрированные данные в качестве предпочтительных данных, преобразуя их в двумерные мигрированные данные, при необходимости улучшают селекцию или линию, относящуюся к автоматической селекции. Это позволяет получить трехмерную карту или сетку миграции двумерных данных с помощью обычных методов, выбор которых, вероятно, уже имеется в предлагаемых на рынке рабочих станциях и т.п.

Этап В. Привязка границ последовательностей.

Согласно настоящему изобретению перед интерпретацией временных границ сейсмических последовательностей в пределах каждой определенной зоны, а затем между этими зонами контрольные данные, определяющие такие границы последовательностей, должны быть заказаны и взвешены. Данные по скважинам предпочтительно должны обладать высокой достоверностью, и, таким образом, принимаемые по умолчанию значения в системе СПИРАЛ должны быть получены из данных по скважинам с высоким весом. Сейсмический контроль в зонах низких наклонов, там где границы определены по угловому расхождению и по точкам ВС/ C_n , взвешиваются со средним весом, в отсутствие свидетельств, полученных из ВС, с меньшим весом. Контроль за скважинами используют, по всей вероятности, для невязок между двумерными суммированными и двумерными мигрированными данными, а также трехмерными мигрированными по глубине данными. Связи могут быть получены с использованием современных методов и средств известных специалистам. В этом контексте связи соответствуют согласованию между формами сейсмических волн. В этом случае связи касаются пересекающихся линий, так что форма волны обусловлена специфическими локальными уникальными геологическими изменениями свойств, таких как скорость или плотность.

Контроль границ временной последовательности через ВС, как установлено, может требовать регулирования для того, чтобы представлять точку в пределах периода каждой волны, которая используется в процессе интерпретации временных границ. Предпочтительное значение, принимаемое по умолчанию системой СПИРАЛ, - это начало пика под ближайшей впадиной для данных нормальной полярности. Отраженная сейсмическая энергия возникает на границе двух слоев породы с различным акустическим импедансом, то есть контрастом по скорости, плотности. Если сейсмическая волна проходит от слоя низкой скорости к слою высокой скорости, она генерирует сигнал “впадины”, а если она проходит от слоя с высокой скоростью до слоя с низкой скоростью, она генерирует “пиковый” сигнал. Таким образом, при этих обстоятельствах полярность волны изменяется. Устанавливают корреляцию между связями с использованием глубинных разрезов без использования данных сейсмической трассы. Контроль производят путем исследования процентного изменения на километр, по каждому параметру C_n , толщины, глубины. Регулирование данных контрольных точек производят в соответствии с результатами взвешивания для достижения связей. Пользователь задает приемлемые градиенты поведения. После того как произведена приемлемая корреляция между контролем, как описано выше, добавляют минимальное количество сейсмических линий, необходимых для обеспечения связей для контроля зон данных.

В соответствии с предпочтительным вариантом значение, принимаемое пользователем по умолчанию, должно лежать в пределах 250 м. Заново выбирают все ВС, данные $C_{эф}$ для новых значений C_n , используя новые данные по временным последовательностям по каждой используемой зоне, с коррелированными границами сейсмических временных

последовательностей для всех ВС зоны. Проводят контроль качества, в особенности в отношении изменений C_n на 1 км.

Этап Г. Интерпретация границ временных последовательностей.

Используют современную технику, которая работает с трехмерными данными, и адаптируют ее для двумерных данных суммирования, для того чтобы проследить многочисленные границы сейсмических последовательностей для правильного амплитудного или поверхностного картографирования. Начальными точками служат контрольные точки скважин и начальные точки сейсмических ВС. Производят повторные итерации для повторной интерпретации в том случае, если алгоритмы либо не могут обеспечить связь без превышения значений, принятых по умолчанию, в циклах невязки, либо невязки в циклах обеспечены, но километровое изменение параметров превышает заданное значение, принятое по умолчанию.

В каждом случае модифицируют (при увеличении, принятом пользователем по умолчанию, например, на 10%) один параметр значения, принятого по умолчанию, на каждую итерацию для достижения увязки в цикле. Этот формальный прием в принципе относится к технике, связанной со способностью распознавания образов, которая уже известна из современной практики и может быть поставлена двумя основными производителями, а именно ЛЕНДМАРК или ГЕОКВЕСТ. При необходимости производят редактирование вручную для просмотра состояния интерпретации или для изменения параметров.

Для всех областей с низким наклоном перекрывающей толщи существует начальная точка контроля. В разных местах, например через каждый километр, существует контроль ВС, позволяющий осуществлять слежение. Это позволяет достигнуть видимости каждой контрольной точки этих данных, прохождения процесса слежения от ближайшей точки контроля скважины или от начального контроля. Начальный контроль может включать точки очевидности, в которых границы последовательностей определяются данными по скважинам или являются видимыми для интерпретатора сейсмической информации или для интерпретирующей машины, что касается неконформностей, видимых при использовании цифрового анализа или анализа скоростей, описанного выше в пункте 4а. Слежение предпочтительно должно включать обновленные и восстановленные данные по временным точкам ВС и данные по скорости для установления соответствия этого слежения с контролем (при значении, принятом пользователем по умолчанию, составляющим один цикл), прежде чем слежение перейдет к следующей точке скорости и далее к следующей точке контроля скважины или начальной точке.

Может произойти разрыв между интерпретацией данных формы сейсмической волны и той, что получена под контролем информации точек ВС. В этом случае позволяют осуществить оптимальную связь первой с ближайшим начальным контролем, а затем производят повторные итерации данных C_n , выведенных из кажущихся последовательностей и лежащих между точками ВС. Если новое решение лежит за пределами заданного значения скорости, принятого по умолчанию, то помечают ВС, вызывающие остановку, и определяют их как неиспользуемые до тех пор, пока пользователь не модифицирует их. В тех случаях, когда наблюдаемое изменение скорости последовательности превышает градиент, определенный пользователем как возможный, такая информация является релевантной в пределах дальнейших процессов, нацеленных на пространственное цифровое выражение риска.

Производят сохранение всех оригинальных данных по $C_{эф}$, времени, C_n и данных времени последовательности, так что контроль качества может происходить при изменении итераций интерпретации данных скважин, через начальные точки, в направлении других точек скорости. Геологическая возможность определения важных характеристик существует в зонах, расположенных вне начальных зон, так что такие данные не должны быть чересчур сглаженными. Удалять следует лишь то, что невозможно с геофизической точки зрения. Значения по умолчанию устанавливают так, чтобы пользователь мог определить то, что он считает важным в окружающей среде.

В зонах слабой или нулевой горизонтальной корреляции предпочтительно должно заканчиваться слежение и обозначаться запрещенные зоны, отмеченные для редактирования пользователем и для дальнейшего анализа риска. Зоны разломов и т.д. могут породить запрещенные зоны. Автоматическое согласование с использованием форм волн и сейсмически выведенной псевдоакустики ВС, каждая из которых согласована со своим эквивалентом через каждую границу запрещенной зоны, производят для достижения наилучшего общего согласования.

Таким образом, этапы контроля качества, описанные здесь, включают следующие. Увязывают разрезы, увязывают сетку между начальным контролем и карту. Выделяют точки данных, в которых градиент, указанный на основе временной толщины, меньше двух волновых периодов или меньше заданного значения, принятого по умолчанию, или если изменение C_n превышает 10% на километр или заданное значение, принятое по умолчанию. Контроль осуществляют путем задержки по меньшей мере одной контрольной точки ВС или модификации таких точек для того, чтобы они включали локальные сверхтонкие области последовательностей в граничные последовательности с наиболее близкими свойствами C_n .

Этап Д. Интерпретация нормализованной “кажущейся” скорости последовательности.

Настоящее изобретение позволяет специалистам улучшить интерпретацию и снизить риск путем добавления данных и повышения достоверности данных, которые в настоящее время считаются недостаточно используемыми. На этом этапе СПИРАЛ может быть использован для улучшения существующих интерпретаций временных последовательностей в тех случаях, когда определение последовательностей было достигнуто другими методами, вместе с информацией о скорости, полученной из скважин и сейсмически. Интерпретация “кажущейся” нормализованной скорости последовательности, таким образом, является сопоставимой с эффективной нормальной практикой, но отличается тем, что она использует данные, организованные по другому, так что могут функционировать последние этапы системы СПИРАЛ.

1. Пункт Г, указанный выше, мог вызвать необходимость редактирования границ последовательности по времени по сравнению с теми, что были изначально определены в выше указанных пунктах. Граничную информацию большинства текущих выбранных временных последовательностей повторно связывают с контролем скважин и контролем ВС. Подтверждают, что поведение и пространственные изменения соответствуют параметрам, принятым по умолчанию. В противном случае добавляют или удаляют данные по скорости и времени. Согласно предложенным значениям, принимаемым по умолчанию, если по меньшей мере три точки ВС указывают на то, что по меньшей мере два цикла единицы формы волны связаны с информацией о скорости, отклонения которой от граничных последовательностей составляют более 10%, и если это разграничение изменения C_n может быть коррелировано между точками ВС во временных данных, то эта новая единица должна быть определена как новая локализованная сейсмическая последовательность и добавлена к временной интерпретации.

2. На этом этапе кажущиеся величины C_n сейсмических последовательностей могут быть выработаны в дискретных точках. Они не были сглажены, но подверглись контролю для исключения данных, сочтенных геофизически невозможными, путем использования значений, принимаемых по умолчанию, заданных пользователем. Таким образом, данные могут содержать, кроме вариаций свойств, связанных с отложением и/или залеганием, ошибки разрешающей способности. Кроме того, на этой стадии предпочтительно должны быть выработаны сетки для подтверждения того, что характеристики скорости и толщины соответствуют (не превышают) пределам, принятым по умолчанию. Поскольку свойства отложения, и в особенности скорость, подвергаются значительным линейным изменениям, предложено чтобы такое изменение также измерялось в процентах.

Скважины удерживают на уровне 100%, а сейсмически выведенные данные - как можно ближе, в пределах величин, принимаемых по умолчанию, установленных пользо-

вателями. Принятые сетевые данные могут присвоить значения сейсмическим точкам данных ВС, которые отличаются от оригинальных значений. Таким образом, как оригинальные, так и модифицированные данные должны быть сохранены, так что при этом могут быть обнаружены зоны более слабых данных. Предпочтительно должно быть оставлено место для некоторых изменений в пределах рабочей области, как показано на фиг. 20, для пункта взрыва для последовательности или точки сетки последовательности. Дальнейшая обработка подробно описана ниже.

3. Производят глубинное преобразование по методу слоеного пирога с использованием временных последовательностей “кажущихся” данных C_n для достижения преобразования глубины первого прохода. Наносят на карту толщины последовательностей и исследуют контроль скважин для определения повторяющихся или пропущенных участков с использованием методов и средств, известных специалистам. Например, если нанесение на карту толщины выявило существенную вариацию скважины по сравнению с прилегающей сейсмографией, следует проверить скважину в случае пропущенного или повторяющегося участка, что возможно вызвано ошибкой.

4. “Кажущееся” поведение уплотнения (см. фиг.6).

а) используя данные C_n , из принятых значений сетки создают (по умолчанию линейные) зависимости скорости и глубины по последовательностям, как описано выше. Например, C_n аппроксимируют в имеющемся диапазоне глубин прямой линией.

б) Накладывают друг на друга литологические графики, например, исходя из работы Гарднера (см. БЕКВЕМ и фиг.7), для изображения литологии нескольких основных осадочных семейств, определенных при нормальных условиях и широком залегании. По скважинам и по акустике с инверсией последовательностей проводят регрессионный анализ для вычисления средней скорости изменений скорости в зависимости от глубины. Определяют аномальное поведение по отличиям в скважинах градиента от опубликованного нормального “чистого” поведения для каждого типа литологии (см. часть 2).

Согласно настоящему изобретению данные об уплотнении необходимы для того, чтобы обеспечить возможность использования новых алгоритмов, служащих для определения и выделения путем фильтрации нескольких оставшихся компонентов изменения свойств и, следовательно, риска. Уплотнение, выраженное как изменение скорости с изменением глубины, относительно мало отличается в пределах гомогенных осадочных пород. Кластики уплотняются со скоростью от 0,2 до 0,5 м/с/м, соответственно от мелкозернистых до грубых отложений, если они являются гомогенными при нормальном залегании, с возможностью градиентов, возрастающих при наличии невертикальных напряжений. Известняки и другие карбонаты обнаруживают тенденцию к уплотнению на 75% быстрее, чем обломочные породы. Вертикальные литологические изменения в отложениях могут вызвать появление значительного различия в градиентах, но вся последовательность будет иметь тенденцию к уплотнению со скоростью, связанной с общими пропорциями имеющихся литологий. Таким образом, кластическая последовательность, утончающаяся по направлению вверх, будет обладать более высоким “кажущимся” градиентом уплотнения, чем гомогенная, но это сжатие в зависимости от глубины будет иметь другую скорость, связанную с кластическими. Большинство причин изменения свойств, связанных с аномалиями залегания, имеют тенденцию дальнейшего локального повышения скорости и плотности, а также скорости уплотнения и снижения пористости.

Существует связь между быстрыми пост-депозитальными аномалиями и временными подъемами (см. фиг.9). Отражения от крутых наклонов, связанные с дифракцией, плоскостями разломов и местными структурными наклонами могут также вызвать аномалии имеющихся быстрых данных. Меньше оснований существует для того, чтобы данные были действительно и аномально медленными, и мы можем использовать это при нашем контроле качества и анализе риска. Все данные скорости, нанесенные на график, как предложено, могут таким образом неоднозначно представлять литологию. Дедуктивные выводы, рассматривающие литологию по любому опубликованному графику глуби-

на/скорость, будут поэтому подозрительными и могут быть, например, квалифицированы словом “кажущиеся” до тех пор, пока они не будут нормализованы в той степени, которая возможна в настоящее время.

с) Оценка уплотнения является необходимой и может быть подвергнута контролю качества. Как для данных скважин, так и для данных, выведенных сейсмически, по каждой контрольной точке предпочтительно должны быть оценены как “кажущееся” уплотнение, так и градиент уплотнения, относящийся к объемной литологии для каждой последовательности в этой точке. Последняя является подходящей для модификации для использования для глубинного преобразования и т.п., а первая является подходящей для определения изменения залегания при отложении и после него, а также пространственного поведения. Что касается сейсмических данных ВС, то могут существовать три категории материала.

1) Оригинальные пары время/ $C_{эф}$ не образуют интервала полностью в пределах последней определенной сейсмической последовательности. Наносят отдельные точки на диаграмму последовательности скорость/глубина (по умолчанию линейную), возможно разделяя ее на области, и используют при регрессии с низким весом.

2) Одна оригинальная пара обработки время/ $C_{эф}$ образует интервал полностью в пределах последней определенной временной последовательности, который не был в дальнейшем сглажен или отвергнут. Наносят на диаграмму и используют при регрессии с более высоким весом.

3) По меньшей мере две пары находятся в пределах интерпретированной последовательности и их суммарный эффект не подвергался в дальнейшем сглаживанию и не был отвергнут. Наносят на график и используют в регрессии с более высоким весом. В этом случае они могут быть обработаны для выявления местного уплотнения.

г) После определения для последовательности пространственно переменных значений “К”, где “К” определено обычно как в системе БЕКВЕМ и связанных с ней публикациях, необходимо выработать две гладкие картографические поверхности. В данном контексте “гладкая” означает, что градиент между двумя точками должен быть геологически возможным, но необязательно геологически вероятным. Данные по скважинам должны быть приоритетными (по умолчанию 100%), со сглаживанием, которое зависит от надежности имеющихся данных (величины, принимаемые по умолчанию, см. выше в пунктах (в), 1,2,3).

Величина К, выведенная для использования при глубинном преобразовании и в пределах областей программ моделирования процессов отложения и пост-отложения, должна представлять близкую аппроксимацию того, как происходит уплотнение последовательности. В этом отношении величина К будет близко связана с доступными широко распространенными свидетельствами. Основные ограничения должны включать величины данных в дискретных точках. Они должны представлять известное нормальное поведение кажущейся литологии, с возможностью изменения между 50 и 200%, величин, описанных Гарднером (см. фиг.8) для литологии, принимаемой по умолчанию, для значений К, используемых при исследовании литологии отложений.

Для значений К, используемых для моделирования и глубинного преобразования, ограничения, принимаемые по умолчанию, должны быть значительно меньше. Вторичное ограничение должно представлять градиенты уплотнения между любыми двумя точками. Они не должны превышать значения, заданного по умолчанию (30%/км).

Определение поверхности “К” позволяет представить C_i в качестве C_o и К (по системе БЕКВЕМ). Это позволяет выработать новый набор карт последовательности C_o (нормализованная скорость по отношению к одному уровню), который может быть принят, и произвести контроль качества при нашем анализе области изысканий.

д) По каждой скважине и по точкам скорости мы теперь имеем “кажущиеся” данные последовательности, представляющие “времена”, которые возможно размещены неправильно, и скорости, которые также возможно не точны и размещены неправильно, а также

“геометрические данные по глубине”, которые также находится под подозрением. Все эти три параметра были ограничены до такой степени, чтобы позволить проявиться геологическим тенденциям, которые могут иметь место.

5. Объединение риска. Для каждой точки взрыва, точки сетки или точки ВС необходимо прослеживание и корреляция риска по последовательностям. Специфические локальные уровни риска классифицируют по отношению к риску данных, риску изменения свойств после отложения, риску изменения фаций отложения. В пределах области работы, как показано на фиг. 20, должно быть создано для каждой последовательности пространственное поле риска интерпретации данных. Как показано на фиг. 17, для этой “директории” материальные свидетельства должны быть добавлены, что предотвращает любую возможность того, что прогноз является неверным.

По каждой точке пространства добавляют и снова отбирают новые свидетельства, выведенные из материальных свидетельств, содержащих время, скорость, глубину или их производные, полученные по системе СПИРАЛ, с фактором литологии и уплотнения, а также других величин, перечисленных под фигурой колонки параметров, таких как:

(1) Величина, по последовательности, находится вне заданных по умолчанию/пользователем направляющих линий, была отвергнута или сглажена по точке последовательности/местоположения, это отмечают.

2) Две вертикально смежные последовательности в общей части в двумерном географическом пространстве, обе демонстрируют превышение одной и той же полярности или противоположной полярности по отношению к пользователю. Или принятые по умолчанию параметры, направляющие линии для параметра, который тогда отмечают.

Часть 2. ДАННЫЕ ПО СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГЛУБИНЕ.

Содержание:

Этап А. Глубинное преобразование нормализованных “кажущихся данных” последовательности - ЕЕ и СС

Этап Б. Нормализация изменения свойств последовательности

1) изменения после отложения - ЕЕ, СС и ВВ

2) распределение фаций отложений - ЕЕ и СС

Этап В. Глубинное преобразование в системе СПИРАЛ - ЕЕ и СС

Этап Г. Миграция трехмерной матрицы в системе СПИРАЛЬ ЕЕ и СС

Этап А. Глубинное преобразование нормализованных “кажущихся данных” последовательности.

Скорость - это качество сейсмических последовательностей, которое может быть соотнесено с использованием процессов, известных специалистам, с другими свойствами отложений, которые являются важными при инвестировании в изыскательскую деятельность. С точки зрения литологии скорость может быть связана с акустическим импедансом, активным сопротивлением, пористостью, плотностью, содержанием флюидов и т.п. Добавление фактической информации, касающейся давления и термического поведения, а также истории, позволяет осуществлять тонкое регулирование при численном выражении этих свойств.

Уточнение нормализованных “кажущихся” данных по скорости в целях улучшения глубинного преобразования неизбежно влечет за собой улучшение точности восприятия свойств пласта, наполнения образования углеводородов, миграционных потерь, резервов развития и т.п., если мы решим сделать соответствующие связи.

Глубинное преобразование нормализованных “кажущихся” данных по скорости и данных временной последовательности в соответствии с настоящим изобретением требует совместного использования:

1) временных данных о границах последовательностей и об их толщине:

а) из дискретных точек взрыва или положения общей глубинной точки.

б) или из данных сетки, полученных из 1а

2) скоростных данных последовательностей, включающих данные, описывающие пространственные характеристики поведения скорости в зависимости от глубины, выраженные в виде линейных (рекомендуемых) или нелинейных зависимостей.

Поскольку эти данные по скорости, по-видимому, могут быть выведены при меньшем контроле данных, чем в вышеуказанном пункте 1, и включают контроль данных по скважинам, существует вероятность, что это совместное использование потребует представления скоростных данных в форме сетки. В этом случае либо временные данные могут быть представлены в форме сетки с образованием совпадающих пространственных данных, либо скоростные данные могут быть заново отобраны в местах расположения временных данных, а затем в соответствии с функциями глубинного преобразования для глубины средней точки последовательности глубины в функции от интервальной скорости должны быть применены, например:

Z_1, Z_2 - глубины для последовательности 1, 2 и т.п., верхние границы (м);

t_1, t_2 - время (в одном направлении) для последовательности 1, 2, и т.д., верхние границы (с);

K - коэффициент ускорения (м/с/м);

C_0 - скорость в начале (м/с/м), выведенная как пересечение K с поверхностью;

$C_0 = Z$ (средняя точка), K раз, минус $C_{\text{интервал}}$

$C_{\text{интервал}} = (Z_2 - Z_1) / (t_2 - t_1)$.

Используя а)

$Z_1 = e^{K(t_2 - t_1)}, Z_2 = C_0 / K (e^{K(t_2 - t_1)} - 1) + Z_1 e^{K(t_2 - t_1)}$,

или б)

$C_{\text{интервал}} = C_0 + (K \cdot Z_1) / 1 - (0,5K \cdot (t_2 - t_1))$

Преобразование глубины (ЕЕ) производят в точках сетки или местах расположения временных данных, или с использованием более сложных моделей. Трехмерная миграция может быть произведена для соответствующих данных для увязки контроля качества с контролем скважин или другим контролем. Целью глубинного преобразования на этой стадии частично является дальнейший контроль этих “кажущихся” данных, а частично - подготовка данных для отдельного анализа для количественного выражения каждого важного изменения после отложения или вариаций фаций отложений.

Этап Б. Нормализация изменения свойств последовательности.

1) Изменения после отложения.

Данные были ограничены системой СПИРАЛ, включающей несколько значений, принимаемых по умолчанию, и систему БЕКВЕМ. Они содержат свидетельства, которые соответствуют высокой вероятности. Данные должны быть подвергнуты дальнейшему ограничению для того, чтобы соответствовать вероятности. Текущие данные остаются “кажущимися” в том смысле, что они кажутся вероятными, и являются результатом действительной геотехники. Современная статистика по бурению показывает, что данные, которые ограничены в меньшей степени, чем эти, по требованиям вероятности часто бывают ошибочными. Для того чтобы сделать данные более реалистичными и менее рискованными требуется применение определенных изменений в промышленных методах или принципах.

Часть 1 содержит несколько незначительных нововведений. Начиная с части 2 настоящего документа, однако, эти изменения значительно больше и отличия системы СПИРАЛ от обычной техники изысканий и разведки, применяемой в данной области, становятся очевидными. В соответствии с настоящим изобретением интеграция новой рабочей области отличается от существующих методов или методов прикладной науки тем, что существенно повышена обычная рабочая нагрузка путем обеспечения путей и средств промышленного использования материала для достижения выгоды, которая не может быть получена другими путями. Эти новые пути связаны с требованием инвестирования в обучение пользователя. В них содержится максимум низкой технологии и минимум высокой. Рабочая область СПИРАЛ (показанная на фиг. 20) содержит больше геофизически

полученных свидетельств на точку пространства по сравнению с рабочими областями, обычно используемыми специалистами. Большая часть этих свидетельств относится к локализованному контролю геофакторов по последовательности геологических свойств. Другими словами, с помощью СПИРАЛ геофизическая интерпретация была расширена и стала включать значительную долю геологической интерпретации с использованием новых путей для выработки, в основном посредством машинной работы, новых дополнительных локальных свидетельств геологии.

Свидетельства, заново подвергнутые численному выражению, могут быть менее точными, чем исторически измеряемые геологами в точках контроля скважин, но их преимущество состоит в том, что они обеспечивают дополнительные свидетельства поведения между скважинами (а также в самих скважинах). СПИРАЛ позволяет достигнуть многократного повышения пространственной информации каждой части, которая менее точна, чем та, с которой привыкли работать геологи, получаемая непосредственно путем проб из скважин с использованием врубков, кернов и материала электрического каротажа.

Системы БЕКВЕМ и СПИРАЛ обе определяют и соотносят поведение факторов несколькими путями. Как правило, основным моментом является снижение многих параметров для определения поведения в пределах области последовательность/литология/глубина/скорость/уплотнение. Из этой области могут быть определены многие другие релевантные факторы с использованием известных в настоящее время методов. В пределах этой области поведение в значительной степени взаимозависимо, через ряд известных отношений. Это позволяет осуществлять взаимное соотнесение и контроль качества последствий и эффектов в пределах области и приводит к установлению описанных новых методов и принципов.

Часть новой методики, раскрытой здесь, включает концепции и процессы системы БЕКВЕМ, которые в настоящее время определены и имеют промышленное использование по меньшей мере в двух отдельных системах, представляющих собой различные варианты ее выполнения. Так, правильное использование системы БЕКВЕМ повышает геологическую и геофизическую рабочую нагрузку на несколько процентов, что приводит к пропорциональному снижению риска бурения непродуктивных скважин, это оправданно с экономической точки зрения. Система СПИРАЛ содержит практические новые пути определения и интеграции нескольких других недостаточно используемых релевантных факторов, что способствует дальнейшему повышению нагрузки геологической и геофизической работы для снижения риска непродуктивности скважин. Тем не менее, система СПИРАЛ также является проектом, который позволяет установить связь между этим усовершенствованием и улучшенными автоматизацией и эффективностью.

БЕКВЕМ включает процессы, которые:

- 1) позволяют определять последовательности по вертикальным литологическим вариациям;
- 2) позволяют определять для каждой последовательности горизонтальные вариации скорости;
- 3) позволяют определять для каждой последовательности вертикальные вариации скорости;
- 4) позволяют определять для каждой последовательности горизонтальные литологические вариации;
- 5) позволяют определять для каждой последовательности остаточные вариации скорости, в том числе с использованием данных сейсмической интерпретации в виде сетки, тектонических изменений свойств последовательности.

Солевая (или сланцевая) инверсия “СИНВА”

Инверсия бассейна “БИНВА”

Невертикальное уплотнение “КОНВА”

Разломы “ФАНВА”,

через использование данных скважин, других изменений свойств последовательности:

Изменения давления, флюидные изменения “ПЕНВА”

Температурные, интрузивные изменения “ТЕНВА”.

Использование данных по точкам сетки, полученных с помощью этих систем, позволяет производить дальнейшую новую и другую обработку для организации и суммирования структурной информации по последовательностям, так что историческое восприятие нагрузок/деформаций может быть получено и использовано при систематизации риска вместе с другими факторами, подвергнутыми контролю качества. На глубине 5500 м чистый кварцевый песчаник при нормальном залегании имеет скорость, как у соли. На глубине 3300 м этот песчаник при воздействии на него горизонтальной составляющей напряжения, равной примерно одной трети веса его перекрывающей толщи, может также приобрести скорость соли. Это изменение может быть также создано окружающими средами, такими как дуплексы сжатия сдвига.

Система СПИРАЛ, включающая систему БЕКВЕМ, может определять, подвергать контролю качества и выделять путем фильтрации этот эффект. Таким образом, при использовании методики БЕКВЕМ может быть квалифицировано или отфильтровано кажущееся поведение свойств последовательности для того, чтобы, во-первых, обеспечить ее возможность, рассматривая общую модель, установленную с помощью обработки, и, во-вторых, обеспечить ее вероятность путем фильтрации из вышеуказанного пункта (г) (латеральная литологическая вариация) отдельных локализованных изменений, определенных в пункте (д) (остаточная вариация скорости), для улучшения контроля качества поведения отложения. В процессе работы БЕКВЕМ осуществляет поиск свидетельств изменения по последовательностям контроля скважин, а затем осуществляет отдельный поиск свидетельств в сейсмической макроформе, которые она отбирает для контроля качества в местах контрольных данных, а затем применяет описанные изменения как подходящие с помощью сейсмической формы. Поскольку остаточные вариации скорости имеют тенденцию быть вариациями после отложения, которые однозначно являются:

- а) нелинейно распределенными между местами контроля данных;
- б) не могут быть отобраны с приемлемой точностью посредством сейсмического процесса по трассе или микрошкале;
- в) БЕКВЕМ является единственным методом, способным к выводу и преобразованию релевантного материала, определенного по макрошкале (и верифицированного по микрошкале в точках контроля данных), часть системы СПИРАЛ должна использовать процессы системы БЕКВЕМ.

Удаление, по последовательностям, пространственно изменяемых вариаций истории залегания позволяет системе СПИРАЛ использовать новые процессы для отделения и контроля качества факторов, влияющих на свойства осадочных пород при отложении.

2) Распределение фаций отложений.

С тех пор как была изобретена “сейсмическая стратиграфия”, в каждом из много численных бассейнов, где существуют неправильно интерпретированные фации отложения, было пробурено множество сухих скважин. Например:

- а) ПЕРЛ РИВЕР МАУТ БЕЙЗИН, Китай, где озерные низкоэнергетические отложения, имеющие потенциал источника могут быть отделены от более высокоэнергетических отложений, имеющих меньший потенциал, только с использованием сейсмической стратиграфии, а также интерпретации нормализованной скорости, как описано выше;
- б) НОРТ СИ, САЗЕРН, где вариации толщины в базальтовых ангидридах, имеющих высокую скорость, являются видимыми для интерпретации с помощью сочетания сейсмической стратиграфии и интерпретации нормализованной скорости;
- в) НОРТ СИ, САЗЕРН, где низкие известняковые последовательности редко бывают выделены в качестве отдельных последовательностей, но они все же достигают 50% вариаций скорости по сравнению с нормальным известняком, причем это явление может быть хорошо интерпретировано с использованием методик сейсмической стратиграфии и нормализованной скорости.

Эти и другие распределения фаций отложения и в настоящее время являются понятными главным образом благодаря бурению в каждом случае множества непродуктивных скважин. Для специалистов очевидно, что настоящее изобретение предлагает новую технологию, которая позволяет ясно разглядеть фации отложения. Опубликованная документация по сейсмической стратиграфии описывает параметры, позволяющие определить сейсмические последовательности (например, документ A.A.P.G., Memoir 26, а также большинство имеющихся на рынке учебных пособий по этому предмету). Система СПИРАЛ привнесла несколько новых процессов именно в эту область оценки скорости, которые предназначены для улучшения автоматического определения и выделения сейсмических последовательностей и которые определяют локализованные появления последовательностей, свойства которых рассматриваются как расположенные вне диапазона поведения, определяемого значением, принятым по умолчанию, по отношению к граничным последовательностям.

Современная сейсмическая стратиграфия показывает как для каждой последовательности

а) внешняя форма, исследованная с помощью внутренней формы, выраженной как “хроно-стратиграфический разрез”, определяет пространственно изменяемые факты об окружающей среде;

б) поведение границ и промежутки в записях по осадочным породам определяют пространственно изменяемые факты об истории отложения.

СПИРАЛ требует, чтобы некоторые части информации были определены по каждой последовательности по взрыву, общей глубинной или сетевой точке (или по умолчанию, по точке ВС), без уже загруженных, сохраненных и интерпретированных данных так что улучшенная информация о пространственных вариациях свойств последовательности может быть подвергнута дальнейшему подтверждению. Численное выражение и контроль качества анализа фаций отложения в системе СПИРАЛ продолжает использование литологии, области скорости в качестве общего знаменателя, обеспечивающего различимость большинства промышленно релевантных свойств породы.

Внутренняя и внешняя формы последовательности.

Данные, хранящиеся в системе СПИРАЛ, должны быть обработаны для пространственной интерпретации того, является ли отложение:

наземным, главным образом, озерным или речным
близким к берегу
шельфовым
расположенным на склоне
абиссальным

Эти термины использованы для определения основных видов окружающей среды для отложений осадочных пород. Горизонтальные и вертикальные изменения последовательностей в литологии отложения обычно ограничены тем, что являются физически возможными при таком отложении. Система СПИРАЛ содержит структуру, в которой неправдоподобные процессы выделяются, так что их неправдоподобность может быть связана с риском того, что такое развитие не является вероятным на 100%. Например, кластики, расположенные в мелких водах вблизи берега, могут перемежаться с эвапоритными осадочными породами, но не с глубоководными карбонатами.

Эта информация подвергается контролю качества с использованием других сейсмических стратиграфических данных и “кажущейся” литологии, определенной из процессов, осуществляемых до этой стадии, для определения фаций отложения.

Выделенная последовательность должна быть исследована на указания среды происхождения, изменения пространственно приемлемым путем, которые могут быть подвергнуты контролю качества посредством встроенных значений, принимаемых по умолчанию.

Способ.

В связи с системой СПИРАЛ должны существовать временные вершины и основания последовательности по каждой точке взрыва, плюс запись формы волны, связанная с возможностью горизонтальной корреляции от трассы к трассе и выделения сейсмических событий. Хроно-стратиграфические разрезы могут быть быстро построены посредством автоматической селекции всех внутренних событий, которые имеют характеристики плоскостей наложения, и их сглаживания. В этом случае границы последовательностей могут быть параллельны этим плоскостям или пересекать их. Это позволяет системе СПИРАЛ извлекать пользу из сейсмической стратиграфии, которая не обязательно должна быть комплексной.

Следующие параметры по каждой последовательности являются подходящими для обеспечения важного подтверждающего свидетельства для ранее определенного материала (по умолчанию, например, в начальных зонах);

1. Хроностратиграфический разрез.

Форма указывает на среду происхождения от земной до глубоководной. Осадочные породы на склоне определяются путем вертикального сдвига более молодых (высоких) плоскостей в направлении большей глубины, т.е. связи границ последовательностей являются угловыми, а верхняя граница поднимается в сторону фронта уклона. Шельфовые осадочные породы имеют тенденцию обнаруживать гораздо более слабые свидетельства этого, а наземные и абиссальные осадочные породы имеют тенденцию обнаруживать меньшую дивергенцию и меньший тренд.

2. Вид граничных зависимостей.

Вид граничных зависимостей может быть полностью классифицирован как указано ниже (или, более просто, с использованием информации #), слоистый, простой (т.е. параллельный #, дивергентный #), сложный (т.е. наклонный, сигмоидальный), лишенный отражений, хаотический #. Наземные, береговые, большие озерные осадочные породы, как правило, имеют параллельные слои, которые являются дивергентными/хаотическими. Шельф, в целом параллельный, локально является слабо дивергентным. Склон, в целом дивергентный, локально является хаотическим. Абиссаль, в целом параллельная, локально является хаотической.

3. Характер внутренних отражений.

Характер внутренних отражений с точки зрения амплитуды, частоты или непрерывности может быть выражен количественно. Анализ последней может быть достаточным.

Наземный	Прерывистый
Береговой, относящийся к большим озерам	В целом прерывистый, локально непрерывный.
Шельф	В целом прерывистый для кластиков, в целом непрерывный для карбонатов.
Склон	В целом непрерывный.
Абиссальный слой	В целом непрерывный, локально прерывистый.

4. Нормализованные БЕКВЕМ скорость и глубина.

Нормализованные скорость и глубина в системе БЕКВЕМ известны, сохранены для каждого пункта взрыва и могут быть нанесены на график в зависимости от скорости/глубины/литологии для получения наилучшей текущей оценки литологии.

Наземный, мелководный вблизи берега	Кластики, ограниченные
Карбонаты	Эвапориты
Шельф	Кластики, карбонаты
Склон	Кластики, карбонаты, рифы

Абиссальный слой Кластики, карбонаты

Информация, полученная из скважин, локально устраняет необходимость использования сейсмической стратиграфии.

Сейсмическая стратиграфия является полезным инструментом в наименее исследованных бассейнах. Большинство релевантных факторов, полученных как описано выше, могут быть удобно разделены и соотнесены друг с другом более быстрым экономичным способом, чем ранее. Пользователи должны установить значения, принимаемые по умолчанию, однако вышеуказанные параметры могут быть определены при минимальном количестве операций с использованием уже организованного, загруженного, обработанного и сохраненного материала.

Четыре семейства переменных описаны выше, на основе которых может быть сделана классификация в одной из пяти областей отложения. Основные моменты сходства, которые могут присутствовать в этом анализе, существуют между карбонатным шельфом и абиссальными осадочными породами. Осадочный клин существует между двумя областями. Он, а также его стороны обращенные в сторону суши и в сторону океана, могут быть легко распознаны при использовании описанных процессов и могут быть использованы в процессе определения (фиг.18). Используемые классификации, в которых используются скорости, сопоставляют со свидетельствами, полученными из (2) хроностратиграфии (3) вида последовательности и (4) внутреннего характера последовательности.

Пользователь может облегчить дедуктивное определение вероятной среды происхождения (5). Было организовано пять каналов материальных свидетельств относящихся к горизонтальному и вертикальному поведению геологических свойств для того чтобы лучше определять вероятность того, что эти свидетельства являются значимыми. Каждый район связан с различным потенциальным вероятным покิโลметровым изменением свойства (в области последовательность/скорость/литология/глубина/уплотнение), которое может быть встроено в фильтры значений, принимаемых по умолчанию. Береговые осадочные породы могут быть различными. Состав шельфов может изменяться от кластических пород до пород, богатых карбонатами, склоны могут содержать рифы или гравитационные оползни и т.п. Большинство признаков отложений (включая каналы, веерообразные образования, аллохронные элементы, рифы, и т.п.) могут быть, по отдельности интерпретированы как латеральные вариации скорости, другие представляют обычные вертикально разделенные элементы, вертикальные литологические вариации, такие как пережающиеся соли и другие эвапориты, имеющие более высокие скорости.

Наиболее важные причины изменения свойств отложений приводят к отдельному выделению сейсмических последовательностей. Следующая наиболее важная причина изменения свойств является результатом аномальной истории залегания, которая в настоящий момент также может быть рассмотрена. Более раннее измерение и анализ процессов после отложения определили активность во время отложения (или между отложениями) более поздних последовательностей. Это позволяет коррелировать действие процесса с сопутствующим отложением.

По точке контроля данных, в сетке или сейсмической общей глубинной точке, необходима для всех последовательностей от поверхности до пласта (коллектора) или источника классификация, описывающая:

а) суммарное расширение или сжатие или другую потенциальную причину изменения залегания, которая оказала воздействие, и, как следствие из этого,

б) компоненту расширения или сжатия, существовавшую при отложении. Основание и вершина, а также толщина, наклон, направления и схемы поведения последовательности могут быть исследованы для количественного выражения данного фактора.

Обычно распределение фаций является региональной классификацией в пределах бассейна, произведенной путем организации фактической информации, включающей историю отложения, среду отложения и литологию. Пункт 4, изменения после отложения, редко упоминается в литературе, однако он может изменить “кажущийся” характер лито-

логии и таким образом определенное “фациальное распределение”. Никакая подробная работа по распределению фаций в системе СПИРАЛ не приемлема до тех пор, пока не будет произведена должная обработка для определения кажущихся последовательностей и их литологий перед оценкой и удалением всех локализованных (остаточные вариации скорости) причин пост-депозитального изменения свойств путем фильтрации.

По каждой последовательности значения, принимаемые по умолчанию, предпочтительно являются встроенными, они позволяют обеспечить определенные скорости изменения сохраняемых параметров. Рассмотренное пространственное изменение одного параметра может быть связано с предполагаемым изменением другого параметра, и это должно быть обнаружено и использовано в качестве существенного свидетельства. Расчетные критерии на этом этапе скорее требуют, чтобы эта способность была встроенной, чем чтобы каждая зависимость между потенциально связанными переменными параметрами была численно выражена. Предложено, во избежание ненужных манипуляций с данными при использовании прототипа, данные, описывающие эти параметры, удерживать в местах скважин и в тех местах, в которых производится сейсмический контроль ВС.

Обычные интерпретационные системы сохраняют в дополнении к прослеженным данным, касающимся формы волны, время границ последовательности, а также данные по скорости. Система СПИРАЛ требует, чтобы существовали дополнительные поля позволяющие определение и перекрестное соотнесение:

- картины границ;
- характера последовательности;
- характеристик уплотнения;
- изменений свойств после отложения (которые могут быть нескольких типов - см. фиг.8);

- +полей для сохранения “риска” совпадения между наблюдаемым поведением одного фактора и наблюдаемым поведением другого;

- среды отложения
- фаций.

Значительные горизонтальные и вертикальные изменения свойства пород последовательности могут иметь место, но не быть точно отражены в “кажущихся” данных. Данные о свойствах, прослеженные в микромасштабе в системе СПИРАЛ, должны включать достаточное представление, по существу кажущегося свойства, наблюдаемых возможных изменений через залегание и наблюдаемых возможных изменений через отложения. Это позволяет системе СПИРАЛ с большей достоверностью и меньшим риском определять поведение свойств, совместимых со всеми тремя, и с гораздо меньшей достоверностью определять поведение, при котором отсутствуют либо два, либо один из трех. Это также позволяет осуществлять перекрестное соотнесение наблюдаемых изменений после отложения на фоне эффекта такого воздействия на одновременное отложение.

Перед преобразованием глубин и миграцией в системе СПИРАЛ необходима дальнейшая фильтрация/контроль качества кажущихся нормализованных данных скорости последовательности.

1. С_и, допуская изменение, принимаемое по умолчанию (по умолчанию, скорость $\pm < 25\%$ /км), в пределах общих границ, определенных кажущейся литологией (часть 1).

2. Наблюдаемое вероятное изменение истории залегания и создание фильтров для подчеркивания эффектов каждого процесса (часть 2, скорость $\pm < 15\%$ /км, в большинстве бассейнов).

3. Требуется новая фильтрация этих нанесенных на карту нормализованных данных, при этом изменения после отложения определены и удалены, так что оставшиеся изменения могут быть выделены, что определяется значением, принятым по умолчанию как $\pm >$, чем% величины (например, 5% /км),

Фильтрация осуществляется в отношении изменений, указанных выше в пункте 3, для подтверждения их надежности посредством

- 1) среды отложения, района;
- 2) изменения в картине;
- 3) изменения характера при контроле, приводящего к аномалиям;
- 4) определения числа контрольных точек, приводящих к аномалии;
- 5) исследования граничных последовательностей для обнаружения аномалий, которые могут иметь относительно большую или малую скорость.

Каждый параметр взвешивается (по умолчанию $\pm 20\%$), так что изменения, основанные на всех пяти пунктах, имеют тенденцию к сохранению, но изменения, не основанные на трех из всех пяти пунктов, уменьшаются на соответствующую величину, принятую по умолчанию, например 60%.

Последующие распределения нормализованных скоростей последовательностей в системе СПИРАЛ в дальнейшем принимают и используют для участия в других процессах системы, таких как:

- глубинное преобразование последовательности;
- трехмерная матричная миграция;
- фации отложения/картография литологии;
- картография свойств пласта, источника, запечатывания, миграции, анализ риска.

Этап В. Глубинное преобразование в системе СПИРАЛ.

Система СПИРАЛ суммирует фильтры скорости изменения последовательности, которые подвергаются контролю качества при учете кажущейся нормализованной скорости, кажущегося уплотнения и кажущейся литологии. Удаление изменений залегания из кажущихся данных оставляет картированные данные по скорости последовательности, подготовленные к тому, чтобы быть представленными при контроле отложения. Нормализованные скорости, фильтрованные посредством остаточных вариаций скорости, затем подвергаются контролю качества, как показано, при сравнении с данными наблюдения сейсмической стратиграфии. Сумма фильтра, прошедшая контроль качества, добавляется к скорости поведения отложения в системе СПИРАЛ для создания полей скорости для представления приемлемого текущего поведения. Результирующие поверхности последовательностей могут быть подвергнуты дальнейшему контролю качества по обычным методикам моделирования. Ряд данных слоеного пирога временной последовательности существует вместе с материалом, хранимым в совместимых и доступных местах.

Контрольные данные привязываются при использовании этого процесса, поскольку изменения скорости, происходящие в местах расположения скважин, включают контролируемые по качеству компоненты залегания и другие изменения, а также используются для определения фильтров. Оценка свойства в раннем отложении включает нормализацию, которая позволяет осуществить привязку к скважинам, на которые не воздействуют аномальным образом путем пост-депозитальных остаточных вариаций скорости. Глубинное преобразование продолжается как описано выше, но с улучшенным скоростным материалом.

Этап Г. Миграция трехмерной матрицы в системе СПИРАЛ.

Как трехмерная сетка или обычная глубинная точка миграции двумерных данных, так и построение лучей дают результаты, относящиеся к используемой модели скорости. Миграционные системы, разработанные для двумерного суммирования или двумерных миграционных данных, предлагаются на рынке, и их эффективность частично зависит от изменения компонентов наклона и направлений по отношению к направлению выборки. Данные требуют миграции по трем измерениям и для этого должны быть связаны с возможностью рассмотрения двумерных сейсмических записанных данных в их мигрированном положении, при этом данные должны быть преобразованы в трехмерные.

Сейсмической энергии, распространяющейся от энергетического источника вниз по сфере и отраженной от границы последовательности с возвратом в приемную микроплоскость или геоплоскость, назначается глубинная точка. Если эти последовательности явля-

ются горизонтальными, эта точка имеет тенденцию быть по вертикали ниже средней точки между источником и приемником. Если эти последовательности наклонные, то точка, от которой отражается энергия, лежит где-то выше по наклону по отношению к средней точке между источником и приемником. Существуют различные двумерные и трехмерные миграционные алгоритмы, предназначенные для определения и восстановления данных сейсмического отражения в положении, пригодном для исправленных лучей. Такие алгоритмы имеют высокую чувствительность к используемым скоростям. Таким образом, улучшенная информация о скоростях последовательностей, установленная в системе СПИРАЛ, находит применение в сейсмической двумерной и трехмерной миграции.

Как очевидно для специалистов, улучшение информации о скорости, присущее комбинации методик БЕКВЕМ и СПИРАЛ, позволяет добиваться значительного улучшения миграции и траекторий лучей. Термин “матрицирование”, используемый здесь, относится к очевидной возможности того, что комбинация существующей миграционной технологии плюс улучшенные свидетельства поведения скорости последовательности может позволить не только улучшить миграцию граничных поверхностей последовательности, но также улучшить миграцию двумерных и трехмерных данных об акустическом импедансе в трехмерное положение, зачастую за пределами плоскости двумерного разреза. Кроме того, указанное здесь матрицирование позволило бы затем осуществить интерпретацию между в данный момент локальными невертикальными недвумерными формами волн и всеми точками пространства между этими формами волн и формами волн на соседних трассах. Этот процесс может быть проведен с помощью данных интерпретации временных границ, а также миграционного процесса и оценкой скорости последовательности.

Очевидно также, что система СПИРАЛ будет способствовать миграционным процессам, в которых, как известно специалистам, преобразование двумерных данных в трехмерные облегчено при улучшенной информации о пространственной скоростной литологии и свойстве. Имея этот более высокий уровень понимания, методики и средства, необходимые для выполнения этого этапа, можно найти в известной практике.

Таким образом, каждая двумерная точка взрыва или трасса общей глубинной точки может представлять пространственно переменные недра. Если существует достаточное покрытие временных данных, а также покрытие данных скорости, то двумерные данные в системе СПИРАЛ могут быть с пользой матрицированы в простую трехмерную сетку, например, используя технику, уже использующуюся в трехмерной миграции карты. Это позволяет разместить информацию трассы, которая описывает точку пространства, в этом пространстве, а все остальные точки, описать с наилучшей оценкой этого пространства. Кроме того, это позволяет добавлять новые данные для покрытия установленных точек в пространстве для обеспечения эффективности процесса контроля качества и для улучшенной интеграции с данными, представленными в трехмерной форме.

Поскольку трехмерный процесс глубинной миграции вырабатывает информацию, необходимую для преобразования данных трассы из двумерной позиции в трехмерную позицию, то он также может быть использован для масштабирования данных временного разреза для преобразования их в данные глубинного разреза, что таким образом позволяет придать глубину трехмерной сейсмической информационной сетке. Существуют зависимости между скоростью и глубиной, необходимые для этого действия, и текущие алгоритмы миграции возможно должны быть отрегулированы для того, чтобы включать эти зависимости. Сейсмически выведенная контрольная информация по скорости, а также поправки к ней, полученные путем анализа депозитальных и постдепозитальных данных, представляют двумерные определенные позиции. Алгоритмы, используемые при контроле, таким образом должны переместить этот контроль в подходящее трехмерное положение и произвести повторную итерацию определенных контрольных параметров.

Данные формы волны, прослеженные по времени, отбираются каждые несколько миллисекунд, тогда как данные по границам последовательности и границы последовательных хроностратиграфических внутренних данных залегания отбираются при больших

интервалах. Для сведения в матрицу сетки данных по акустическому сопротивлению между точками двумерных данных глубины, подвергшихся миграции, требуются дополнительные действия. Будут иметь место вариации толщины последовательности, которые могут быть связаны с эрозией вершины, основания или внутренней части, а также переменным отложением.

Новые действия.

1) Интерполируют глубинную толщину из новых трехмерных позиций сейсмических данных.

2) Анализируют и согласовывают форму волны акустического импеданса, взвешивая с более высоким весом контрольные данные и данные со сниженным риском, определенные в пункте “суммирование риска”. Изменение между новой трехмерной точкой взрыва или общей глубинной точкой должно быть настолько постепенным с точки зрения свойств, насколько позволяют предпочтительные значения, принятые по умолчанию в системе СПИРАЛ, так что изменения элементарной волны должно выражать это, и может быть проведено путем регулировки для гладкой интерполяции.

3) Требуемая мера интерполяции может храниться в сумме риска.

4) Если данные хроностратиграфии/картины четко определяют потери отложения в некоторой области, это скорее всего обусловлено эрозией вершины и может быть встроено в процедуру согласования формы волны в качестве значения, принимаемого по умолчанию.

5) Формы оригинальной записи данных по акустическому сопротивлению, сведенные в трехмерную матрицу, могут быть закодированы (с использованием цвета) иным образом, чем при интерполяции.

б) Проекты, разработанные в системе СПИРАЛ, будут вырабатывать релевантный материал, существенно отличающийся от других интерпретаций с использованием тех же данных.

Различное восприятие времени последовательности, скорости и литологии данных сжатия, различное восприятие изменений залегания, фации отложения и различное восприятие глубинного преобразования и трехмерного положения. Данные изыскания в системе СПИРАЛ будут с пользой подвергнуты контролю качества посредством балансирования разрезов и палинспастической реконструкции и установленное соответствие установленных моделей может быть добавлено к данным по риску.

Некоторые имеющиеся на рынке рабочие станции имеют возможности, относящиеся к:

форме волны акустического импеданса/данным по времени;

обработке после суммирования;

манипулированию данными из скважин;

ручному, полуавтоматическому, автоматическому выделению границ последовательности;

нанесению на карту/созданию сетки;

миграции/построению лучей;

двумерной и трехмерной визуализации, и таким образом могут быть адаптированы для автоматической работы в системе СПИРАЛ. Как правило, рабочие станции произведены фирмами ЛЕНДМАРК, ГРЭФИКС и ШЛЮМБЕРГЕР ГЕОКВЕСТ, но как должно быть очевидно специалисту, методика и технология, описанные здесь, могут быть использованы практически на любом имеющемся на рынке компьютере, включая обычные компьютеры, миникомпьютеры или микрокомпьютеры при условии, что их производительность достаточно велика. Принимая во внимание, что производительность рабочих станций, основанных на микропроцессорах, постоянно возрастает, то существует таким образом возможность применения техники и методики СПИРАЛ на таких рабочих станциях (возможно даже с хранением в постоянной памяти или в перезаписываемой постоянной памяти) для использования ее в полевых условиях или вблизи от мест сбора данных и т.п.

Часть 3. СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЛИТОЛОГИЯ/ДАННЫЕ О СВОЙСТВАХ.

1) Литология

Целью настоящего пункта является классификация и сохранение, для всех последовательностей во всех местах выборки, определения литологии, включая сжатие, разделенного по категориям типа, скорости и глубины пород, так что свойства, относящиеся к запасам и риску, могут в дальнейшем быть вычислены. Система СПИРАЛ имеет дело с сейсмическими последовательностями. Путем преобразования можно сохранить форму волны акустического импеданса и обозначить литологию с помощью цветового кодирования, считываемого непосредственно с диаграммы скорости /глубины/ литологии, описанной выше, при должном учете уравнивания усреднения времени. Графики скорость /глубина/ литология, представленные на пролагаемых чертежах, являются схематичными. Если выбранная последовательность является негомогенной в том смысле, что она содержит включения смешанных литологий, например тонких и грубых кластиков, или кластиков и эвапоритов, то общая скорость будет соответственно искажена известным для специалистов образом, так что сетки рабочей области в системе СПИРАЛ могут быть отрегулированы в соответствии с этим явлением.

Прямое преобразование с приемлемой для практических целей точностью между скоростью и литологией является целесообразной только в том случае, если скорость известна с точностью около 95% или выше, что в настоящее время достижимо в большинстве областей большинства бассейнов и что может быть еще улучшено с помощью описанной системы, до более чем 90% площади большинства бассейнов до глубины более 3000 м для описанных сейсмических последовательностей и при нормальной, протяженной или имеющей численно выраженную аномалию истории залегания. Методика, впервые использованная Гарднером и недавно усовершенствованная Картером, была улучшена посредством настоящей работы, так что описанная здесь трансляция теперь является практически возможной для подавляющего большинства осадочных бассейнов, представляющих промышленный интерес с точки зрения разведки нефти и газа. В прошлом эффективность, которая определялась анализом результатов бурения, была явно неприемлемой во многих областях многих бассейнов, где изменения свойств в процессе залегания невозможно было обнаружить с использованием имеющейся техники.

При использовании системы СПИРАЛ, составляющей предмет настоящего изобретения, данные организованы для двух вариантов применения. Первый вариант, описанный выше, назначает только одну литологию/последовательность/ сетку или точку взрыва. Именно этот метод, рекомендованный для использования в качестве прототипа, может быть затем отображен на карте или на разрезе. Второй вариант отличается чувствительностью к вертикальным изменениям в литологии последовательности благодаря анализу изменения акустического импеданса для точки, т.е. охватывающему все точки или точки выборки, такие как начальные точки. Существующая технология может ослаблять значительное количество данных отраженных волн, не имеющих отношения к последовательности в рассматриваемом пространстве. Информация, улучшенная при использовании системы СПИРАЛ, может быть использована для дальнейшего улучшения этого сглаживания с помощью этой существующей техники. Отраженные данные также нуждаются в оценке для подтверждения того, что поведение сопоставимо с существующей информацией и с данными соседних трасс, а также с данными из пограничных последовательностей.

Система СПИРАЛ и входящая в нее система БЕКВЕМ позволяют различать изменения свойств последовательности и манипулировать ими по отдельности, а также контролировать качество в области скорости. Зная скорости /литологии/ глубины, проницаемость, плотность, пористость и т.п. можно затем вычислить с использованием известной в существующей практике информации. Автоматическое определение набора свойств, являющихся существенными для анализа перспективности изысканий, запаса и оценки производительности, является важным.

Таким образом, скорости, используемые как переменные, относятся к способности восприятия в отношении:

к разрешающей способности до 15;

аномальным изменениям залегания, вызываемым кластками и многими карбонатами, т.е. большинством осадочных пород, представляющих интерес, до 15-30%;

изменениям отложения на $>15\%$,

при этом существует немало причин сомневаться в детальной литологической классификации или в других свойствах, использующих скорость, несмотря на то, что в случае простых бассейнов существуют простые и точные методы корреляции.

2) Свойство

А) Целью настоящего пункта является определение с использованием известных критериев на основе данных, содержащихся к настоящему моменту в системе СПИРАЛ, тех литологий и связанных с ними свойств, которые представляют экономический интерес в качестве пласта (коллектора), источника или запечатывания. Отложение существенно влияет на литологию, которая выделена в качестве пространственного параметра в системе СПИРАЛ. Изменения в отношении песка/сланца или карбоната/кластика обеспечивают свидетельство зависимости поведения между литологией отложения и скоростью. Залегание оказывает значительное влияние на имеющиеся в настоящее время свойства каждой литологии в каждой точке пространства и также являются выделенным параметром, преобразованным в область скорости/глубины в системе СПИРАЛ.

Для каждой определенной литологии существует зависимость поведения между историей залегания /скоростью/ пористостью/ проницаемостью. Таким образом, в системе СПИРАЛ должна существовать классификация, определенная заранее или посредством значения, принимаемого по умолчанию, введенного пользователем, по каждой литологии, которая для того, чтобы быть возможной, должна относиться к вариациям физических свойств, известных из исследования скважин или другого непосредственного измерения, после чего она преобразуется в область скорость/глубина с потенциальной возможностью действовать в любом пласте, источнике или запечатывании. Это устанавливает ряд критериев по каждой литологии, который может быть использован для проверки всех последовательных данных интерпретации в системе СПИРАЛ для локализации присутствия объемов последовательностей, имеющих

соответствующие свойства для их функционирования в качестве пласта, источника или запечатывания;

несоответствующие свойства для их функционирования в качестве пласта, источника или запечатывания;

Б) Для достижения этих целей уже выработано в системе СПИРАЛ и сохранено в ней определение

литологии отложения;

текущей скорости;

глубины,

которое может быть использовано для определения других свойств. Как описано выше (фиг.12), каждая последовательность по каждой точке сетки имеет в системе СПИРАЛ классификацию, описывающую

а) имеющуюся скорость и глубину;

б) тип литологии отложения.

Если пункт (б) указывает, что тип литологии отложения представляет собой, например, чистый кварцевый песчаник, то может быть достигнуто улучшенное и автоматизированное определение данных свойств путем вызова из базы данных классификации свойств, как схематически показано на фиг.15. Точка А лежит на этой нормальной линии отложения, а точка б - в каком-либо месте показанной сетки. Для каждой точки сетки данные могут быть составлены на основе известных методов с использованием данных, полученных в скважинах, так что другие скважины, имеющие аналогичные свойства после-

довательностей отложения (по точке А) и данные свойства (по точке б), могут быть исследованы для более четкой иллюстрации поведения по отношению к другим физическим свойствам. Параметры, необходимые для более полного геологического понимания, суммированы на фиг.2.

В особенности пористость, проницаемость, соотношение чистого и общего веса, а также некоторые параметры (11, 12, 13), относящиеся к технологии пластов, или другие параметры (17, 18, 19, 20), относящиеся к поведению источника, могут быть лучше выражены численно. Следует отметить, что другие параметры при операциях системы СПИРАЛ также обрабатываются с повышенной точностью. Они включают литологию, возраст и историю, толщину, глубину пика, общий объем породы, вертикальное закрытие и пост-тектонические процессы. Кроме того, поскольку все общие литологии могут быть подвергнуты воздействию этого нового инструмента для улучшенного выведения свойств, предлагается, чтобы для всех литологий создавались сетки поведения свойств (фиг.19).

Как должно быть ясно для специалистов, система СПИРАЛ требует наличия обычных возможностей для преобразования того, что получено в отношении данных скорости, литологии, времени, глубины и пространственной формы, в параметры, позволяющие определить пласт, источник и запечатывающий слой.

Области: ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СВОЙСТВА.

Пласт	* пористость * проницаемость * соотношение чистого и общего веса * толщина
Запечатаяю.	* пористость * проницаемость * толщина
Ловушка:	* глубина * вертикальное замыкание * общий объем породы # фактор восстановления # насыщение флюидами # фактор расширения * наполнение ? пластовые/извлекаемые запасы
Источник:	* объемы * зрелость # обогащенность * путь * миграционные потери * тип

(* , # , ? означают, что данные, выработанные в системе СПИРАЛ, могут быть непосредственно обработаны с использованием известных методов для достижения лучшего пространственного понимания, для дополнения обычным образом интерпретированных данных). Параметры ловушки, обозначенные #, могут быть введены с помощью системы значений, принимаемых по умолчанию, с использованием известных аналогов, которые могут быть исправлены по выбору.

Эффект применения методики СПИРАЛ.

Резюме.

1. Ранняя скорость отложения в системе СПИРАЛ сохраняется вместе с литологией отложения.

2. СПИРАЛ сохраняет в фильтрах нормальные/аномальные изменения залегания для скорости.

3. Нормализованные скорости в системе СПИРАЛ удерживают информацию (1.2.), отражающую представленную.

4. СПИРАЛ может получить прошлую и настоящую скорости при помощи прошлой и настоящей литологии.

5. Таким образом, СПИРАЛ может вычислять удовлетворительные параметры свойств для определения пласта, запечатывающего слоя, ловушки, источника, дополненные доступными данными по скважинам и/или региональными данными, или значениями, принимаемыми по умолчанию, из известных аналогичных последовательностей.

6. СПИРАЛ может содержать обычную возможность анализа скважин, имеющуюся на рынке, для калибровки и контроля качества ее собственных выводов.

ЧАСТЬ 4. ЭКОНОМИКА РАЗВЕДКИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ.

Метод.

Целью части 4 является суммирование индивидуальной информации о риске и материалов, необходимых для определения целесообразности будущих расходов или инвестирования в отношении отвода площадей под скважины, бурения или сбора данных, связанных с целевым размещением резервов экономического развития. Целесообразность будет определяться на основе:

стоимости;

прибыли;

риска.

Несомненно, риск - это вероятность того, что описанные факторы являются неправильными.

Этап А. Автоматическое определение ловушек.

В системе СПИРАЛ должны присутствовать данные, относящиеся к окружающей среде, данные о которой были получены путем геотехнической работы, связанной с:

а) прямым отбором проб с интерполяцией между точками отбора;

б) дистанционным зондированием с интерпретацией, калиброванной по точкам данных;

в) интерпретацией ресурсов углеводородов и производственных методов.

Другие данные, относящиеся к экономике, должны быть просуммированы для определения:

г) очевидных расходов, таких как расходы по сбору данных, обработке, бурению, интерпретации, управлению, транспортировке, уплате налогов и т.п.;

д) ожидаемых в будущем доходов и расходов.

По существу весь материал, имеющий отношение к цели, представляет собой интерпретацию прогнозируемых вероятных факторов и потому связан с риском. Пункты а, б, в могут быть более правильно обработаны с помощью системы СПИРАЛ для определения стоимости, прибыли и риска и потому требуются некоторые небольшие дополнительные возможности.

В промышленности указанный документальный материал, направляемый для запроса капитальных инвестиций, например “Запрос на расходы” и “Записка по геологической оценке”, имеет похожий формат и может быть встроен в систему СПИРАЛ для облегчения принятия управляющих решений. Они должны охватывать все потенциально релевантные факторы, а в тех областях, которые не охвачены системой СПИРАЛ, для повышения эффективности оценки должна быть использована система значений, принимаемых по умолчанию, при этом она должна напоминать пользователям произвести необходимый анализ (этап Б).

Для организации промышленно обработанного материала, необходимого для изоляции ловушек, с использованием потенциально релевантных фактов, полученных из геологии и геофизики, система СПИРАЛ должна:

1) иметь доступ к материалу, определенному ранее:

2) использовать его в сочетании с материалом по глубине границ структурных последовательностей в системе СПИРАЛ;

3) определять замыкающие средства пласта (структурные/стратиграфические);

4) которые связаны с запечатывающим слоем

5) и соответствующими источниками и путем миграции.

Таким образом, система СПИРАЛ использует обычную технику для:

1) определения параметров пласта, источника, запечатывающего слоя, миграционного пути с использованием определения литологии и нормализованной скорости, глубин и т.п. в системе СПИРАЛ, которые там, где это возможно, подвергнуты калибровке с использованием данных по скважинам или других данных;

2) определения всех объемов всех последовательностей, где существует потенциальный пласт;

3) определения всех замыканий всех последовательностей, где, по данным аэрофотосъемки, существует пласт, предполагая, что все верхние границы последовательности запечатаны;

4) определения замыканий пластов, которые запечатаны;

5) определения замыканий запечатанных пластов, которые в пределах принятого по умолчанию расстояния от источника и миграционного пути являются приемлемыми.

Для ловушки наиболее важные факторы, определяемые с помощью системы СПИРАЛ, следующие:

? наличие нефти/газа, извлекаемость;

? риск.

Риск неполучения прибыли, связанный с инвестированием в разработку обнаруженных запасов, является сочетанием всех релевантных параметров. Система СПИРАЛ должна отбирать каждый из них из последовательностей и разделять разрешающую способность данных, параметры отложения и параметры залегания. Каждый из этих параметров должен быть соотнесен с локальным восприятием геологии, данных по скважинам, геофизики и сейсмических данных. Система СПИРАЛ не изменяет известную технику, связанную с риском, за исключением того, что она снижает состав факториала.

Этап Б. Определение свойств пласта, запечатывания, ловушки, источника/Риск.

1. Пласт.

а) Создают и сохраняют параметры (принимаемые по умолчанию) известных региональных и других пластов, классифицируют для обеспечения возможности идентификации с использованием данных, хранящихся в системе СПИРАЛ. Определяют литологии пласта. Затем по каждой литологии классифицируют по параметрам, которые уже определены по каждой точке пространства в системе СПИРАЛ, а именно:

глубина;

толщина;

скорость (нормализованная + уплотнение + залегание);

возраст/история.

Затем запоминают параметры известных пластов, по классу:

пористость;

проницаемость;

соотношение чистого и общего веса.

б) Производят пространственный поиск последовательностей для идентификации объемов, в которых литология содержит параметры, полученные в системе СПИРАЛ, эквивалентные известному экономическому пласту. Затем, используя известные литологию, скорость, глубину и т.п. вычисляют пористость, проницаемость, а также соотношение чистого и общего веса, и сопоставляют эти параметры с параметрами любого другого известного пласта.

Отмечают несоответствия и вводят их в уравнение риска, в котором использованы существующие данные касающиеся риска, отложения и залегания.

2. Запечатывание.

а) Создают и сохраняют параметры (значения, принятые по умолчанию) известных региональных и других запечатываний, классифицируют их для обеспечения возможности идентификации с использованием данных, хранящихся в системе СПИРАЛ. Определяют литологию последовательности, затем для каждой литологии классифицируют по параметрам, которые уже определены по каждой точке пространства в системе СПИРАЛ, а именно:

глубина;
толщина;
скорость (нормализованная + уплотнение+ залегание);
возраст/ история.

Затем запоминают параметры известных запечатываний, по каждому классу:

пористость;
проницаемость.

б) Производят пространственный поиск последовательностей для идентификации объемов, в которых литология содержит параметры, полученные в системе СПИРАЛ, эквивалентные известному экономическому запечатыванию. Отмечают также горизонтальные запечатывания стратиграфических последовательностей. Затем, используя известные литологию, скорость, глубину и т.п. вычисляют пористость, проницаемость и сопоставляют эти параметры с известными параметрами других запечатываний. Отмечают несоответствия и вводят их в уравнение риска.

в) Производят поиск в системе СПИРАЛ пространственных свидетельств наличия запечатываний на расстоянии, определенном значением, принятым по умолчанию, от пласта, обозначенного выше в пункте 1. Определяют существующие локальные значения риска, касающиеся данных залегания и отложения.

3. Ловушка.

а) Производят поиск объемов последовательностей определенных в системе СПИРАЛ, где пласт пространственно связан с запечатыванием с образованием структурных/стратиграфических замыканий. Определяют:

глубину пика;
вертикальное замыкание;
общий объем породы;
возраст/историю.

Определяют существующий локальный риск, касающийся данных, а также истории залегания.

4. Источник.

а) Создают и сохраняют параметры (принимаемые по умолчанию) известных региональных и других источников. Определяют литологии источника. Затем литологии классифицируют по параметрам, которые уже определены для каждой точки пространства в системе СПИРАЛ, а именно:

глубина;
толщина;
скорость (нормализованная + уплотнение+ залегание);
возраст/ история.

Затем сохраняют параметры известных источников, по каждому классу:

пористость;
проницаемость;
обогащенность;
тип.

б) Производят пространственный поиск последовательностей для идентификации объемов, в которых литология содержит параметры, полученные в системе СПИРАЛ, эквивалентные известному экономическому источнику. Затем, используя известные литоло-

гию, скорость, глубину и т.п. вычисляют пористость, проницаемость и сопоставляют эти параметры с известными параметрами других источников. Отмечают несоответствия и вводят их в уравнение риска.

в) Определяют
обогащенность;
объем;
зрелость;
тип, и т.п.

г) Производят пространственный поиск последовательностей для идентификации закрытых ловушек, имеющих качества пласта (по умолчанию - горизонтальных или перекрывающихся) на расстоянии миграции (значение, принятое по умолчанию). Определяют путь миграции.

д) Классифицируют миграционные потери (литология/скорость/ глубина/объемы) на пути миграции. Определяют существующие данные, относящиеся к риску, отложение и залегание.

5. Пластовый/извлекаемый запас по каждой ловушке. Определяют насыщение жидкостью, фактор расширения, фактор извлечения из известных аналогов. Определяют запасы. Складывают общие риски.

Этап В. Определение по каждой ловушке прибыли от залегающей и извлекаемой нефти/газа.

Требуемые данные, пространственно переменные, если это необходимо следующие (см. таблицу)

Таким образом, процесс в системе СПИРАЛ объединяет с прикладной промышленной геофизикой группу промышленных задач, которые в настоящее время решаются в областях прикладной промышленной геологии и технологии пластов. Поскольку свойства, а также риск, связанный с выводом этих свойств, так взаимосвязаны, целесообразно уменьшить разделение промышленных дисциплин.

Преимущества.

Процессы, описанные под названием СПИРАЛ, в соответствии с настоящим изобретением содержат объект, который явно демонстрирует новизну и способствует снижению относительных расходов по обнаружению и разработке залежей углеводородов. Возможно, для специалиста будет удивительно, что описанные процессы не используются в промышленности и даже в науке. Для специалиста должно быть очевидно, что система СПИРАЛ, созданная на основе системы БЕКВЕМ, не является простым ее расширением, но позволяет выполнять отдельную обработку ряда факторов, так что оставшиеся факторы все более отделяются друг от друга для более точного промышленного использования в системе СПИРАЛ.

Применение описанной здесь методики в описанной новой рабочей области, в которой литология, уплотнение и скорость рассматриваются как продукты процессов при отложении и после отложения, позволило изобрести ряд новых процессов, работающих совместно с уже известными методами и средствами, а также открыть новые пути, важные с точки зрения промышленной экономики.

Таким образом, настоящее изобретение, как ясно показано выше:

Создает новые контрольные зоны, связанные с улучшенным определением параметров последовательности, позволяя улучшить границы временных последовательностей и определение внутренних свойств.

Увеличивает обоснованный материал, относящийся к свойствам последовательностей осадочных пород.

Позволяет преобразовывать время в глубину с улучшением точности в трех измерениях материальных данных сейсмической последовательности.

Позволяет осуществлять преобразования с повышенной точностью между сейсмическим акустическим импедансом и сейсмическим литологическим материалом.

Позволяет осуществлять пространственную изоляцию литологий сейсмических последовательностей, имеющих экономическое значение, с улучшенной эффективностью и точностью.

Позволяет получить механизм, с помощью которого физические и экономические зависимости между источником/путем миграции/пластом/запечатыванием/ловушкой могут быть определены и использованы с повышенной точностью и с пониженным риском.

Позволяет получить механизм, с помощью которого интегрированный промышленный процесс может проходить с повышенной эффективностью по сравнению с несколькими составляющими процессами, также с повышенной точностью.

Позволяет получить механизм, с помощью которого физические и экономические отношения между источником/путем миграции/ запечатыванием/ловушкой могут быть определены и использованы с повышенной точностью и пониженным риском.

Позволяет получить механизм, с помощью которого интегрированный промышленный процесс может быть применен с повышенной эффективностью по сравнению с несколькими составляющими процессами.

Очевидно, что возможны вариации и модификации описанной методики. Таким образом, следует иметь в виду, что настоящее изобретение не ограничено описанными со ссылками на прилагаемые чертежи вариантами, но что суть его определяется объемом формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Способ оценки геологии бассейновой среды, включающей осадочные породы, расположенные в подземных последовательностях, для использования при определении вероятности обнаружения углеводородного пласта, запечатанной залежи, ловушки или источника при последующем бурении, при котором получают обычные двухмерные и/или трехмерные отраженные сейсмические данные, включая формы волн трасс и данные обработки скорости, полученные из спектров в дискретных точках, включающий определение подземных последовательностей на основе вертикальных литологических вариаций, выраженных через параметры времени границ, интервальной скорости, глубины, параметров литологии и уплотнения, и для каждой последовательности определяющий горизонтальные вариации скорости, вертикальные вариации скорости, горизонтальные вариации литологии и остаточные вариации скорости, **отличающийся тем, что он дополнительно включает**

а) преобразование для каждой указанной последовательности указанных параметров, включающих независимые от времени и глубины данные кажущейся скорости, для получения нормализованных данных, ограниченных геологической возможностью, и создание поля риска интерпретации данных,

б) преобразование указанных нормализованных независимых от времени и глубины данных скорости для выработки данных, преобразованных в глубину, фильтрацию и удаление из них изменений свойств, вызванных пост-депозитальными вариациями, и наложение указанных отфильтрованных данных на указанное поле риска, обработку указанных параметров для каждой последовательности в сочетании с формой волны трассы для количественного выражения факторов, которые допускают пространственное определение фаций отложений последовательности, и распределение и сравнение указанных факторов с данными, принятыми по умолчанию, для получения данных, оцененных по качеству, и вывод этих данных в указанное поле риска, а также обработку указанных данных для обеспечения равенства обработанных параметров сумме пост-депозитального изменения и изменения залегания с тем, чтобы по существу исключить ошибки разрешающей способности,

в) формирование для последовательности на базе этапов (а) и (б) пространственных данных, относящихся к литологии, глубине средней точки и интервальной скорости, и

наложение этих данных на сетки преобразования для улучшения определения пористости, проницаемости и способности служить запечатывающим слоем, пластом, несущим слоем, путем миграции и/или источником и формирование пространственных данных по последовательности для оценки риска неправильного прогноза указанной способности и

г) использование данных, сформированных на этапах (а), (б), (в), для обеспечения автоматического определения ловушек, выраженных через группы объемов сетки, которые совместно определяют запечатанный пласт в среде структурной или стратиграфической ловушки вместе с параметрами и запасами пласта, запечатанной залежи, ловушки и источника, промышленного потенциала и риска.

2. Устройство для оценки геологии бассейновой среды, включающей осадочные породы, расположенные в подземных последовательностях, для использования при определении вероятности обнаружения углеводородного пласта, запечатанной залежи, ловушки или источника при последующем бурении, которое получает обычные двухмерные и/или трехмерные отраженные сейсмические данные, включая формы волн трасс и данные обработки скорости, полученные из спектров в дискретных точках, включающее средства определения подземных последовательностей на основе вертикальных литологических вариаций, выраженных через время границ, интервальную скорость, глубину, параметры литологии и уплотнения, и для каждой последовательности средства определения горизонтальных вариаций скорости, вертикальных вариаций скорости, горизонтальных вариаций литологии и остаточных вариаций скорости, **отличающееся тем, что оно дополнительно включает**

а) средства преобразования для каждой указанной последовательности указанных параметров, включающих независимые от времени и глубины данные кажущейся скорости, для получения нормализованных данных, ограниченных геологической возможностью, и создания поля риска интерпретации данных,

б) средства преобразования указанных нормализованных независимых от времени и глубины данных скорости для выработки данных, преобразованных в глубину, средства фильтрации и удаления из них изменений свойств, вызванных пост-депозитальными вариациями, и наложения указанных отфильтрованных данных на указанное поле риска, средства для обработки указанных параметров для каждой последовательности в сочетании с формой волны трассы для количественного выражения факторов, которые допускают пространственное определение фаций отложений последовательности, и распределения и сравнения указанных факторов с данными, принятыми по умолчанию, для получения данных, оцененных по качеству, и вывода этих данных в указанное поле риска, а также средства обработки указанных данных для обеспечения равенства обработанных параметров сумме пост-депозитального изменения и изменения залегания с тем, чтобы по существу исключить ошибки разрешающей способности,

в) средства формирования из выходных данных средств (а) и (б) для последовательности, пространственных данных, относящихся к литологии, глубине средней точки и интервальной скорости, и наложения этих данных на сетки преобразования для улучшения определения пористости, проницаемости и способности служить запечатывающим слоем, пластом, несущим слоем, путем миграции и/или источником и формирования для последовательности пространственных данных для оценки риска неправильного прогноза указанной способности и

г) средства использования данных, выработанных средствами (а), (б), (в), для обеспечения автоматического определения ловушек, выраженных через группы объемов сетки, которые совместно определяют запечатанный пласт в среде структурной или стратиграфической ловушки совместно с параметрами и запасами пласта, запечатанной залежи, ловушки и источника, промышленного потенциала и риска.

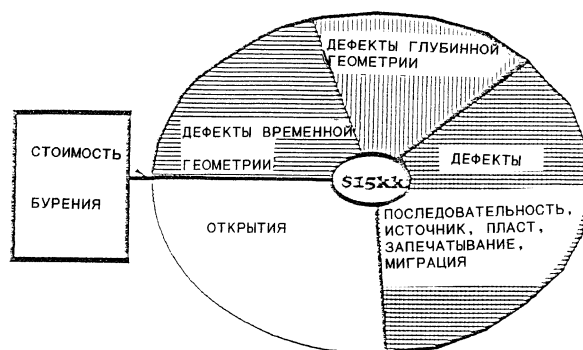
ОЦЕНКА ЛИТОЛОГИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Заданная последовательность,	Свойство,	Фактор	
Пласт	Литология	1	#
	Пористость	2	#
	Возраст, история	3	#
	Проницаемость	4	#?
	Толщина	5	#
	Чистый/общий	6	#?
Запечатывание(-я)	Литология	1	
	Пористость	2	
	Возраст, история	3	
	Проницаемость	4	
	Толщина	5	
Ловушка	Глубина пика	7	#
	Общий объем породы	8	#
	Вертикальное замыкание	9	#
	Возраст, история	3	"
	Степень наполненности	10	#?
	Насыщение флюидами	11	?
	Фактор расширения	12	?
	Фактор извлечения	13	?
	Тектоника после процесса	14	#
	Пластовый запас	15	#
	Извлекаемый запас	16	#
Источник	Литология	1	"
	Пористость	2	"
	Возраст, история	3	"
	Проницаемость	4	"
	Объемы	8	"
	Обогащенность	17	#?
	Зрелость	18	#
	Тектоника после процесса	14	"
	Тип	19	#?
	Миграционные потери	20	#

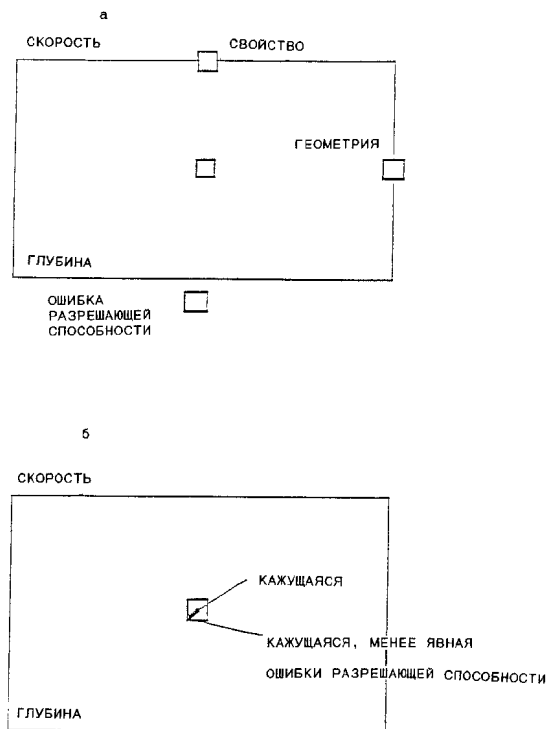
Факторы для определения = 20

#	Определение и риск, улучшенный Спирал	=	12/20
#?	Вероятно	" " "	= 5/20
?	Возможно	" " "	= 3/20

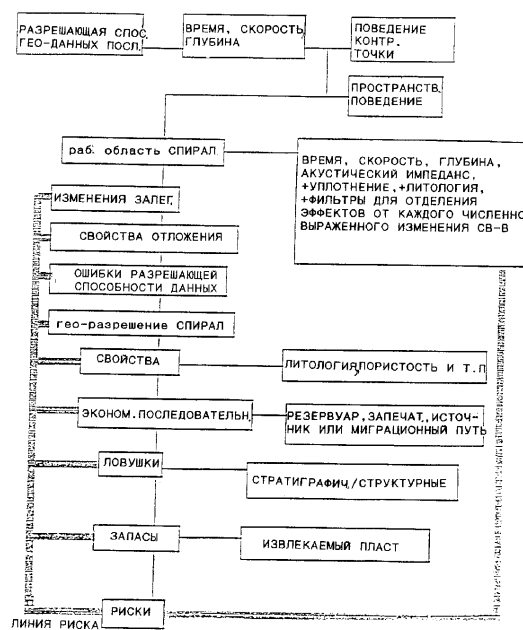
ФИГ. 2



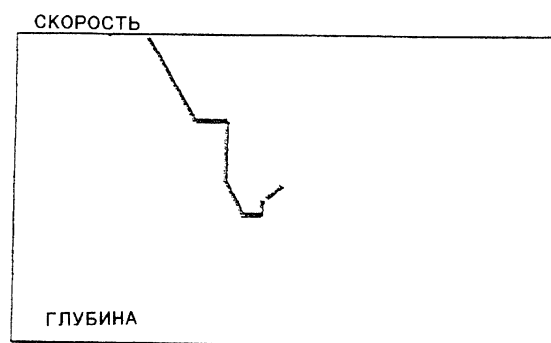
Фиг.3



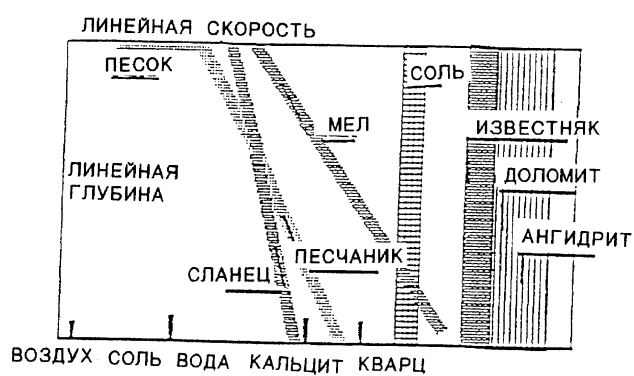
Фиг.4



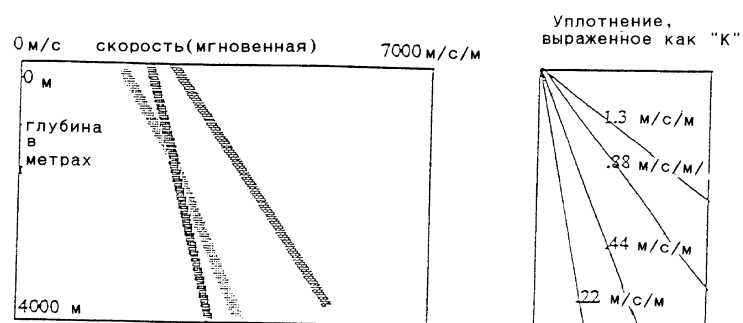
Фиг.5



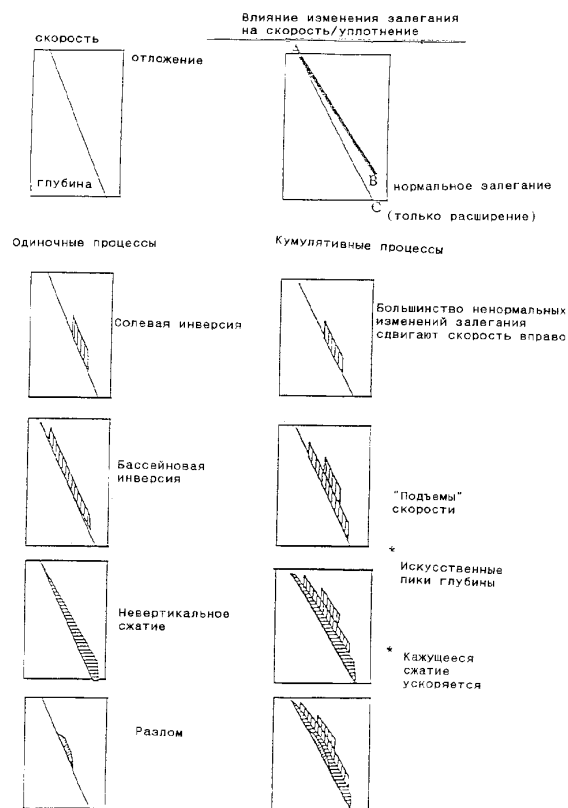
Фиг.6



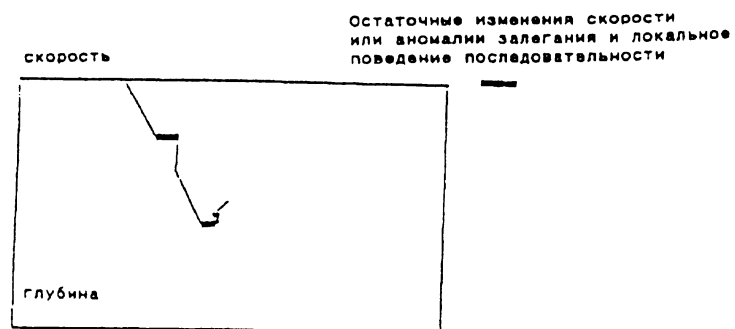
Фиг.7



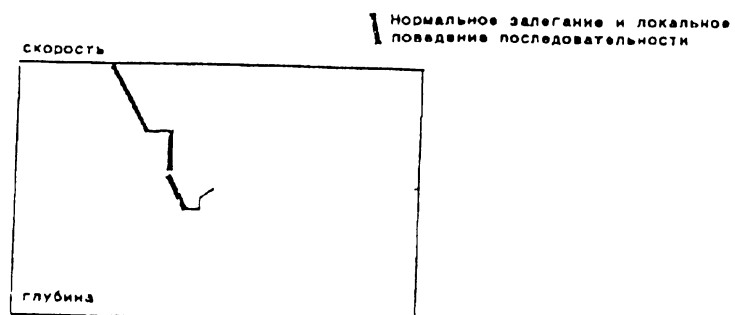
Фиг.8



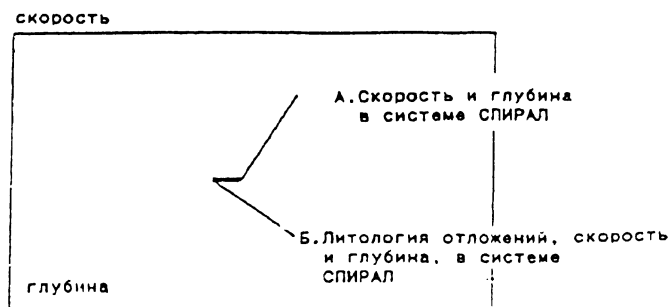
Фиг.9



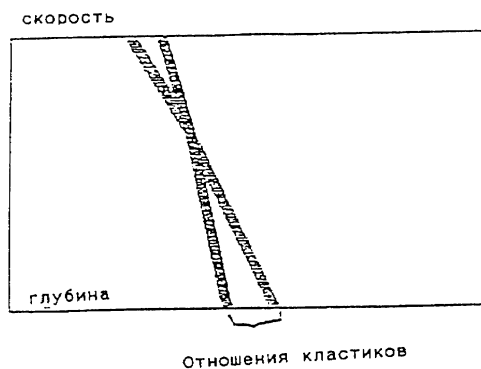
Фиг.10



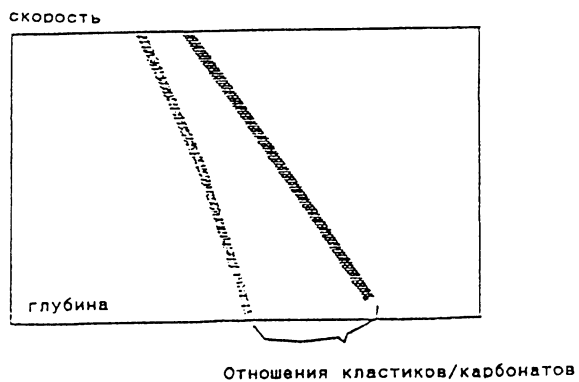
Фиг.11



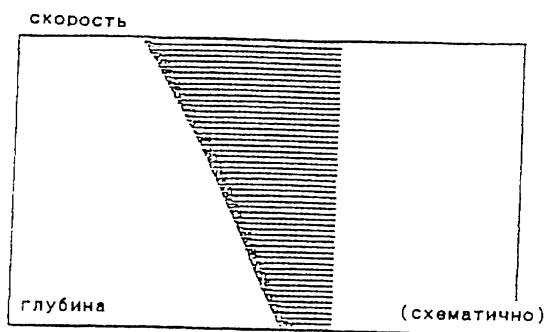
Фиг.12



Фиг.13

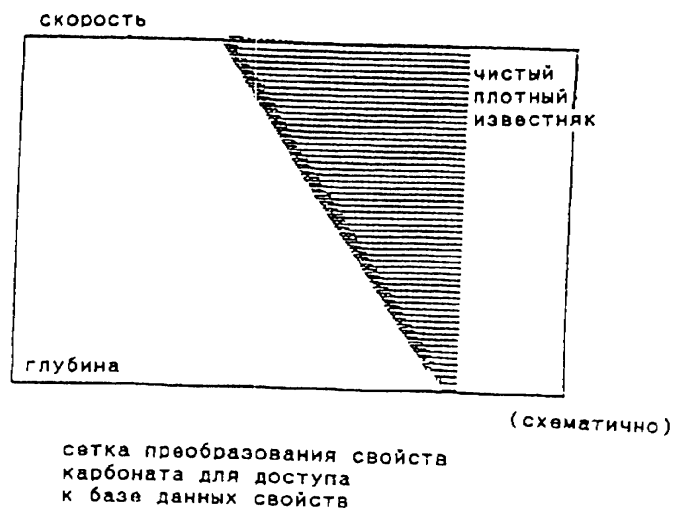


Фиг.14



сетка преобразования свойств
грубых кластиков, для доступа
к базе данных свойств

Фиг.15



Фиг.16

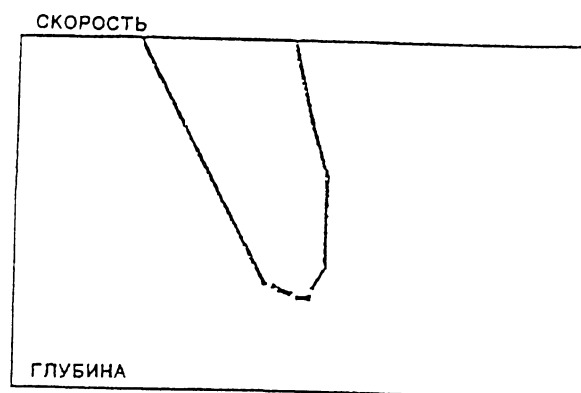
ОЦЕНКА ЛИТОЛОГИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПОСЛЕ- ДОВАТЕЛЬНОСТИ

		На точку контроля, величи- на/градиент	На единичн. область/объем последова- тельно- сти/пункт взрыва или единицу сетки	На весь объем компо- ненты
время скорость глубина литология уплотнение объем ошибка раз- решения		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
Залегание				
нормальное конва бинва синва пенва тенва другое		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
Отложение				
литология уплотнения скружавшая сре- да форма		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*

Представленные

Скорость и глубина	*	*	*	*
Нормализованное отложение				
Скорость и глубина	*	*	*	*
Преобразование свойства, подборка пользователя по скважинам	*	*	*	*
Идентификация пласта	*	*	*	*
запечатывания	*	*	*	*
источника	*	*	*	*
пути миграции	*	*	*	*
ловушки	*	*	*	*
запасов	*	*	*	*
риска	*	*	*	*

Фиг.17



Фиг.18

ОЦЕНКА ЛИТОЛОГИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

ТАБЛИЦА ЛИТОЛОГИЯ. ПОДГОТОВКА СЕТОК ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СВОЙСТВ

Классификация.	От мелкозернистых до грубых. Использовать процентиля, шаг минимум 25 %. (добавить сетку от мелкозернистых вниз до скорости воды, для избыточных
----------------	---

(давлений)

До кварцитов.

Смеси кластиков/карбонатов.

Использовать процентыли, шаги

минимум 25 %.

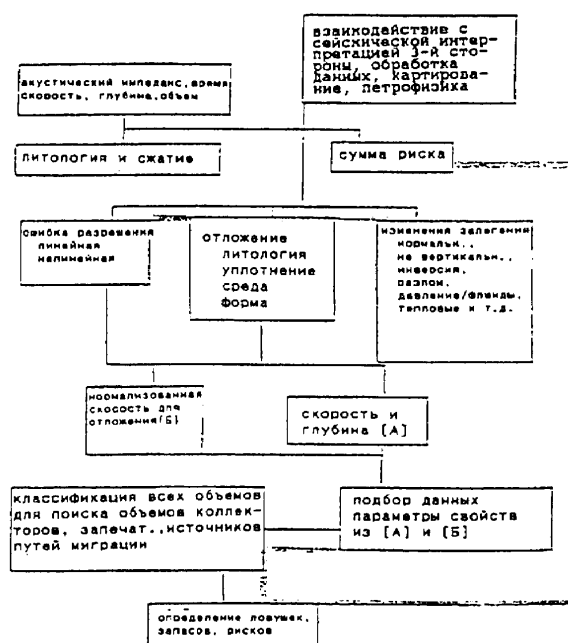
Мел (или, возможно, сцементированные
разновидности)

Чистые известняки Массивные из-
вестняки Рифовые известняки

Запориты соль (и + кластики
в %), ангидриты доломиты

Вулканические Экструзивные
дайки/силли

Фиг.19



Фиг.20

Таблица

Заданная последовательность	Свойство	СПИРАЛ	номер
-----------------------------	----------	--------	-------

			анализа
Пласт	Литология	*\$	1
	Пористость	*\$	2
	Возраст, история	*\$	3
	Проницаемость	*?	4
	Толщина	*	5
	Чистый/общий	*?	6
Запечатывание(-я)	Литология	*\$	1
	Пористость	*	2
	Возраст, история	*\$	3
	Проницаемость	*	4
	Толщина	*\$	5
	Глубина пика	*\$	7
Ловушка	Общий подъем породы	*\$	8
	Вертикальное замыкание	*\$	9
	Возраст, история	*\$	3
	Степень наполненности	\$	10
	Насыщение флюидами	\$	11
	Фактор расширения	*	12
	Фактор извлечения	*	13
	Тектоника после процесса	*\$	14
	Пластовый запас?	*?	15
	Извлекаемый запас		16
Источник	Литология	*\$	1
	Пористость	*\$	2
	Возраст, история	*\$	3
	Проницаемость	*?	4
	Объемы	*\$	8
	Обогащенность	*?	17
	Зрелость	*	18
	Тектоника после процесса	*\$	14
	Тип	*?	19
	Миграционные потери	*\$	20
Факторы для определения = 20			
# Определение и риск, улучшенный Спирал = 12/20			
#?	Вероятно “ “	=	5/20
?	Возможно “ “	=	3/20