



УДК 553.98

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМОСЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕМЕССОЯХСКОГО ВАЛА

**Н.Н.Гатина, С.С.Гаврилов, А.О.Горбунова, О.О.Ким** (ЗАО “Моделирование и мониторинг геологических объектов им. В.А.Двуреченского”), **Е.В.Тихомиров** (ООО “Газпромнефть-Развитие”)

Показаны результаты широко применяемой авторами статьи комплексной методики сейсмоседиментологических исследований, проведенных на территории склона Среднемессояхского вала. Для интервала пластов БУ<sub>21-22</sub> суходудинской свиты проведено подробное сейсмофацальное районирование, основанное на седиментологической переинтерпретации данных керна. На границе с Большехетской впадиной прослежено несколько генераций постепенно перекрывающих друг друга турбидитных конусов выноса, которые из-за преимущественно песчаного состава могут стать существенным резервом для увеличения ресурсного потенциала площади.

**Ключевые слова:** Среднемессояхский вал; концептуальная седиментологическая модель; комплексная методика сейсмоседиментологических исследований; турбидитный конус выноса; спектральная декомпозиция; керн.

В пределах центральной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции при должной обработке сейсмических материалов нельзя усомниться в клиноформном характере залегания пластов неокомского комплекса. При сложной тектонической обстановке и приближении к краевым частям неокомского палеобассейна клиноформное строение пластов может быть не столь очевидным. Кроме того, многолетний опыт картирования неантклинальных ловушек УВ, в частности в ачимовской толще Западной Сибири, показывает их крайне сложное внутреннее строение, учет которого необходим для успешного проведения нефтегазопоисковых работ.

Наиболее верным способом решения проблемы картирования пластов неокомского комплекса и поиска ловушек УВ не только в ачимовской толще, но и во всем неокомском комплексе является взаимоувязанная интерпретация данных сейсморазведки и бурения. При этом под данными бурения следует понимать расширенный комплекс скважинных материалов, включающий, наравне с геофизическими исследованиями, данные керна.

Основой методики, хорошо зарекомендовавшей себя при изучении ачимовских отложений целого ряда месторождений, служит построение концептуальных седиментологических моделей, которые являются «ключом» к пониманию геологии и основой для последующей интерпретации материалов сейсморазведки, а затем комплексирования сейсмоседиментологических

исследований в детальной геологической модели месторождения.

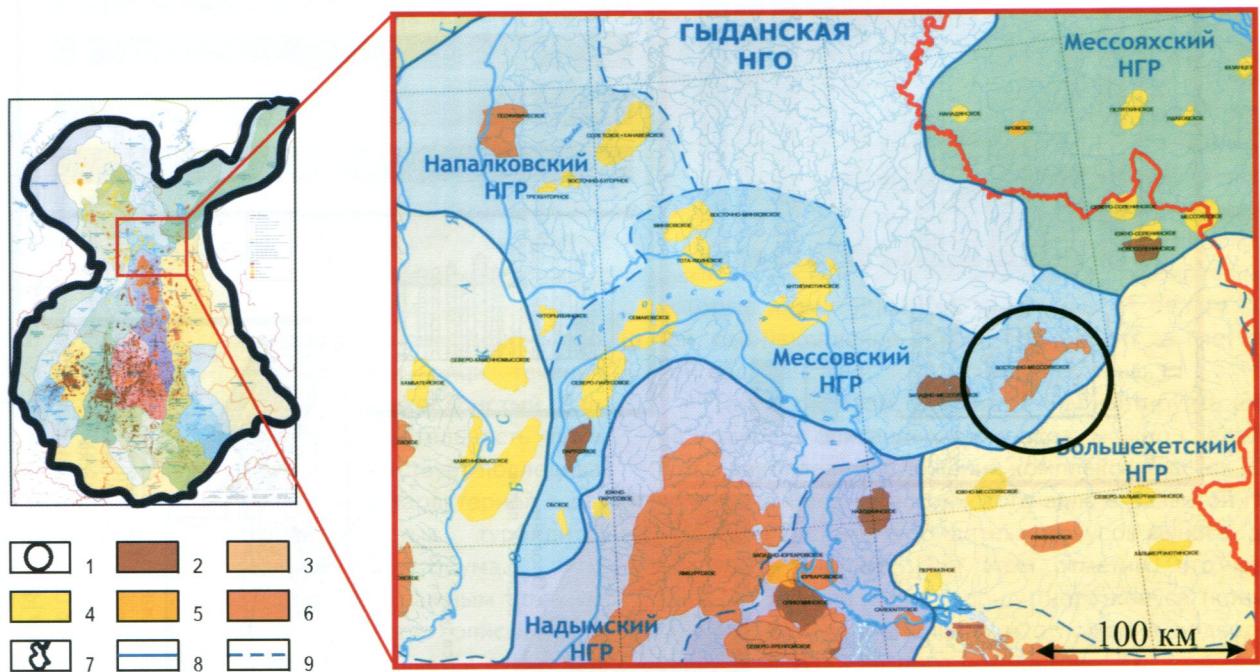
Концептуальная седиментологическая модель описывает тренды в накоплении отложений, отражает закономерности развития коллекторов по площади, а значит, может использоваться при прогнозе свойств пласта в условиях недостаточной его изученности скважинными данными.

Среднемессояхский вал является одним из уникальных объектов по геологическому строению и весьма сложен для интерпретации разреза отложений и приуроченных к ним ловушек УВ. Он является частью Мессояхской гряды, представляющей систему мегавалов субширотного простираия. К своду Среднемессояхского вала приурочены уникальные Западно- и Восточно-Мессояхское месторождения, залежи нефти и газа в которых вскрыты более чем в 30 продуктивных пластах покурской, малохетской и суходудинской свит [1, 2].

Высокие перспективы дальнейших открытий в данном районе связаны с поиском неантклинальных ловушек УВ в отложениях мелового возраста на склонах вала (рис. 1). В соответствии со стратиграфическими схемами, неокомские отложения на месторождении относятся к Малохетскому подрайону Енисей-Хатангского литофацального района, где прослежены нижнехетская, суходудинская и малохетская свиты.

В частности, перспективы связываются с комплексом пластов БУ<sub>21-22</sub> суходудинской свиты. Комплекс

**Рис. 1. ПОЛОЖЕНИЕ РАЙОНА РАБОТ НА ВЫКОПИРОВКЕ ИЗ СХЕМЫ НЕФТЕГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНРОВАНИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ 2010 г.  
(ФГУП «ЗапСибНИИГТ», отв. Я.Э.Файбусович; ОАО «СибНАЦ», отв. И.И.Нестеров и др.)**



1 – район работ; месторождения: 2 – нефтяные, 3 – нефтегазовые, газонефтяные, 4 – газовые, 5 – газоконденсатные, 6 – нефтегазоконденсатные; границы: 7 – Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, 8 – нефтегазоносных областей, 9 – нефтегазоносных районов

пластов вскрыт отдельными скважинами, расположенными на большом расстоянии друг от друга, где испытаниями доказан его нефтяной потенциал. Однако наличие сложной тектонической обстановки в районе Среднемессояхского вала (многократные тектонические перестройки на всем протяжении его геологической истории) и редкая сеть поисково-разведочных скважин обусловливают кардинально различные взгляды на внутреннее строение комплекса. По результатам более ранних работ предполагалось, что отложения комплекса являются дельтовыми с отдельными мало мощными каналами. В соответствии с этим представлением проводилась сейсмическая и скважинная корреляция, на основании которой была принята «плоско-параллельная» (в отдельных случаях «линзовидная») модель. Как было отмечено, в окраинных районах Западно-Сибирской провинции, а именно к таким относится Среднемессояхский вал, сейсмическая интерпретация неокомского интервала неоднозначна.

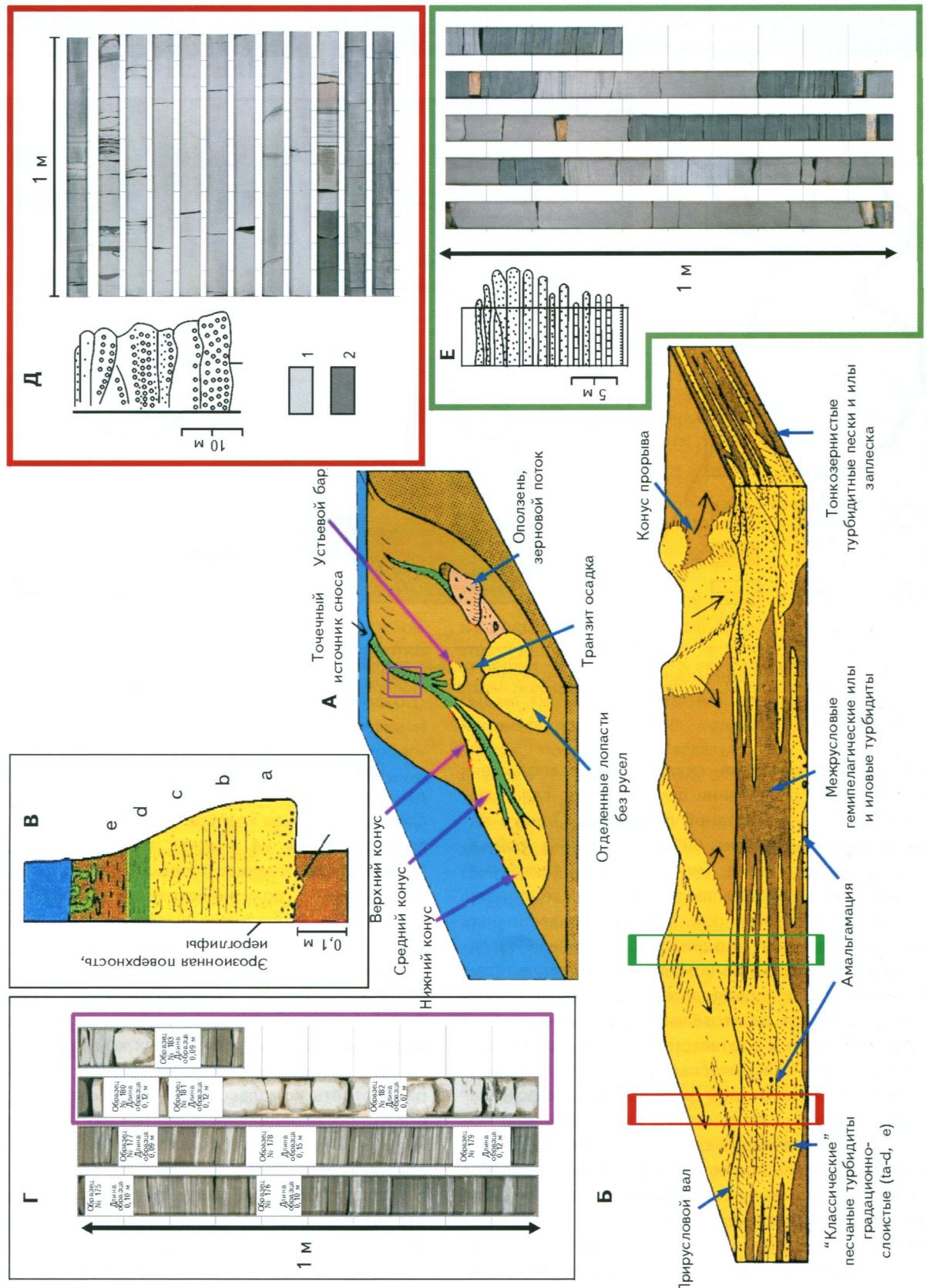
Для более подробного изучения строения комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub>, в соответствующем интервале применена комплексная методика сейсмоседиментологических исследований.

Седиментологические исследования основаны на данных керна скважин, которые вскрыли песчаные прослои в комплексе пластов БУ<sub>21-22</sub>. Исследования керна проведены как на макро-, так и микроскопическом уровне, с привлечением данных лабораторных (гранулометрического, геохимических) анализов образцов ГИС.

Приведем признаки, выявленные на основе изучения керна скважин, пробуренных на склонах Среднемессояхского вала, которые как на макро-, так и микроуровне позволили отнести отложения комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> к образованиям глубоководной системы – различным частям турбидитных конусов выноса.

В седиментологических реконструкциях важно рассмотреть комплекс признаков, которые свидетельствуют об определенной обстановке, так как единичный признак не может считаться доказательством образования отложений в той или иной обстановке. В большинстве публикаций морские глубоководные фации определяются на основе размерностей зерен, отношений песок/глина, других структурных признаков, мощности отдельных слоев, их геометрии и взаимного расположения, динамических и биогенных осадочных текстур [3, 4].

Рис. 2. СТРОЕНИЕ И МОДЕЛИ ТУРБИДИТНЫХ КОНУСОВ ВЫНОСА СКЛОНА СРЕДНЕМЕССОЯХСКОГО ВАЛА



*A – геометрия и основные фашиальные типы глубоководных территориальных отложений [5], B – схематичный разрез через центральную часть конуса выноса [5]; B – модель идеализированной последовательности структур среднезернистых турбидитов. Буяма [4], вскрытые керном на склоне Среднемессояхского вала отложения: Г – турбидитного потока (предмощущенно мелкозернистый массивный песчаник, изредка с глинистыми интракластами), Д – проксимальной части турбидитного конуса (I – русловые турбидиты (характерный «молчаник» разрез, встречаены сплошные интервалы, составляющие > 20 м песчаников), 2 – тонкозернистые турбидиты, 3 – межрусловые пелагические отложения, окаймляющие русловые турбидиты, и типичная модель строения [4], Е – дистальной части турбидитного конуса – чередование песчаников лопастей турбидитного конуса (обычно 1–м и менее прослои с градационной слоистостью) и тонкозернистых турбидитов, межрусловых пелагических глин и типичная модель строения [4]*

Наиболее классическим и явным признаком турбидитных отложений является характерная последовательность смены литологических типов пород по вертикали соответственно классической последовательности цикла Боума [3, 4]. В керне установлена следующая последовательность смены выделенных литологических типов пород (снизу вверх) – песчаники: с интракластами, массивный, с тонкой субгоризонтальной слоистостью, с косой слоистостью, с текстурами ряби течения; алевролит тонкослоистый. Данная последовательность литотипов соответствует последовательности, характерной для среднезернистых турбидитов согласно циклу Боума.

Другим важным фактом анализа текстур описываемых отложений является отсутствие в керне текстуры ряби волнения, характерной для пляжевых фаций и не типичной для отложений турбидитных конусов выноса, тогда как массивная, горизонтально-слоистая, косая текстуры могут встречаться повсеместно.

Полное отсутствие в керне следов биотурбаций авторы статьи считают дополнительным фактором, указывающим на глубоководность песчаных отложений, хотя известны редкие случаи обнаружения в песчаниках турбидитных систем следов жизнедеятельности организмов [4].

При макроскопическом изучении керна в отдельных интервалах разреза отмечается наличие четко просматриваемой градационной слоистости, которая хорошо видна также при микроскопическом изучении ориентированных шлифов. Для одного цикла характерно уменьшение размерности зерен снизу вверх.

Песчаники фации турбидитных конусов в шлифах часто характеризуются наличием плохо видной слоистости, подчеркнутой ориентацией удлиненных зерен, которые плохо окатаны (преимущественно полуугловатые), имеют среднюю и плохую сортировку. Неокатанность зерен в среднезернистых турбидитах свидетельствует об их образовании в обстановке, не подверженной деятельности волн, а микрослоистость отложений служит типичным признаком турбидитного потока.

О глубоководности отложений в целом можно судить по ассоциации литотипов – песчаники чередуются в разрезе с тонкогоризонтально-слоистыми темно-серыми глинистыми отложениями, небиотурбированными, которые характерны для удаленных от берега областей, где накопление осадка происходит за счет фоновой седиментации – пелагические глины.

Таким образом, суммируя и ориентируясь именно на комплекс описанных признаков, можно сделать вывод о накоплении отложений комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> на склоне Среднемессояхского вала в развитой глубоководной системе турбидитных конусов выноса, а не в дельтовой системе. При этом отметим, что керном вскрыты разные части турбидитного конуса (конусов): проксимальная, дистальная и отложения подводящих каналов – турбидитного потока (рис. 2).

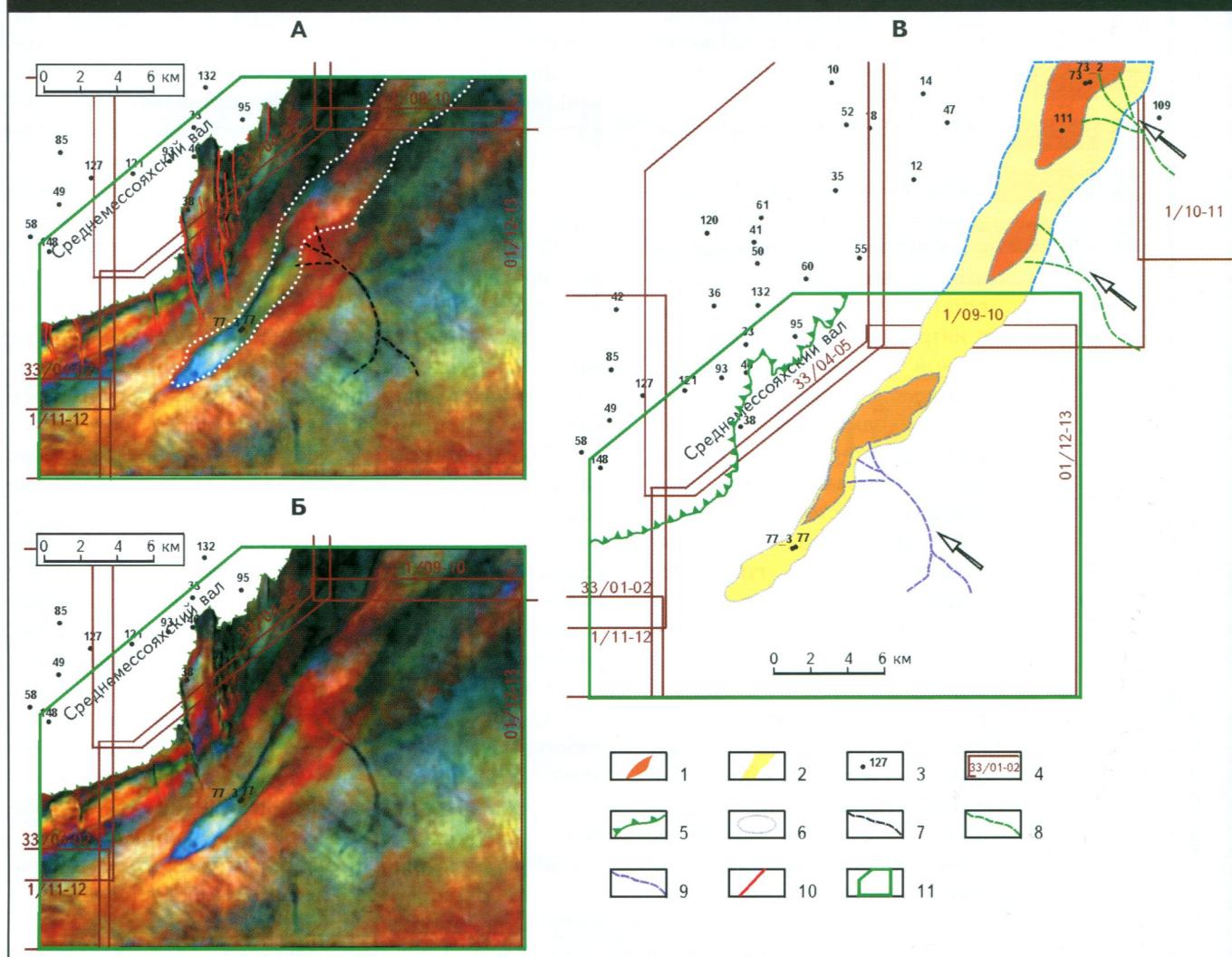
Комплексирование седиментологических данных, лабораторных анализов, комплекса ГИС по скважинам позволило создать концептуальную геологическую модель, изменив существовавшую «дельтовую» плоско-параллельную концепцию. Отложения комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> на склонах Среднемессояхского вала представляют собой образования глубоководной системы – системы турбидитных конусов выноса.

Слоны Среднемессояхского вала достаточно плотно охвачены материалами сейсморазведки, в том числе и 3D. Обоснованное седиментологически наличие отложений турбидитных конусов выноса на площади позволило выбрать определенные алгоритмы для интерпретации данных сейсморазведки 3D в неокомском интервале разреза, в частности для комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub>. Таким образом, полученная концептуальная геологическая модель стала основой для интерпретации сейсмических материалов.

Для всего интервала пластов БУ<sub>21-22</sub> проведена комплексная динамическая интерпретация данных сейсморазведки, включающая сейсмофашиальные реконструкции, спектрально-временное разложение, получение различных значимых кубов в результате проведения синхронной и акустической инверсии, AVO-преобразования. Фациальная интерпретация построена на основе комплекса методов.

Спектральная декомпозиция, проведенная в программном комплексе “Geoteric”, позволяет проследить накопление отложений сложнопостроенного клино-

Рис. 3. ВРЕМЯ НАЧАЛА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ПЛАСТОВ БУ<sub>21-22</sub>



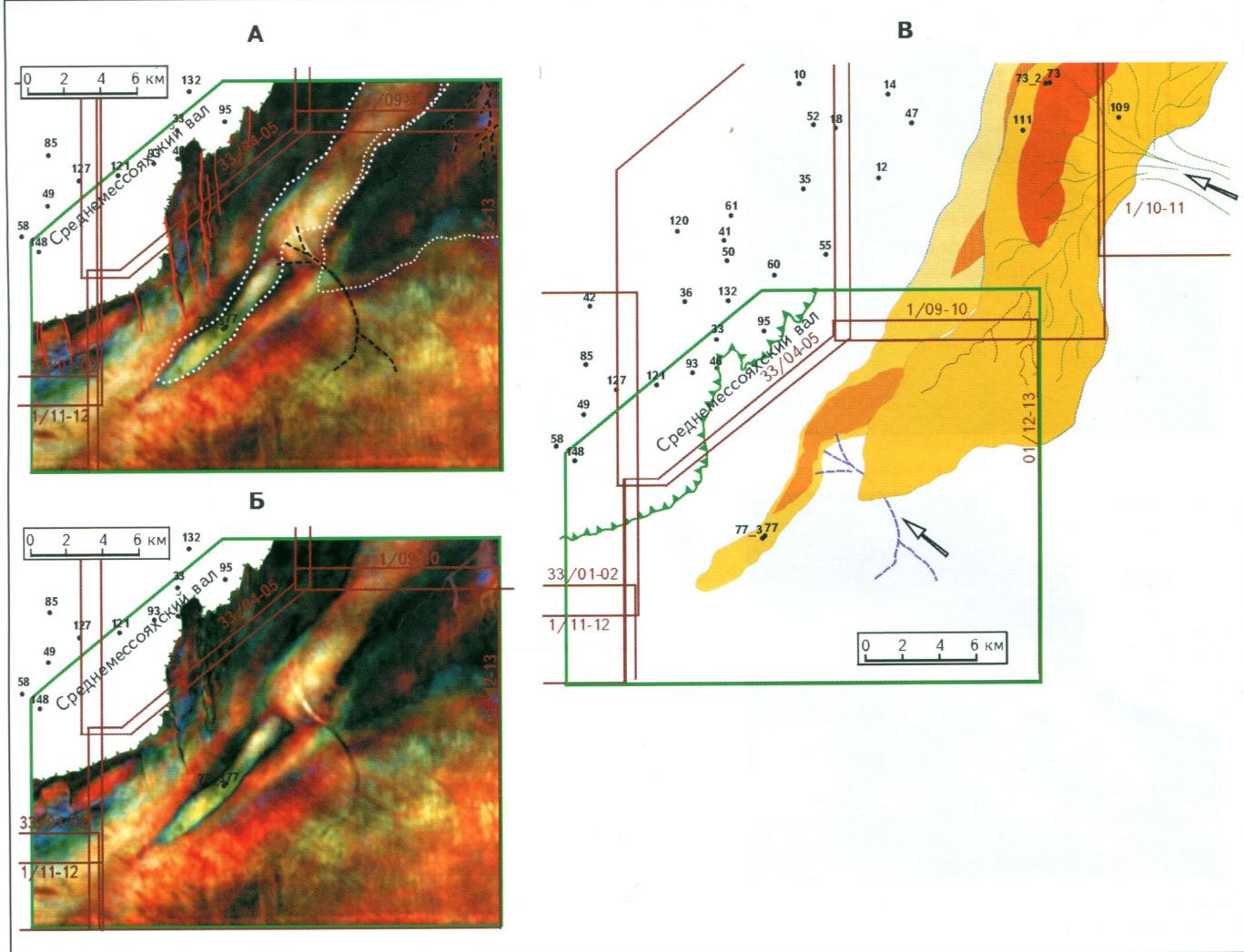
Результаты спектральной декомпозиции: *А* – с нанесенной фациальной интерпретацией, *Б* – без вынесенной интерпретации, *В* – фациальная карта по результатам сейсмоседиментологической интерпретации; части конуса выноса: 1 – проксимальная, 2 – дистальная; 3 – скважины; 4 – участки сейсморазведки 3D/номер сейсмопартии; 5 – линия выклинивания пласта; 6 – границы конусов выноса; 7 – подводящие каналы (подводные русла); схематические границы (принципиальная модель) вне территории сейсморазведки МОГТ 3D, участвующей в интерпретации: 8 – конусов выноса, 9 – подводящих каналов (подводных русел); 10 – сейсмические артефакты, связанные с наложенными тектоническими процессами; 11 – участок сейсморазведки МОГТ 3D, на котором проведена интерпретация по данным седиментологии

формного комплекса во времени, построить карты сейсмофаций. Процедура спектральной декомпозиции основана на спектральном разложении по частотам сейсмического куба.

Для подробного изучения строения пластов БУ<sub>21-22</sub>, в соответствующем интервале построена серия последовательных временных слайсов, отражающих всю линию формирования сложнопостроенного комплекса, слайсы проинтерпретированы согласно представлениям о накоплении отложений в условиях системы турбидитных конусов выноса.

Заполнение палеовпадины и образование комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> происходило в несколько этапов.

На картах, соответствующих начальному этапу формирования комплекса, четко выделяются протяженное тело, ассоциируемое с фацией конуса выноса северо-восток – юго-западного простирания, и подходящие к нему подводящие каналы. На слайсах, временных разрезах и построенных картах хорошо прослеживается достаточно широкий подводящий канал, свидетельствующий об основном привносе материала с юго-востока, однако, учитывая в целом морфологию палео-

Рис. 4. ВРЕМЯ СЕРЕДИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ПЛАСТОВ БУ<sub>21-22</sub>

Усл. обозначения см. на рис. 3

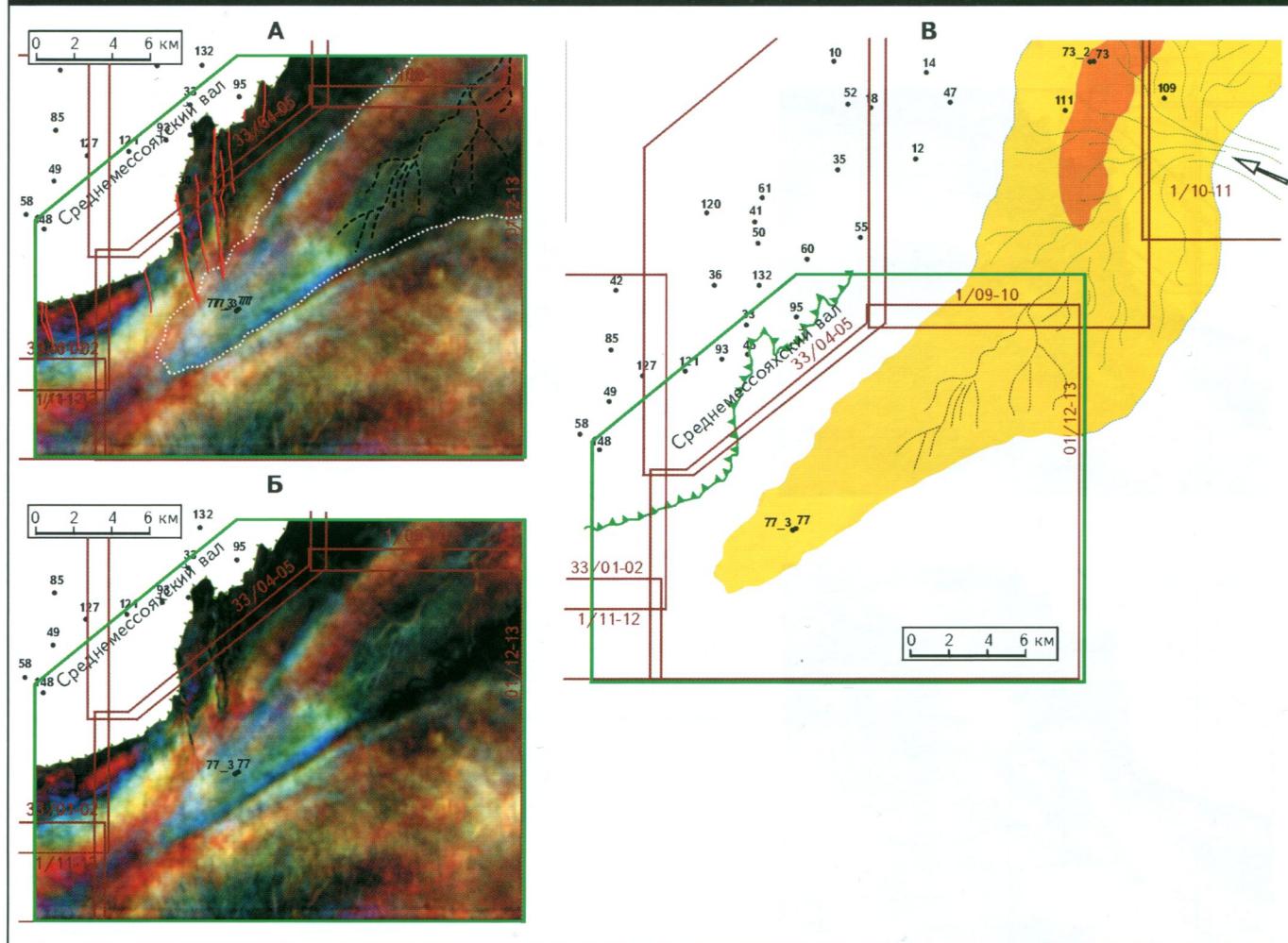
структуры, вероятно, существовали и потоки, привносящие материал с запада и северо-запада, но настолько четко, как юго-восточное русло, они не видны. Расположение основного источника сноса осадочного материала на юго-востоке от Среднемессояхского вала подтверждается и северо-западным падением клиноформ согласно сейсмическим материалам (рис. 3).

Скв. 77\_3 вскрывает юго-западную часть выделенного тела, предположительно дистальную часть конуса, тогда как проксимальная, наиболее песчаная часть располагается северо-восточнее и дает потенциально высокие перспективы для обнаружения залежей УВ.

Стоит отметить необычную удлиненную форму конусов выноса. Конфигурация зон развития отложений турбидитных потоков часто отличается в плане от классической веерообразной формы конусов выноса благодаря изменяющейся палеогипсометрии морского дна [4].

В данном случае удлиненная форма обусловлена вытянутостью вдоль существовавшей палеовпадины окаймляющей структуры Среднемессояхского вала, начавшей свое тектоническое воздымание в валанжин-готеривское время [1, 2].

При накоплении центральной части комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub>, более древний конус выноса, кратко рассмотренный выше, сохраняет свое местоположение, тогда как с севера «наступает», перекрывая его, более молодой конус. По-видимому, северный источник сноса, формирующий «наступающий» северный конус выноса, был более мощным, что обусловило его решающую роль в окончательном заполнении существовавшей палеовпадины (рис. 4). Под «северным» конусом авторы статьи не подразумевают смену ориентировки поступления материала — основной источник по-прежнему расположен на юго-востоке, но дальше, уже внут-

Рис. 5. ВРЕМЯ ОКОНЧАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ПЛАСТОВ БУ<sub>21-22</sub>

Усл. обозначения см. на рис. 3

ри системы конусов выноса, материал распределялся в соответствии с палеогипсометрией, заполняя свободное пространство. Время завершения формирования комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> характеризуется полным заполнением палеовпадины в основном за счет привноса отложений северного конуса выноса (рис. 5).

Окончание формирования комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> обусловило заполнение осадками отрицательных форм палеорельефа, что привело к существенной нивелировке рельефа после накопления мощных толщ клиноформного строения.

После лавинного осадконакопления и выполаживания территории в барремское время большая часть территории представляла собой слабо всхолмленную равнину. Согласно палеотектоническим реконструкциям [1, 2], Среднемессояхский вал испытал наибольшее поднятие позднее, в конце сеномана. В сводовой части вала окончательно оформились характерные горст-грабеновые структуры.

## Выводы

Применение комплексной методики сейсмоседиментологических исследований на юго-восточном склоне Среднемессояхского вала позволило наметить несколько объектов, перспективных на обнаружение залежей УВ.

Седиментологические исследования и проведенная по ним динамическая интерпретация данных сеймосразведки позволили изменить представление о накоплении отложений комплекса пластов БУ<sub>21-22</sub> суходудинской свиты на юго-восточном склоне Среднемессояхского вала. Доказано, что отложения комплекса накапливались в условиях системы турбидитных конусов выноса, а не в дельтовых, как это было предложено в более ранних работах. Прослежена серия конусов выноса, последовательно сменяющих друг друга и заполняющих все пространство существовавшей палеовпадины сложного строения.

Проведенные исследования позволили откартировать границы развития коллекторов в пластах, следовательно границы возможных залежей УВ. Наиболее высокие перспективы поиска новых залежей УВ в рассматриваемом районе склонов Среднемессояхского вала ожидаются при описывании неантклинальных ловушек УВ, связанных в том числе с турбидитными конусами выноса, закартированными в комплексе пластов BU<sub>21-22</sub>.

Построенная геологическая модель, с учетом прослеживаемости ачимовских отложений на соседние площади, может стать основой для поиска и картирования сложнопостроенных неантклинальных ловушек УВ на склонах Среднемессояхского вала, граничащих с Большехетской впадиной. Это существенно повысит надежность выбора оптимальных точек для заложения поисковых и разведочных скважин либо для постановки сейсморазведки 3D в ближайшие годы.

#### Литература

1. **Кулишкин Н.М.** Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности Мессояхской гряды на севере Западной Сибири / Н.М.Кулишкин, В.В.Харахинов, С.И.Шленкин и др. // Геология и минерально-сыревые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1.
2. **Харахинов В.В.** Мессояхский порог – уникальный нефтегеологический объект на севере Сибири / В.В.Харахинов, Н.М.Кулишин, С.И.Шленкин // Геология нефти и газа. – 2013. – № 5.
3. **Барабошкин Е.Ю.** Практическая седиментология. Терригенные резервуары. Пособие по работе с керном / Е.Ю.Барабошкин. – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2011.
4. **Рединг Х.Г.** Обстановки осадконакопления и фации: в 2 т. / Х.Г.Рединг, Д.Д.Коллинсон, Ф.А.Аллен и др. – М.: Мир, 1990.
5. **Einsele G.** Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget / G.Einsele. – Springer-Verlag, 2000.

#### APPLICATION OF SISMIC-SEDIMENTOLOGICAL INVESTIGATIONS FOR NON-ANTICLINE TRAPS MAPPING AT THE EXAMPLE OF THE SOUTH-EASTERN SLOPE OF SREDNEMESSOYAKHSKY BAR

Gatina N.N., Gavrilov S.S., Gorbunova A.O., Kim O.O. (ZAO "Modeling and Monitoring of Geological Objects named after Y.A.Dvurechensky"), Tikhomirov E.V. (OOO "Gazpromneft-development")

The authors used complex methods of seismic-sedimentological research, carried out in the territory of the slope of Srednemessoyakhsky bar. Detailed seismic facial zoning was carried out for strata BU<sub>21-22</sub> interval based on the sedimentological reinterpretation of core data. On the border with the Bolshekhetskaya depression there are several generations of turbidite detrital cones gradually overlapping each other. Due to mainly sandy content of the cones, they can significantly increase resource potential of the area.

**Key words:** Srednemessoyakhsky bar; conceptual sedimentological model; complex methods of seismic-sedimentological research; turbiditedetrital cone; spectral decomposition; core.

#### © Коллектив авторов, 2015

Надежда Николаевна Гатина,  
руководитель группы,  
Nn.gatina@gmail.com;

Сергей Сергеевич Гаврилов,  
директор,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
gavrilov@mimgo.ru;

Анна Олеговна Горбунова,  
геолог 1-й категории,  
gordunova@mimgo.ru;

Олег Олегович Ким,  
младший научный сотрудник,  
kim@mimgo.ru;

Евгений Владимирович Тихомиров,  
начальник управления,  
Tikhomirov.EV@tmn.gazprom-neft.ru.

#### Уважаемые авторы!

Для публикации статей в журнале "Геология нефти и газа" необходимо выполнять следующие требования. Текст статей присыпается на диске или по электронной почте в текстовых редакторах Word 6.0, 7.0 или Word 7.0/97 для Windows. Иллюстрации желательно присыпать в цвете в форматах любой версии Corel Draw или TIFF с разрешением не менее 300 точек. Просьба иллюстрации, выполненные в этих программах, не помещать в Word. Список литературы не ограничен, можно ссылаться на собственные работы.

