

Физико-геологические модели в нефтегазовой сейсморазведке (Ковыктинское месторождение)

Л.А.БАРЫШЕВ (Геоинформцентр ФГУГП «Иркутскгеофизика»)

В настоящее время среди геофизиков и геологов понятие *модель* — привычное и широко используемое в практике интерпретации всех геофизических методов. Однако в сейсморазведке, которая занимает лидирующее положение в геологоразведочных работах на нефть и газ, понятие *модель* за последние десять лет претерпело настолько значительную эволюцию и приобрело настолько много специальных терминов, что разобраться в них иногда могут только исследователи, занимающиеся сейсмическими явлениями. Например, такие термины как *структурно-формационная модель* [7], *седиментационно-емкостная модель* [7], *сейсмостратиграфическая модель* [6], *литолого-акустическая модель* [6], *тектонифизическая модель* [8] указывают на то, что эти модели построены на основе сейсмических данных и предназначены для решения конкретных геологических задач. Упомянутые термины — яркая иллюстрация того, что из сейсмических данных можно извлекать самую разнообразную информацию и придавать ей некоторый специальный оттенок, освещая отдельные особенности строения реальной геологической среды.

Особенность сейсморазведки заключается в том, что она остается, пожалуй, единственным геофизическим методом по результатам которого можно прогнозировать коллекторские свойства осадочных пород. Принципиальная возможность такого прогноза базируется на постулате о том, что *сейсмические волны несут в себе информацию о нефтегазонасыщенности среды*. Такой постулат справедлив и эксплуатируется сейсморазведчиками очень активно. Однако успехи сейсмического метода в прогнозировании фильтрационно-емкостных свойств пород далеко не бесспорны, так как существует достаточное число фактов, которые говорят о том, что значительные ошибки в определении этих свойств появляются регулярно, и это вызывает сомнение в надежности сейсмического прогноза.

Параллельно упомянутому постулату в сейсморазведке существуют фундаментальные положения, составляющие теоретическую основу сейсмического метода, из которых следует, что обратная динамическая задача (задача прогноза) сейсморазведки в общей постановке не имеет единственного решения [1, 2]. Условно корректные решения, получаемые на практике в виде различных моделей, основаны на эмпирических корреляционных зависимостях между сейсмическими (энергетические, частотные и др.) и емкостными (эффективная мощность, пористость, нефтегазонасыщенность) параметрами пород. Как правило, такие модели удовлетворительно описывают лишь небольшой объем геологической среды. При этом модели нефтегазового резервуара описываются общепринятыми геологическими терминами, форма и структура его — углами наклона, градиентами погружения и мощностью, слагающих его слоев и пластов, а вещественный состав — различ-

ными геологическими и петрофизическими характеристиками (песчанистость, пористость, флюидонасыщенность, проницаемость).

Следовательно, в процессе интерпретации сейсмические параметры волнового поля преобразуются в параметры сложно построенной геологической среды. Именно, на этапе этого преобразования допускается много упрощений, когда считается, что сейсмический волновой разрез и реальный геологический разрез — практически одно и то же. В результате такого подхода к интерпретации волнового поля очень часто устанавливается ничем не обоснованное соответствие между элементами волнового сейсмического и реального геологического разрезов, что приводит к созданию геологических моделей, в которых толщина пластов измеряется единицами метров и выходит за рамки существующих ограничений разрешающей способности сейсморазведки. Количественные оценки петрофизических свойств пород, полученные на основе корреляционных связей, вносятся в геологическую модель без указания доверительных интервалов изменения их значений. Внешне подобные детальные модели выглядят очень привлекательно и содержат всю необходимую информацию о строении геологического объекта. Однако при проверке глубоким бурением оказывается, что данная модель малонадежная и параметры, которые использовались для ее описания, очень далеки от реальных.

Такой результат закономерен, потому что активное вторжение сейсморазведки в некоторые направления геологии (палеоструктурный анализ, литология, седиментология) происходит без всестороннего анализа физической природы сейсмических волн, которые в реальной геологической среде формируются под влиянием множества различных факторов.

Общеизвестно, что на физические параметры пород влияют многие факторы. Наиболее значимые из них — литологический состав пород, их пористость и флюидонасыщение. В справочной и научной литературе приводится много доказательств существования различных зависимостей физических параметров (плотность, скорость, поглощение) от геологических характеристик (пористость, нефте- и газонасыщенность) осадочных пород.

Сейсмические параметры волнового поля (амплитуда, частота), в свою очередь, зависят от физических свойств среды и только через них от геологических параметров. Следовательно, переход от интерпретационных параметров, получаемых из сейсмического (волнового) разреза к емкостным горизонтов-коллекторов, представляет собой цепочку причинно-следственных соотношений между тремя группами параметров: 1) геологические (литология, пористость, нефтегазонасыщенность), 2) физические (плотность, скорость, поглощение), 3) сейсмические (амплитуда, частота, фаза и их многочисленные преобразования).

Перечисленные параметры в реальной геологической среде, по определению О.К.Кондратьева [5], обладают множественными многофакторными связями. Из этого следует, что реальная геологическая среда представляет собой сложную систему, состоящую из множества различных элементов (геологических тел), находящихся во взаимодействии.

Геологическое тело любого ранга (от слоя до формационного комплекса) имеет три базовые характеристики: форму, структуру и вещественный состав. Именно описание этих характеристик и составляет суть процесса построения модели геологического объекта.

В сейсморазведке отраженных волн традиционно используется два основополагающих принципа, на которых базируется создание модели по сейсмическим данным:

1. Геологический объект (тело) при работах на нефть и газ — некоторый объем геологической среды, который **всегда состоит из набора слоев и пластов**.

2. Обработка и интерпретация поля отраженных волн основана на **выделении физических границ слоев и исследовании свойств этих границ**.

Упомянутые геологические понятия *геологическое тело, слой, пласт* и *граница* широко используются при описании моделей построенных по сейсмическим данным. При этом подразумевается, что такие специфические сейсмические термины как *отражение от пачки слоев, группа синфазных отражений, рисунок сейсмической записи* — тождественны различным геологическим понятиям. Чаще всего, установление данного тождества бывает не всегда корректным. Поэтому для создания надежной модели, необходимо выделить такой универсальный базовый элемент геологической среды, на основе которого можно было бы описывать форму, структуру и вещественный состав любых геологических тел, и установить надежное соответствие между геологическими и сейсмическими понятиями. В качестве такого базового элемента для описания геологических тел может быть использован структурно-вещественный комплекс (СВК), который в сейсморазведке имеет ряд особенностей.

Структурно-вещественный комплекс в сейсморазведке. В сейсморазведке на разных этапах исследований изучаются самые различные формы геологических тел: от формационных комплексов на региональном этапе, до складок, залежей и линз на разведочном и эксплуатационном этапах. Все эти формы определяются через фундаментальные понятия *слой* и *пласт*, которые являются основными структурными элементами любого осадочного тела. Именно из этих двух форм геологических тел второго ранга (тела, сложенные породами) формируются сложные геологические формы более высокого порядка [3].

Сейсмическое определение слоя требует существенного дополнения к классической геологической формулировке. Сейсмический слой — это неделимая единица объема геологической среды, имеющая плоскую форму, с набором взаимосвязанных физических и геологических параметров (литология, текстура, пористость, флюидонасыщенность, скорость, плотность, поглощение и др.), которые оказывают **прямое и одновременное воздействие на процесс формирования сейсмических волн**.

В сейсморазведке термин *слой* часто употребляется как синоним термина *пласт* (если пласт не слоист). В геологии соотношение между понятиями *слой* и *пласт* определяется как *слой* — это часть пласта или *пласт* — осадочное геологическое тело, имеющее форму слоя [3].

Такие соотношения этих понятий сохраняется и в сейсморазведке. Однако в реальной геологической среде выделение границ слоев и пластов на сейсмических волновых разрезах — непростая задача, так как имеет существенные и значительные ограничения. Базовое понятие в решении этой задачи — понятие *граница* слоя или пласта.

В области теории и физических представлений об образовании и распространении сейсмических волн, понятие *граница* основывается на различии физических характеристик (плотность, скорость сейсмических волн) горных пород, т.е. **сейсмическая граница прежде всего — физическая (резкоостная) граница**. К понятию сейсмической границы могут быть отнесены такие термины как *отражение, отражающий горизонт, ось синфазности*. Эти термины широко используются в сейсморазведке для описания формы и структуры геологических тел на сейсмических волновых разрезах, но не всегда точно соответствуют геологическим границам. Следовательно, для точного и корректного описания геологической модели, построенной по сейсмическим данным, необходимо установить надежное соответствие между границами тонкослоистого геологического разреза и границами сейсмического волнового разреза.

Для корректного установления такого соответствия в сейсморазведке выработаны строгие правила, определяющие минимальную толщину тонкого слоя и свойства слагающих его пород по динамическим характеристикам отраженных волн. В фундаментальных работах О.К.Кондратьева [4], Р.Шериффа [10], монографиях С.Н.Птецова [9], Ю.П.Ампилова [2] на многочисленных примерах приведены доказательства того, что для отдельного определения границ слоя (кровли и подошвы) необходимо, чтобы его толщина была больше $1/4$ (длина волны), и если толщина слоя меньше $1/8$, то он отображается в волновом поле как однородный слой при любой скоростной дифференциации внутри него. В рамках упомянутого правила определение границ слоя и свойств, слагающих его пород, по кинематическим и динамическим характеристикам отраженных волн может считаться физически и теоретически обоснованным. Одновременно из этого правила следует, что поле отраженных волн — интегральная характеристика тонкослоистой геологической среды, т.е. в волновом поле отражений всегда гораздо меньше, чем реальных геологических границ. Убедиться в этом можно при прямом сопоставлении сейсмического волнового разреза с данными геофизических исследований скважин (акустический каротаж, сейсмический каротаж, керн).

Пример такого сопоставления на скважинах Ковыктиского газоконденсатного месторождения, где основные активные запасы газа связаны с парфеновским горизонтом, приведен на рис. 1. Этот горизонт, сложенный слоями песчаников, глинистых песчаников, алевролитов и аргиллитов, залегает в самой верхней части терригенного комплекса осадочного чехла и не имеет резких контрастных физических границ со вмещающими породами (перепад пластовой скорости не более 500 м/с). При средней скорости в терригенных породах 5000 м/с и преобладающей (видимой) частоте временного разреза 30—40 Гц, длина волны будет изменяться в пределах от 130 до 170 м. Сопоставив эту величину с мощностью терригенных слоев (H 1~10 м) легко увидеть, что более чем в 10 раз превышает их мощность. Это говорит о том, что в данном частотном диапазоне на сейсмическом волновом разрезе мож-

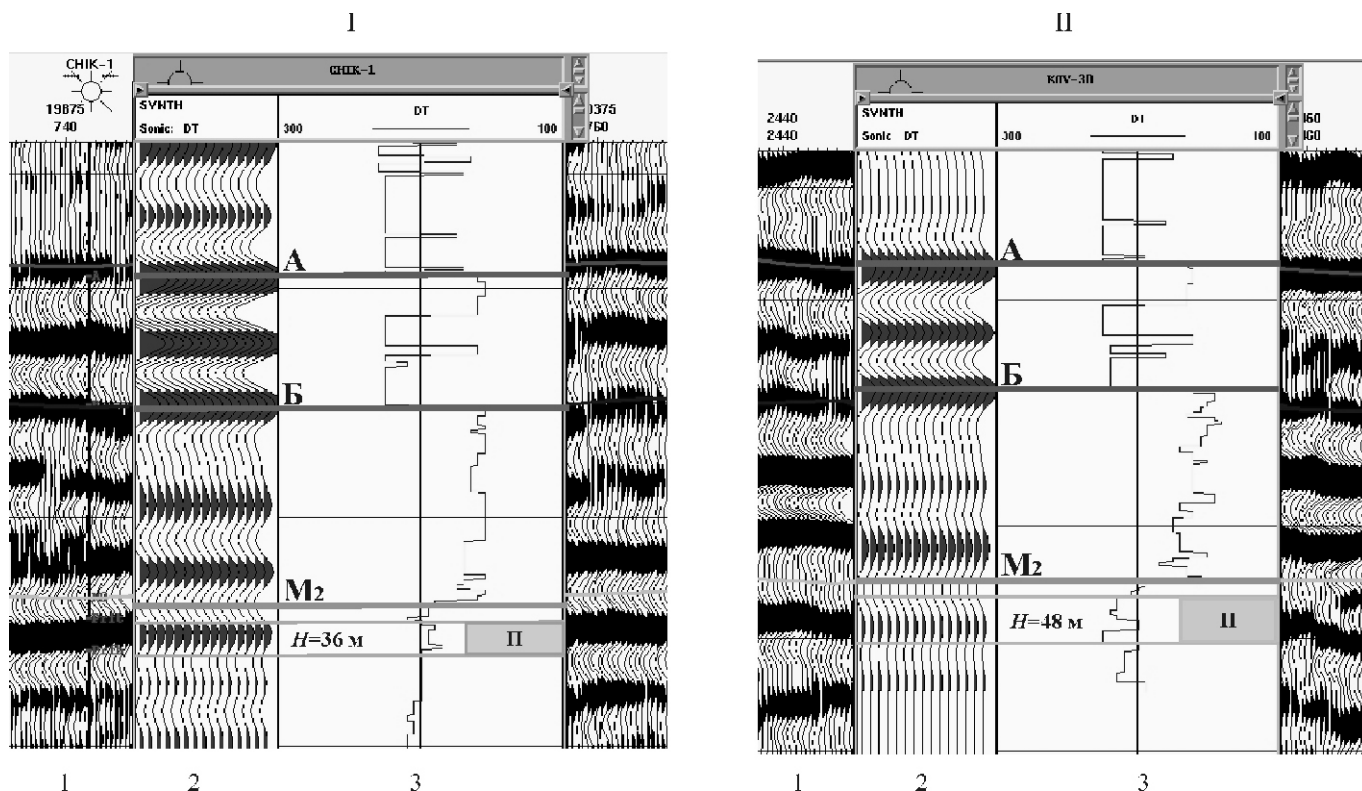


Рис. 1. Опорные сейсмические горизонты, геологические и физические границы в подсолевом комплексе осадочного чехла на Коввыктинском месторождении:

скважины: I — Чиксинская (скв. 1, Ч), II — Коввыктинская (скв. 30, К); горизонты: А — кровля подсолевого комплекса; Б — кровля мотской свиты, карбонатно-терригенный комплекс; M_2 — кровля нижнемотской подсвиты, терригенный комплекс; II — парфеновский; 1 — временной разрез ОГТ; 2 — модельная сейсмограмма; 3 — кривая акустического каротажа (ДТ)

но ожидать появление некоторого *эффективного отражения* от парфеновского горизонта, сформированного в результате интерференционного суммирования волн, отраженных на границах тонких слоев. При сопоставлении кривых акустического каротажа с модельными сейсмограммами и временными разрезами на рис. 1 хорошо видно, что ни кровля, ни подошва парфеновского горизонта не имеют четкого отображения в волновом поле (эти геологические границы не совпадают с экстремумами минимума и максимума осей синфазности на моделях и временных разрезах).

Среди многочисленных отражений (осей синфазности) на модельных сейсмограммах и временных разрезах выделяются опорные отражающие горизонты, соответствующие границам, на которых происходит смена литологического состава пород и перепад скорости достигает 1500 м/с.

Горизонт А (кровля подсолевого комплекса) — осинский пласт доломитов. Регионально выдержанный сейсмический горизонт. Благодаря высокой скорости в слагающих его доломитах, легко опознается на фоне низкоскоростных солей в любом районе Восточной Сибири.

Горизонт Б (кровля мотской свиты) на временных разрезах проявляется в виде высокоамплитудного отражения положительного знака, которое обусловлено резким увеличением скорости на границе мощного пласта соли и пласта доломитов в кровле мотской свиты.

Горизонт M_2 (кровля нижнемотской подсвиты) на временном разрезе — это интенсивное отражение отрица-

тельного знака, связанное со значительным уменьшением скорости на границе доломитов и аргиллитов в кровле нижнемотской подсвиты.

Перечисленные опорные горизонты соответствуют регионально выдержанным границам, на которых сохраняется стабильно высокий перепад скорости и три понятия термина *граница* (стратиграфическая, литологическая, сейсмическая) могут считаться тождественными. На основе этих опорных сейсмических границ в подсолевом комплексе осадочного чехла надежно выделяются его отдельные элементы — структурно-вещественные комплексы, которые являются базовыми элементами физико-геологической модели. Без изменения сути классического определения структурно-вещественного комплекса (Ю.А.Косыгин, 1987, А.С.Барышев, 1987) с учетом рассмотренных особенностей волновых разрезов, определение «сейсмического структурно-вещественного комплекса» может быть дано в следующей формулировке: **сейсмический структурно-вещественный комплекс** — структурный элемент осадочной оболочки. Такой комплекс выделяется путем группирования относительно мелких тел (слои и пласты), которые могут иметь различные физические свойства, различный литологический состав, возраст и близки своими формами залегания. Поверхности, ограничивающие указанный комплекс, всегда являются резкостными физическими границами и могут совпадать с границами пород разного литолого-петрографического состава и стратиграфических подразделений. По границам струк-

турно-вещественного комплекса определяются его пространственно-геометрические формы, а интегральный вещественный состав — по различным аномалиям волнового поля.

Из данного определения следует, что на основе структурно-вещественного комплекса, как базового элемента физико-геологической модели, можно решать самый широкий круг задач, от определения формы геологических тел, до прогноза вещественного состава слагающих его пород.

Физико-геологическая модель, построенная на основе данных глубокого бурения и геологической информационной системы (акустический каротаж, сейсмический каротаж), представлена на рис. 2. Она включает собственно геологическую (пластовую) модель, временной разрез, рассчитанный на основе пластовой модели, и разрез мгновенных амплитуд, являющийся результатом Гильберт-преобразования временного разреза.

Последовательный анализ перечисленных компонентов модели позволяет проследить и выявить связь между емкостными свойствами парфеновского горизонта и сейсмическими параметрами волновых разрезов. Начинать этот анализ следует со свойств геологического разреза.

Геологический разрез, представленный на модели, состоит из 40 пластов различной мощности. Каждый пласт характеризуется литологическим составом, слагающих его пород, и распределением скорости, которая изменяется по латерали. В геологическом разрезе отчетливо выделяются пласты низкоскоростных солей, высокоскоростной карбонатный и терригенный структурно-вещественный комплексы с газоперспективным парфеновским горизонтом. Мощность парфеновского горизонта закономерно увеличивается от 30 (скв. 2-Ч) до 60 м (скв. 1-К). Скважины 1-Ч, 2-Ч, 174-Ч, в которых $H_{эф}$ не превышает 4 м, могут быть отнесены к разряду непродуктивных. Скважины 31-К, 30-К, 26-К, 12-К, 1-К находятся в пределах газовой залежи с эффективной мощностью коллектора от 10 (скв. 12-К) до 25 м (скв. 30-К).

Геологические и петрофизические свойства парфеновского горизонта (песчанистость, проницаемость, эффективная мощность, пористость, газонасыщенность) обладают большой пространственной изменчивостью. Тем не менее, в их совокупности удается выявить некоторые взаимные связи.

График зависимости средней пластовой скорости от удельной линейной емкости ($E_{мк} H_{эф} K_{пор} K_{нг} 100$) в парфеновском горизонте показан на рис. 3, А. Не вызывает сомнения и тот факт, что с повышением емкости коллектора уменьшается скорость. Максимальный перепад значений $V_{ср.}$ составляет 900 м/с, от 5450 (скв. 2-Ч), где коллектор отсутствует, до 4550 (скв. 30-К), где $H_{эф}$ 26 м, $K_{пор}$ 11,5%, $K_{нг}$ 78%. Расчеты показывают, что теснота связи между $V_{ср.}$ и $E_{мк.}$ невелика (коэффициент корреляции 0,68) и формальное описание этой зависимости линейным законом не может считаться надежным, так как разброс значений (дисперсия) от линейной регрессии слишком большой. Однако сам факт существования зависимости $V_{ср.}$ от емкости коллектора позволяет предполагать, что понижение скорости в парфеновском горизонте должно проявляться в повышении контрастности его границ со вмещающими породами, и как следствие, в повышении амплитуд отражений на временном разрезе.

Временной разрез рассчитан на основе пластовой модели в предположении вертикального падения излученного сигнала, когда источник и приемник на поверхности нахо-

дятся в одной точке. Этот разрез наследует все характерные черты пластовой модели. Опорные горизонты А, Б, M_2 , соответствующие контрастным физическим и литологическим границам подсолевого комплекса, отчетливо выделяются в виде высокоамплитудных отражений. Что касается парфеновского горизонта, то как отдельное слоистое тело он не имеет четких однозначных границ на временном разрезе. Тем не менее, его местоположение может быть определено достаточно точно.

По данным глубокого бурения известно, что в пределах Ковыктинского месторождения мощность осадочных пород между кровлей нижнемотской подсветы (горизонт M_2) и кровлей парфеновского горизонта составляет 10—15 м. Такая мощность на временном разрезе будет определяться интервалом t 4—5 м/с. С точки зрения сейсморазведки при таких параметрах разреза строгие геологические понятия *кровля нижнемотской подсветы* и *кровля парфеновского горизонта* с некоторым упрощением могут считаться тождественными. Это упрощение позволяет использовать горизонт M_2 для исследования динамических свойств отражений от парфеновского горизонта.

Отражение от парфеновского горизонта имеет положительный знак и расположено под горизонтом M_2 . Его амплитуды очень слабы в районе непродуктивных скважин 2-Ч, 174-Ч и 1-Ч, но заметно увеличиваются над газовой залежью (скважины 31-К, 30-К, 26-К, 12-К и 1-К). Над временным разрезом показан график амплитуды $A_{п.}$ (среднеквадратичное значение) в интервале захватывающем отражение M_2 (отрицательная фаза) и отражение от парфеновского горизонта. На графике отчетливо выделяется амплитудная аномалия, пространственное положение которой соответствует газовой залежи. Амплитудная аномалия имеет достаточно надежную корреляционную связь с емкостными свойствами коллектора. График зависимости $A_{п.}$ от удельной емкости коллектора $E_{мк}$ на котором хорошо видно, что при увеличении емкости от 50 до 240 усл.ед. значения амплитуд возрастают примерно в 2 раза. Коэффициент корреляции между амплитудой и емкостью равен 0,77 (см. рис. 3, Б).

Разрез мгновенных амплитуд получен путем Гильберт-преобразования временного разреза и может рассматриваться в качестве некоторой формальной (математической) трансформанты исходного волнового разреза. На разрезе мгновенных амплитуд резче выделяется область их повышенных значений в интервале отражения от парфеновского горизонта над газовой залежью. В зоне отсутствия коллектора отражение от парфеновского горизонта пропадает. График над разрезом мгновенных амплитуд практически совпадает с графиком амплитуд исходного временного разреза, и не добавляет принципиально новой информации об аномальных свойствах амплитуд парфеновского горизонта.

Подводя итог описанию физико-геологической модели, можно сделать следующий вывод. Физическая природа интегрального повышения амплитуд отражений от парфеновского горизонта имеет ясное логическое объяснение: эффект понижения скорости по мере увеличения емкости коллектора приводит к повышению контрастности его физических границ с покрывающими и подстилающими породами. Повышение контрастности сейсмических границ означает повышение коэффициентов отражения и, следовательно, увеличение амплитуд отражений на этих границах.

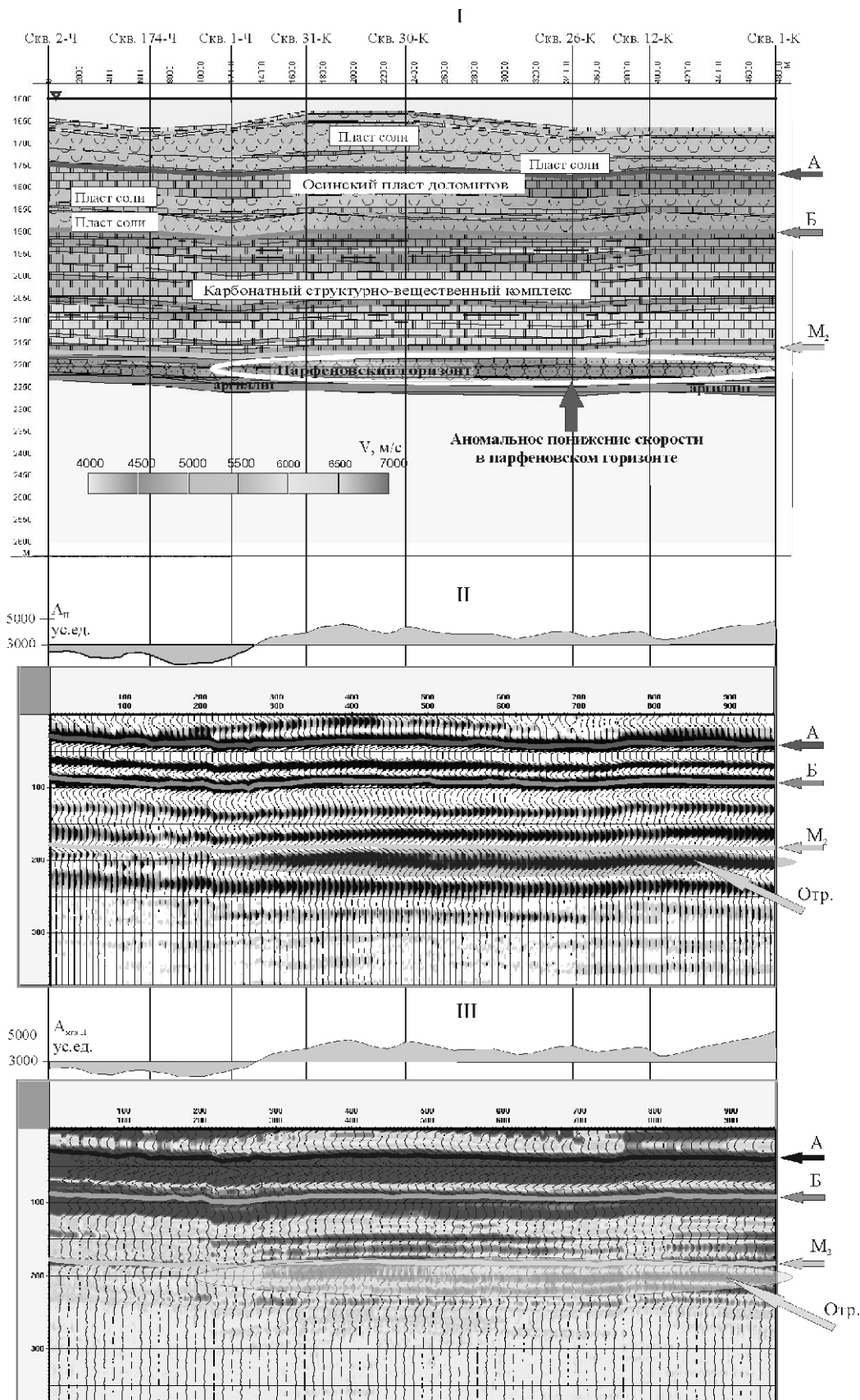


Рис. 2. Физико-геологическая модель подсолевого комплекса осадочного чехла на Коввыктинском месторождении:

I — геологическая (пластовая модель); II — временной разрез и амплитуда отражения парфеновского горизонта ($A_{\text{п}}$); III — разрез мгновенных амплитуд и мгновенная амплитуда в интервале отражения от парфеновского горизонта ($A_{\text{мгп}}$); горизонты: А — кровля подсолевого комплекса, Б — кровля карбонатного и M_2 терригенного структурно-вещественного комплекса; Отр — отражение от парфеновского горизонта

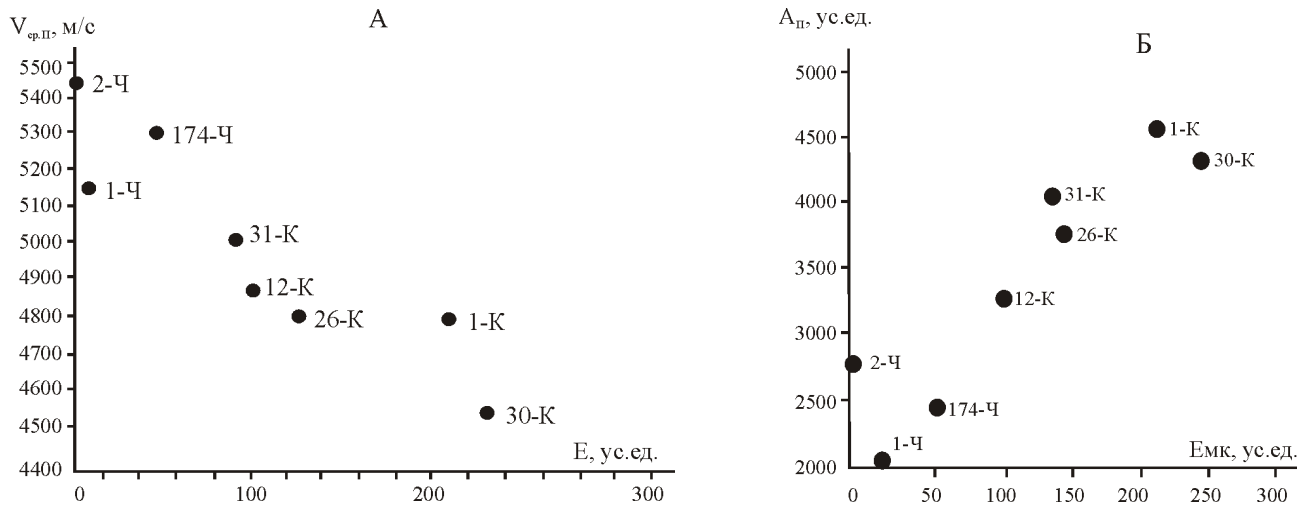


Рис. 3. Зависимость физических и сейсмических параметров от емкостных свойств парфеновского горизонта:

А — средней пластовой скорости от линейной удельной емкости; Б — амплитуды отражения от емкости

Следовательно, полученные на модели результаты являются физическим обоснованием для выделения амплитудных аномалий на реальных волновых разрезах, с последующим прогнозом продуктивности парфеновского горизонта.

Возможности сейсморазведки в прогнозе коллекторских свойств. Реальный временной разрез МОГТ по профилю 121 089—268 589, который совпадает с линией расположения скважин, по которым строилась физико-геологическая модель, показан на рис. 4. Разрез дает представление о геологическом строении осадочного чехла, в котором выделяются следующие структурно-вещественные комплексы: кристаллический фундамент, терригенный, карбонатный и солевой. Границы выделенных на разрезе структурно-вещественных комплексов уверенно прослеживаются по опорным отражающим горизонтам А, Б, M_2 и Ф (поверхность фундамента). Отражение от парфеновского горизонта расположено сразу под кровлей терригенного (горизонт M_2) и отчетливо прослеживается в районе сква-

жин 1-Ч, 31-К, 30-К, 26-К, 12-К и 1-К. В районе скважин 2-Ч и 174-Ч это отражение практически не видно.

По разрезу выполнен динамический анализ амплитуд отражений от парфеновского горизонта. Также как и на модели, интервал для расчета амплитуд захватывает отражения от кровли терригенного структурно-вещественного комплекса и парфеновского горизонта. Результат динамического анализа представлен в виде графика амплитуд $A_{п}$ над временным разрезом. Амплитуда аномалии на этом графике заметно отличается от аналогичной аномалии на модели. Во-первых, аномалия на профиле 121 089—268 589 выглядит более «изрезанной» по сравнению с аномалией на модели и, во-вторых, в пределах аномалии располагается скважина 1-Ч, в которой вскрыт газонасыщенный коллектор ($K_{пор}=15\%$, $K_{нп}=87\%$), но его мощность всего 1 м. По аномалии на профиле 121 089—268 589 не удается установить более или менее надежной связи с емкостными свойствами парфеновского горизонта. Отмеченные отличия реальной аномалии от модельной естественны и

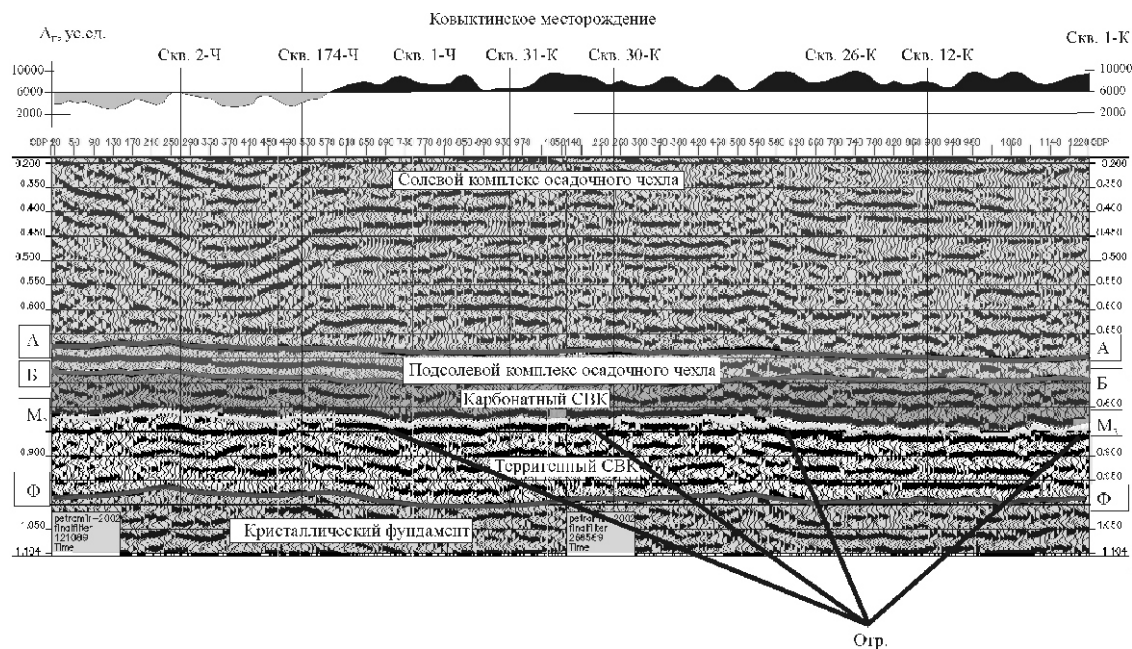


Рис. 4. Структурно-вещественные комплексы и амплитудная аномалия на временном разрезе (профиль 121 089—268 589):

условные обозначения см. на рисунках 1 и 2

могут быть объяснены с двух позиций: геологической и физико-математической.

С геологической точки зрения, аномальное понижение средней скорости в парфеновском горизонте зависит не только от параметров $H_{эф.}$, $K_{пор.}$, $K_{нг.}$, которые составляют удельную емкость, но и от многих других геологических параметров (гранулометрический состав, окатанность и сцементированность зерен песчаников и др.), которые не менее важны, влияя на пористость и плотность пород, но не могут быть описаны количественно. Емкостные параметры $H_{эф.}$, $K_{пор.}$, $K_{нг.}$ в реальной геологической среде всегда изменяются одновременно, поэтому точно оценить влияние каждого из этих параметров на скорость не представляется возможным. Для корректной оценки такого влияния необходимо, чтобы два из трех перечисленных параметров были постоянными.

С физико-математической точки зрения, модельный временной разрез представляет собой «идеально бесшумное» волновое поле, рассчитанное в предположении, что плоский волновой фронт при вертикальном падении на пути своего распространения реагирует только на коэффициенты отражения на границах слоев и пластов. Поэтому на модели амплитуда отражения от парфеновского горизонта имеет достаточно надежную корреляционную связь с его емкостью.

Реальный временной разрез МОГТ представляет собой результат многочисленных физико-математических преобразований зарегистрированного волнового поля в отражающие границы геологической среды. При этом, приведение сейсмических записей наблюдаемых от точечных источников к плоскому, вертикально падающему волновому фронту, осуществляется путем многократного суммирования этих записей для симметричных источников и приемников в одной и той же точке отражающей границы (точке ОГТ). Естественно, что в процессе такого преобразования неизбежно происходит искажение динамических характеристик волн (в частности амплитуды). Кроме этого, в реальной среде одновременно с отраженными волнами распространяется множество волн других типов (кратные, дифрагированные, боковые и др.), которые не всегда могут быть успешно подавлены самыми совершенными процедурами обработки.

Подобные объяснения не следует рассматривать как дискредитацию возможностей сейсмического метода в прогнозе коллекторских свойств пород. Просто в сложной построенной геологической среде, связь динамических параметров волнового поля с различными геологическими характеристиками является многофакторной. Если вернуться к зависимости (см. рис. 3, Б), то можно увидеть, что изменение емкости в 2 раза (130—260 усл.ед.) приводит к небольшому относительному изменению амплитуд на 12—15% (4000—4500 усл.ед.). Такое соотношение между сопоставляемыми параметрами показывает, что изменение емкостных свойств коллектора не приводит к «прямоу» пропорциональному возрастанию амплитуд. Поэтому всякие попытки поиска прямых корреляционных связей типа амплитуда—пористость, амплитуда—газонасыщенность — бессмысленны и не имеют никакого физического обоснования.

Оценивая в целом результаты исследования сейсмических аномалий на Ковыктинском месторождении, следует отметить важную роль физико-геологических моделей в решении задачи прогноза и сформулировать некоторые положения, на которых базируется процесс интерпретации:

1. Физико-геологическая модель дает цельное и объективное представление о главных чертах геологического строе-

ния подсолевого комплекса осадочного чехла. В основу формирования модели положен принцип расчленения осадочного чехла на структурно-вещественные комплексы, которые имеют контрастные физические границы, соответствующие реальным стратиграфическим и литологическим границам. Пространственное положение парфеновского горизонта достаточно точно определяется по кровле терригенного структурно-вещественного комплекса (горизонт M_2).

2. Физико-геологическая модель интегрирует в себе информацию о различных свойствах среды: геологических, физических, сейсмических. Установленная зависимость скорости от емкости в парфеновском горизонте — важный элемент модели, который связывает между собой сейсмические (амплитуда отражений) и геологические (емкость) параметры, и в значительной степени объясняет эффект нарастания амплитуд отражений в области повышения емкостных свойств коллектора.

3. Физико-геологическая модель позволяет установить пределы разумной детальности для исследования коллекторских свойств парфеновского горизонта. Детализация модели не должна входить в противоречие с реальными сейсмическими разрезами. Если детальность модели построенной по данным геофизических исследований скважин может быть доведена до выделения слоев мощностью менее 1 м, то сейсмический разрез остается «застывшим» изображением реальной геологической среды, в которой эффект газонасыщенности лишь один из многих, влияющих на формирование отражений. Приведение сейсмического волнового разреза к виду адекватному детальной физико-геологической модели означает совершенствование всей цепочки преобразований волнового поля: от регистрации и обработки до извлечения интерпретационных параметров.

На основании изложенных результатов обработки и моделирования, следует признать, что в настоящее время на Ковыктинском месторождении разрешенность временных разрезов МОГТ позволяет сделать прогноз только на уровне интегральных свойств коллектора, и этот прогноз является физически обоснованным и объективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.С.* Обратные динамические задачи сейсмологии / Некоторые методы и алгоритмы интерпретации геофизических данных. —М.: Наука, 1967. С. 9—84.
2. *Ампилов Ю.П.* Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. —М.: Геоинформмарк, 2004.
3. *Геологические тела* (терминологический справочник) / Под ред. Ю.А.Косыгина. —М.: Недра, 1986.
4. *Кондратьев О.К.* Отраженные волны в тонкослоистых средах. — М.: Наука, 1976.
5. *Кондратьев О.К.* Физические возможности и ограничения разведочных методов нефтяной геофизики // ЕАГО Геофизика. № 3. 1997. С. 3—17.
6. *Конторович В.А., Карапузов Н.И., Мельников В.П.* Геологические и сейсмостратиграфические модели келловей-вожжских отложений юго-восточных районов Западной Сибири как основа их нефтегазоносности // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 10. С. 1414—1427.
7. *Мушин И.А., Барыкин С.К., Тищенко Г.И., Карапузов Н.И.* Структурно-формационная методология изучения нефтегазоносных бассейнов // Разведка и охрана недр. 2001. № 4. С. 35—40.
8. *Птецов С.Н.* Тектонофизические модели месторождений углеводородов // ЕАГО Геофизика. 2000. № 2. С. 8—11.
9. *Птецов С.Н.* Анализ волновых полей для прогнозирования геологического разреза. —М.: Недра, 1989.
10. *Шерифф Р., Гелдарт Л.* Сейсморазведка. Т. 1. —М.: Мир, 1987.