

ПРАВИТЕЛЬСТВО ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА — ЮГРЫ

ДЕПАРТАМЕНТ ПО НЕФТИ, ГАЗУ И МИНЕРАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ХМАО

ГП ХМАО «НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ИМ. В.И. ШПИЛЬМАНА»

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ХМАО

*Восьмая
научно-практическая конференция*

Том 2

Под редакцией

КАРАСЕВА В.И. — кандидата экономических наук,

АХПАТЕЛОВА Э.А. — кандидата технических наук,

ВОЛКОВА В.А. — кандидата геолого-минералогических наук

Ханты-Мансийск
Издательский Дом «ИздатНаукаСервис»
2005

КЛИНОФОРМНОЕ СТРОЕНИЕ НЕОКОМА И «АНОМАЛЬНЫХ» РАЗРЕЗОВ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ КАЛЬЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПО ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

М.Ю. ЗУБКОВ, Я.А. ПОРМЕЙСТЕР
(ООО «Сибгеоцентр»)

На Кальчинском месторождении основными продуктивными отложениями являются песчано-алевритовые пласты, входящие в состав ачимовской пачки (Ач₁—Ач₃). Кроме того, получены слабые притоки из тюменской и баженовской свит. Последняя имеет в пределах месторождения «аномальное» строение. Поэтому несомненный интерес представляет информация об особенностях геологического строения осадков, входящих в состав ачимовской пачки и подстилающих ее отложений баженовской свиты.

Анализ результатов сейсморазведочных работ, проведенных в пределах Кальчинского месторождения, позволил выявить в отложениях неокома хорошо известные клиноформы, строение и вероятный генезис которых описан в многочисленных публикациях [1—5, 8—18]. Однако клиноформы распространены далеко не повсеместно в пределах рассматриваемой территории, что может свидетельствовать о различных фациальных условиях осадконакопления ахской свиты, нижняя часть которой представлена ачимовской пачкой.

На сейсмодновременных разрезах отмечаются также участки, в пределах которых отражения, формирующиеся на границе отложений баженовской свиты с вмещающими ее толщами, имеют нерегулярный, прерывистый, часто волнообразный вид, за что они получили название «аномальных».

Изучение результатов геофизических исследований скважин (ГИС), пробуренных в пределах рассматриваемого месторождения, позволило установить, что во всех разрезах, вскрытых ими, баженовская свита имеет «аномальное» строение, под которым понимается переслаивание собственно битуминозных отложений, обогащенных керогеном и обладающих повышенной радиоактивностью с небитуминозными слаборадиоактивными осадками, представленными песчаниками, алевролитами и глинами в большей или меньшей степени карбонатными, а также известняками и мергелями [6].

Казалось бы, что участки, в пределах которых баженовская свита имеет «аномальное» строение по данным ГИС и результатам интерпретации сейсморазведки, должны совпадать, однако в пределах рассматриваемого месторождения это далеко не так.

Можно было бы также вслед за другими исследователями предположить, что участки с «аномальным» строением баженовской свиты являются местами, где ачимовские клиноформы внедряются в битуминозные отложения и оказываются по этой причине перекрытыми осадками баженовской свиты [1, 3, 5, 9, 12, 14, 16]. Однако анализ данных сейсморазведки показал, что описанный выше механизм

формирования «аномальных» отражений и, соответственно, «аномального» строения баженовской свиты, по крайней мере для восточной половины рассматриваемого месторождения, вряд ли приемлем.

Поэтому в настоящей публикации авторы постарались восстановить палеогеографические и палеофациальные обстановки, в которых происходило отложение осадков баженовской и ачимовской свит в пределах рассматриваемого района. Для этого наряду с данными ГИС и сейсморазведки использованы также результаты тектоноседиментационного моделирования.

Реконструкция условий накопления осадков баженовской свиты

Суммарная мощность отложений баженовской свиты (включая небитуминозные прослои) в пределах рассматриваемого месторождения изменяется от 55 (скв. 61-П) до 80 м (скв. 130-Э). Собственно битуминозные (высокорadioактивные) отложения в сумме составляют от 17м (скв. 68-Р) до 43 м в скв. 117-Э (рис. 1 и 2). Таким образом, общая толщина отложений баженовской свиты в пределах небольшого участка изменяется почти в 1.5 раза, а мощность собственно битуминозных прослоев еще больше — в 2.5 раза.

Сопоставление разрезов, вскрытых соседними скважинами, в субширотном и субмеридиональном направлениях показало, что они практически не коррелируются друг с другом даже на коротких расстояниях (см. рис. 1, 2). В частности, карбонатные пропластки, которые легче всего выделять в разрезах, вскрытых скважинами, встречаются спорадически на различных глубинных уровнях и не во всех скважинах (см. рис. 1 и 2).

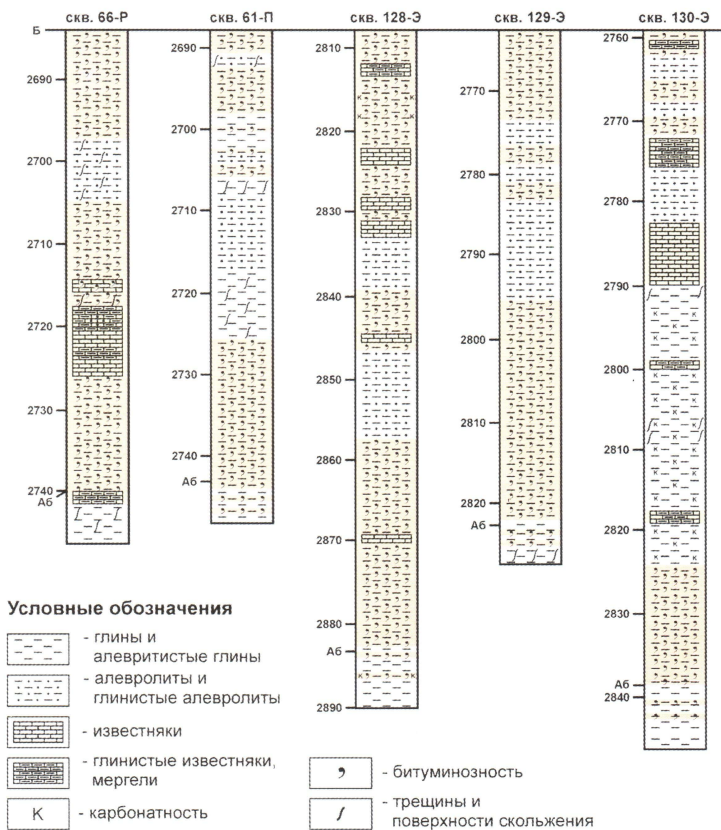


Рис. 1. Субширотный литологический разрез баженовской свиты Кальчинского месторождения, проходящий через скважины 66Р - 61П - 128Э - 129Э - 130Э

Можно было бы предположить, что довольно пестрый и нерегулярный литологический состав отложений баженовской свиты, обусловленный переслаиванием битуминозных аргиллитов, алевролитов, небитуминозных глин и карбонатов, объясняется внедрением ачимовских клиноформ в ее отложения. Однако имеется ряд серьезных возражений.

Во-первых, анализ сейсмических разрезов, проходящих в пределах рассматриваемого участка, с пробуренными на нем скважинами, показал, что сейсмические отражения имеют субгоризонтальное или пологонаклонное залегание в интервале неокоческих отложений; «настоя-

шие» клиноформы развиты западнее (рис. 3, 4, 5).

Во-вторых, на тех же сейсмопрофилях хорошо видно, что на этом участке отсутствует аномальная сейсмическая запись отражений в интервале залегания баженовской свиты, то есть, несмотря на аномальное строение баженовской свиты (по данным ГИС), сейсмическая запись этой «аномальности» не отражает; наиболее крупные участки, характеризующиеся аномальной сейсмосаписью в интервале залегания баженовской свиты, расположены гораздо западнее и северо-восточнее рассматриваемого участка (см. рис. 3, 4, 5).

В-третьих, для ачимовской пачки нехарактерно присутствие в ее составе карбонатных пластов и мергелей, тем более имеющих толщину 6—8 м (см. рис 1 и 2); поэтому карбонатные породы, встреченные в аномальных разрезах баженовской свиты, вряд ли могли попасть в нее вместе с ачимовскими осадками.

В целом, сравнивая мощность отложений баженовской свиты в рассматриваемом районе с одновозрастными осадками в пределах Широкого Приобья, можно отметить, что в пределах Кальчинского месторождения эти отложения имеют гораздо большую толщину (примерно в 2.5 раза), что свидетельствует о большей скорости осадконакопления и, соответственно, о большем объеме осадочного материала, поступавшего в палеобассейн и отлагавшегося в нем в это время.

Исходя из перечисленных особенностей состава и строения отложений баженовской свиты, можно предложить следующую палеофациальную модель ее формирования в пределах рассматриваемого района.

Накопление осадков баженовской свиты в пределах рассматриваемого месторождения происходило в эпиконтинентальном морском бассейне, имевшем сравнительно небольшую глубину, вероятно, не превышавшую 50-80м, то есть близкую к границе эйфотической зоны, что характерно для неглубокого шельфа. В таких условиях процессы фотосинтеза могут протекать во всей толще морской воды практически до самого дна, что обеспечивает образование большого количества органической массы растительного и животного происхождения, что в конечном итоге наряду с сероводородным заражением ведет к образованию осадков, богатых органическим веществом.

К моменту начала отложения осадков баженовской свиты произошла аридизация климата. Он стал, по крайней мере, семиаридным. Вследствие этого интенсивность процессов выветривания и особенно транспортировки осадков в палеобассейн реками резко упала, из-за чего в нем заметно увеличилась доля аутигенных осадков, представленных органическим материалом, карбонатами, биогенным

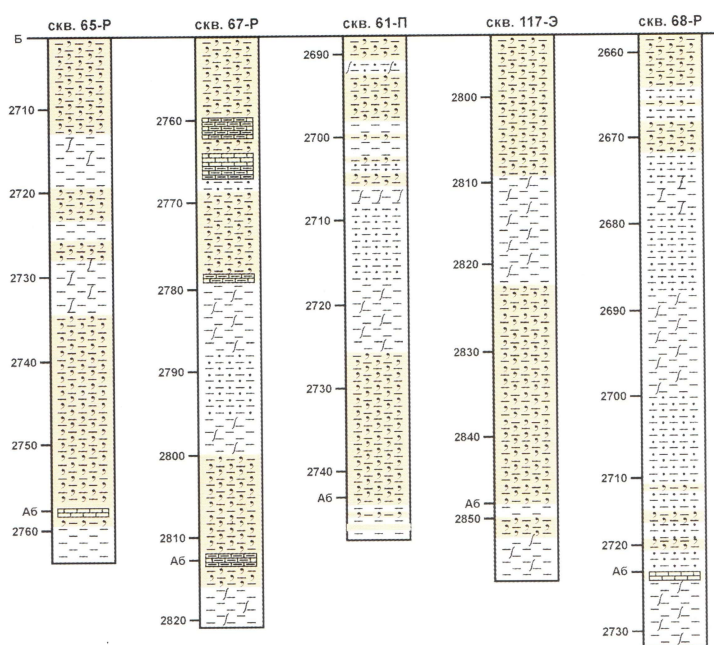
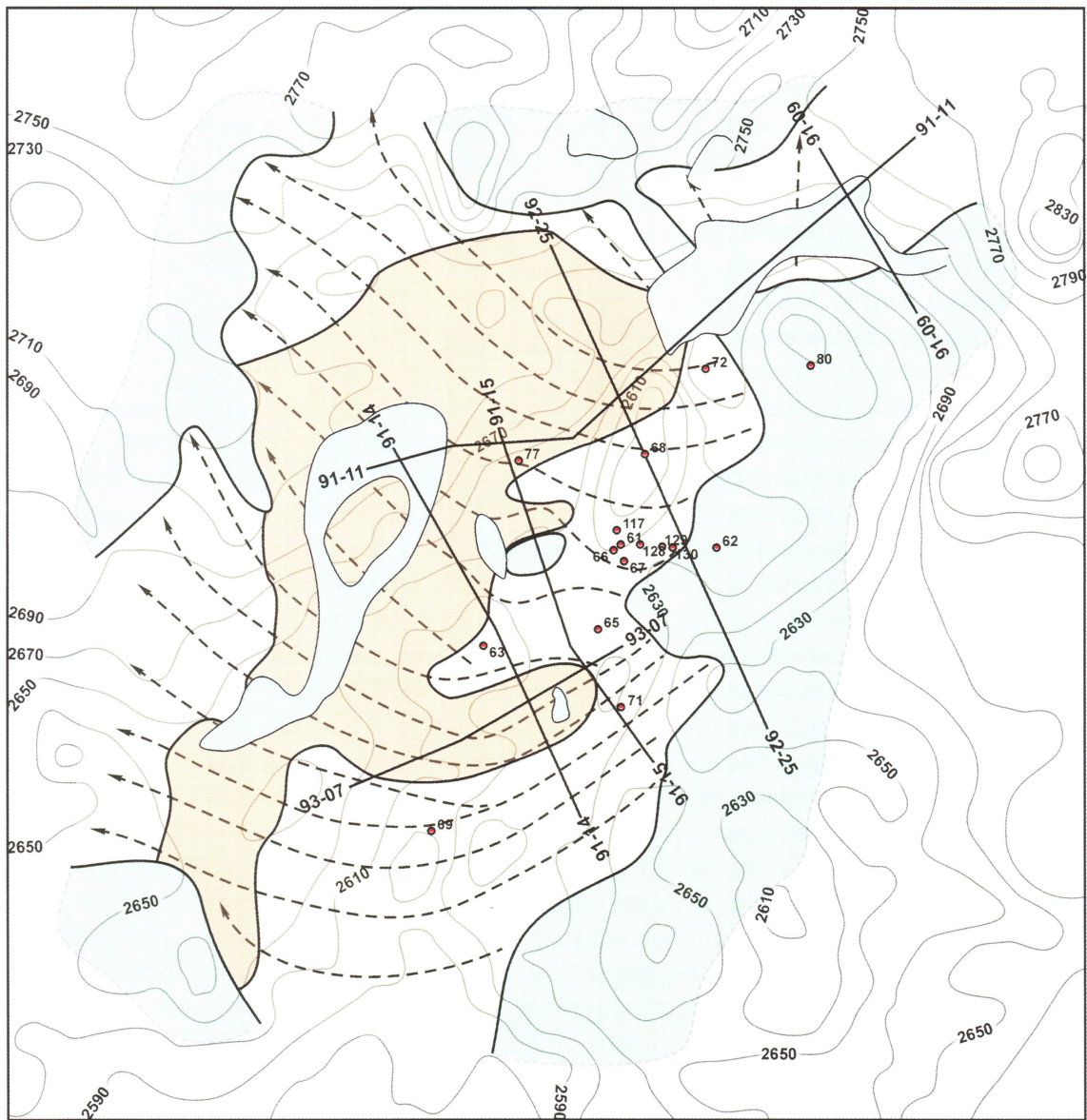


Рис. 2. Субмеридиональный литологический разрез баженовской свиты Кальчинского месторождения, проходящий через скважины 65P - 67P - 61П - 117Э - 68P. Условные обозначения см. на рис. 1



Условные обозначения

- ⁶⁹ - пробуренные скважины
- 93-07 — - сейсмопрофили
- - участки с «аномальным» видом записи сейсмических отражений от горизонта Б
- - зона клиноформного строения неокома с пологим залеганием осадков (углы падения 1.0-1.5град)
- 2650 — - изогипсы опорного отражающего горизонта Б
- - субгоризонтальное залегание неокомских осадков
- - направление уклона палеобассейна и простирания клиноформ
- - зона клиноформного строения неокома с крутым залеганием осадков (углы падения 2.0-3.0град)

Рис. 3. Карта-схема строения нижне-неокомских отложений и развития «аномальной» записи сейсмических отражений от опорного горизонта Б

кремнеземом и пиритом. Возросла также относительная доля глинистого и тонко-алевритистого материала, переносимого в палеобассейн по воздуху (ветрами, бурями, ураганами и т. п.).

В наиболее глубоких участках палеобассейна, а также местах, где отсутствовали сколько-нибудь значительные подводные течения, накапливались глинистые

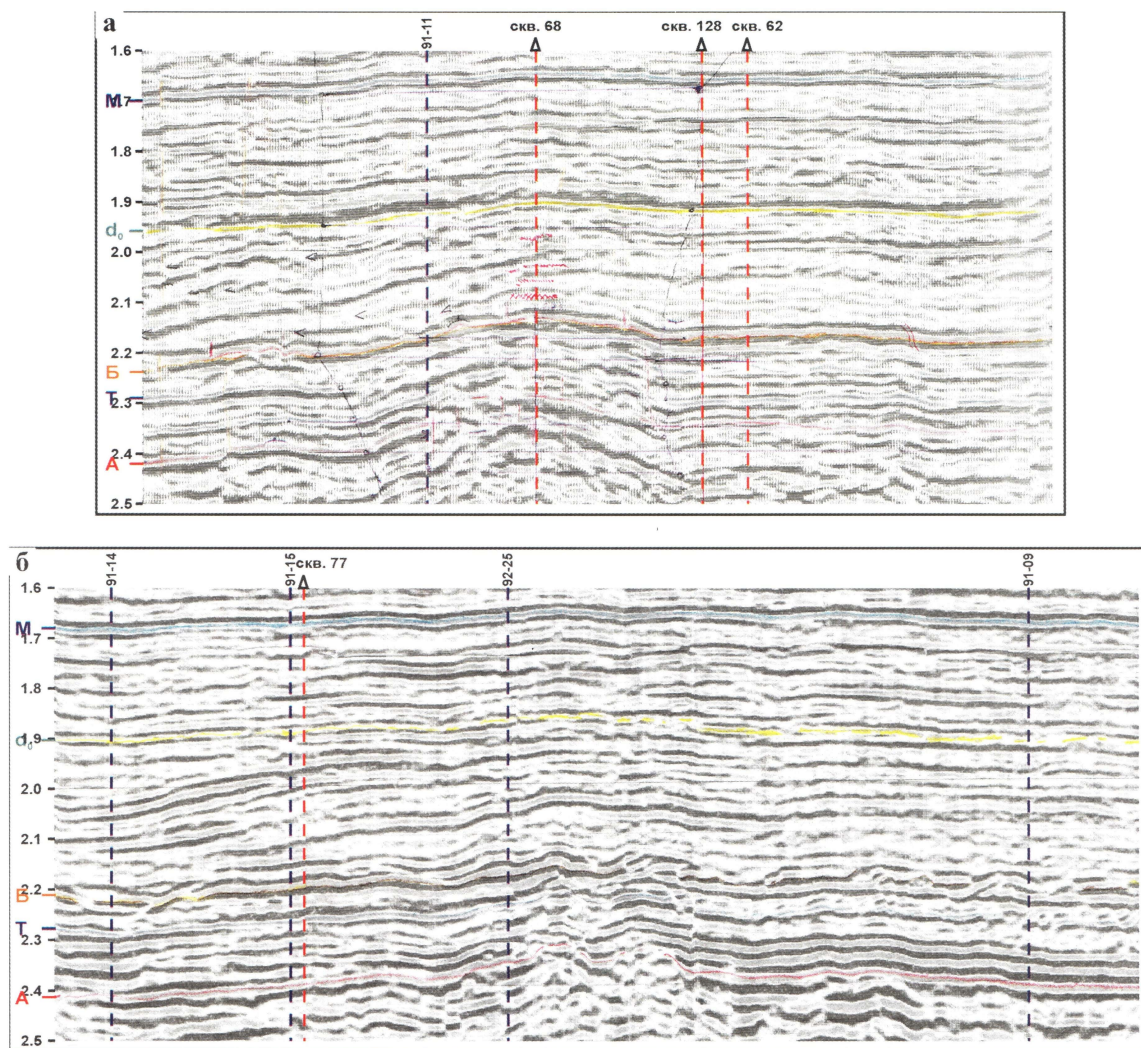


Рис. 4. Сейсмические разрезы 92-25 (а) и 91-11 (б) Кальчинского месторождения

отложения, обогащенные органическим материалом, здесь же, вероятно, формировалась анаэробная зона сероводородного заражения, способствовавшая сохранению органического материала.

Замещение или смена битуминозных высокорadioактивных осадков обычными (небитуминозными с нормальной radioактивностью), скорее всего, объясняется двумя главными факторами, а именно, усилением гидродинамической активности надонных вод и увеличением объема поступавшего в бассейн осадочного материала. Эти факторы могли быть обусловлены подъемом дна палеобассейна и временной гумидизацией палеоклимата, что повлекло за собой усиление эрозии и увеличило объем поступавшего в бассейн с речным стоком терригенного осадочного материала. Близкое (по сравнению с центральной частью Западно-Сибирского бассейна) расположение к берегу и, соответственно, к источникам сноса рассматриваемого района объясняет значительное влияние терригенного стока на состав отлагаемого в бассейне осадочного материала во время накопления баженовской свиты.

Почему именно локальными причинами в том или ином участке морского палеобассейна можно объяснить расформирование зон сероводородного заражения и, соответственно, прекращение отложения осадков, обогащенных органическим

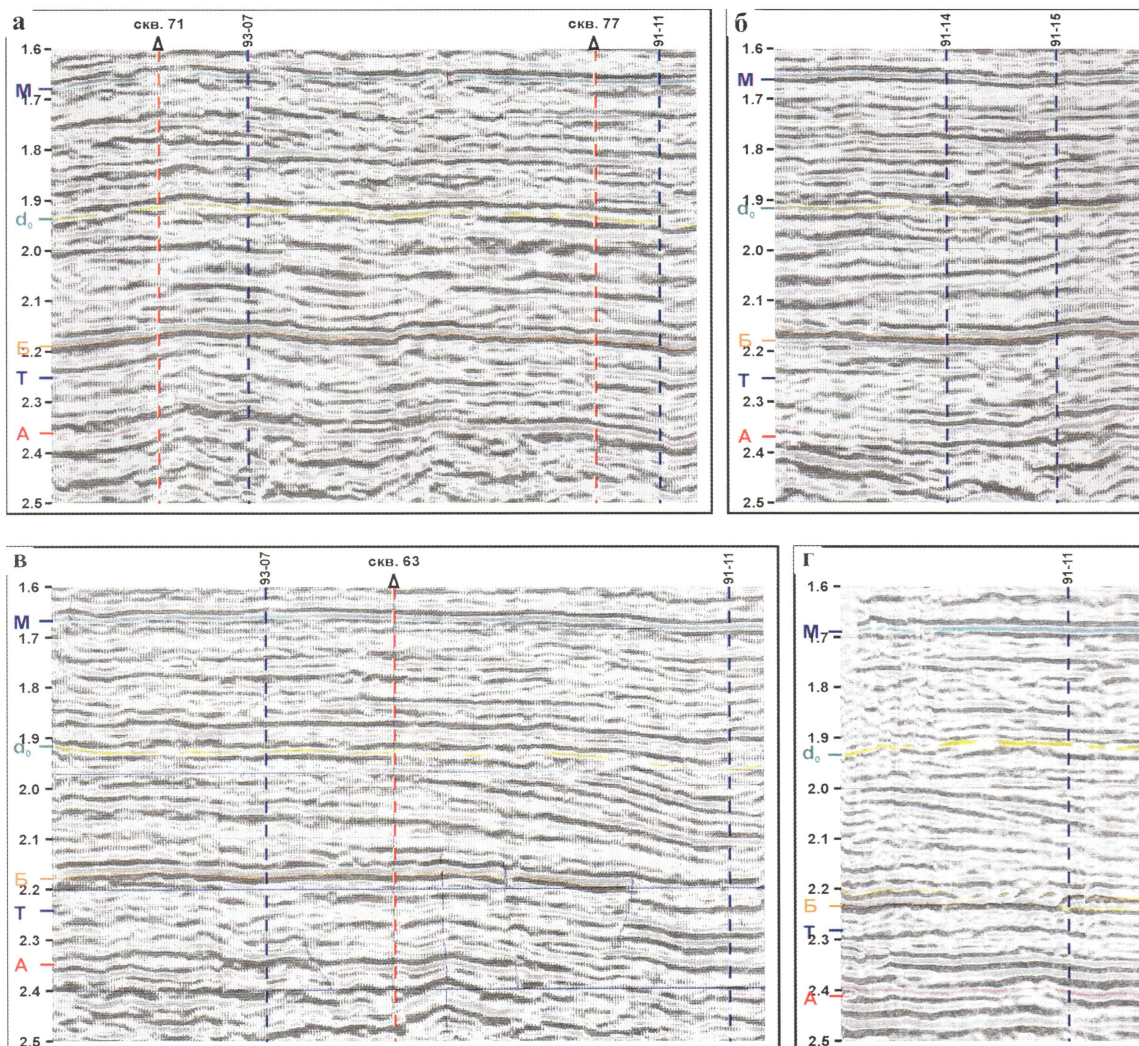


Рис. 5. Сейсмические разрезы 91-15 (а), 93-07 (б), 91-14 (в) и 91-09 (г) Кальчинского месторождения

ким веществом? Потому что, если бы снижение уровня баженовского моря было вызвано эвстатическими колебаниями, то это привело бы к региональному отложению небитуминозных осадков, то есть эти осадки хорошо коррелировались бы на всей рассматриваемой территории, чего на самом деле не наблюдается (см. рис. 1 и 2). Скорее всего, происходили местные колебания уровня палеобассейна, вызванные локальными тектоническими движениями, кроме того, оказывали влияние местные подводные течения, а также волновая деятельность.

В этой связи обращает на себя внимание разрез, вскрытый скважиной 68-Р (см. рис. 2). В ее составе, при общей мощности баженовской свиты около 64 м, доля битуминозных прослоев составляет всего 17 м. Эта скважина пробурена на активном, тектонически антиклинальном блоке, испытывавшем, вероятно, в разное время инверсионные вертикальные движения. Причем во время отложения баженовской свиты этот участок был приподнят относительно окружающего его рельефа дна моря (из-за чего он подвергался более активному гидродинамическому воздействию со стороны морских вод, поэтому сероводородное заражение здесь отмечалось редко). Он испытывал медленное погружение, оставаясь, тем не менее, положительной структурой (антиклиналью). Именно по этой причине на нем на-

копились преимущественно небитуминозные глинисто-алевритовые отложения (см. рис. 2).

Отложение карбонатных, глинисто-карбонатных или алевритисто-карбонатных осадков, в которых карбонаты имеют хемогенное происхождение, связано с нарушением карбонатного равновесия в том или ином участке палеобассейна в его придонной части, которое чаще всего вызывается изменением температуры, давления, солености и концентрации углекислоты, зависящей, в частности, от интенсивности процессов фотосинтеза. Поскольку, как уже отмечалось выше, карбонатные или карбонатизированные осадки встречаются спорадически и не приурочены к одному стратиграфическому уровню, то можно предположить, что их образование связано с локальными, а не региональными причинами.

Чаще всего образование хемогенных карбонатов обусловлено смешением более холодных, например, глубинных вод (с высокой концентрацией карбонат-ионов и углекислоты) с теплыми, поверхностными водами (с невысокой концентрацией углекислоты и более низким произведением растворимости карбонатов), вследствие чего образуются карбонатные минералы, представленные в подавляющем большинстве случаев кальцитом.

Таким образом, отложения баженовской свиты в пределах Кальчинского месторождения, несмотря на «аномальное» строение, накапливались путем нормального (последовательного) отложения осадков без внедрения в ее состав молодых по возрасту отложений, например, ачимовской пачки. Своеобразный состав и строение отложения баженовской свиты в пределах рассматриваемого района имеют из-за близости источников сноса (берега) и колебаний палеоклимата (его аридизации или гумидизации), а также изменений рельефа или батиметрии дна палеобассейна, обусловленных тектоническими движениями во время накопления осадков.

Следует еще раз обратить внимание на тот факт, что, несмотря на неоднородный литологический состав отложений баженовской свиты, изменяющийся от скважины к скважине, это не отражается на качестве сейсмических отражений от баженовской свиты, которые имеют нормальный непрерывный вид (см. рис. 4а, б, 5а, в).

Тем не менее, как уже упоминалось, на Кальчинском месторождении по данным сейсморазведки отмечаются участки, в пределах которых отражения, сформировавшиеся в интервале залегания баженовской свиты, имеют аномальное строение (см. рис. 3, 4б, 5б, в, г).

Выделяются две различные палеофациальные обстановки, в пределах которых формировались осадки с аномальным характером отражения от отложений баженовской свиты. Они отчетливо выделяются, например, на с/п 91-11 и вынесены на карту месторождения (см. рис. 3, 4б). Во-первых, это участок, расположенный в северо-восточной части рассматриваемого района, и, во-вторых, зона, протягивающаяся почти субмеридионально, расположенная западнее центральной части месторождения (см. рис. 3).

Северо-восточный участок с аномальным строением сейсмоотражающего горизонта Б (баженовская свита) приурочен к зоне с субгоризонтальным и слабонаклонным положением отражающих границ нижненеокомских отложений (см. рис. 3, 4б, 5г). Скорее всего, аномальное строение отражающего горизонта Б в этом районе месторождения обусловлено частичным размывом битуминозной толщи и отложением на ней песчано-алевритовых, вероятно, частично карбонатизированных осадков.

Второй (западный) участок расположен в зоне развития крутонаклонных клиноформ (см. рис. 3, 4б, 5в), поэтому в его пределах можно допустить предложенный ранее другими исследователями механизм образования, обусловленный внедрением ачимовских клиноформ в битуминозные отложения баженовской свиты [1, 3, 5, 9, 12, 14, 16].

Реконструкция условий осадконакопления ачимовских отложений

К моменту начала накопления ачимовских отложений произошло явное изменение палеоклиматических условий. Климат стал гумидным, кроме того, вероятно активизировались тектонические движения, приведшие к росту положительных структур на суше, примыкавшей к морскому палеобассейну, и медленному погружению дна эпиконтинентального морского бассейна. Произошедшие климатические и тектонические изменения вызвали активизацию процессов осадконакопления, скорость седиментации в палеобассейне резко увеличилась. Здесь следует отметить, что близкая точка зрения содержится в публикациях Ф.Г. Гурари [2, 3].

Анализ результатов сейсморазведочных работ, выполненных в пределах Кальчинского месторождения, показал, что осадки ачимовской пачки, скорее всего, являются продуктом фации наступавшей дельты, причем в пределах этой фации условно можно выделить две основные зоны. Первая зона — это подводная внутренняя дельта или дельтовая платформа, где отмечается субгоризонтальное залегание осадков и, соответственно, сейсмических отражений. Вторая зона — это склон дельты, который может иметь сначала пологий ($1.0\text{--}1.5^\circ$), затем довольно крутой ($2.0\text{--}3.0^\circ$), а затем вновь пологий ($1.0\text{--}1.5^\circ$) наклон. Эти участки склона дельты, соответственно, называются также ундо-, орто- и фондоформами [11]. Осадки этой зоны дельты имеют клиноформное строение. Выделенные зоны отчетливо наблюдаются на всех сейсмопрофилях и вынесены на карту месторождения (см. рис. 3, 4а, б, 5б, в, г).

Следует обратить внимание на то, что рост поднятий после отложения неокских осадков приводил, с одной стороны, к увеличению угла наклона клиноформ, находящихся к западу от них, а с другой, наоборот — к выполаживанию или уменьшению угла наклона осадков (вплоть до изменения направления их падения на противоположное), расположенных к востоку от них (см. рис. 4а, б).

В настоящее время дискутируется вопрос о механизме транспортировки осадков в пределах подводного склона дельты, где осадки по данным сейсморазведки имеют клиноформное строение.

Многие исследователи полагают, что отложения подводного склона дельты представлены осадками конусов выноса, которые, в свою очередь, являются, по их мнению, турбидитами или подводными оползнями [3, 9, 14]. Часто наряду с термином турбидит авторами публикаций используются термины гравитационный, мутьевой, суспензионный, реже песчаный поток [1, 3, 8, 9, 11, 12, 14, 16]. Причем часто эти термины используются как синонимы. Необходимо разобраться в значениях этих терминов, чтобы пользоваться ими грамотно.

Турбидит имеет два значения: первое — *turbo*, что означает «вихрь, вращение» и второе — *turbid*, что переводится с английского как «мутный». Таким образом, в соответствии с первым значением турбидит — это поток, характеризующийся вихревым (турбулентным) видом течения, а в соответствии со вторым — это мутный поток, содержащий во взвешенном состоянии муть или взвешенные

мелкие частички. В этом значении он абсолютно аналогичен термину «мутьевой поток». Характер течения (турбулентный или ламинарный) в рассматриваемой классификации не является существенным признаком, так как, скорее всего, все типы рассматриваемых потоков являются турбулентными. Поэтому, вероятно, Куенен (Kuennen Ph.), предложивший этот термин в 1964 г., имел в виду мутьевой, а не турбулентный поток.

Поскольку движущей силой всех рассматриваемых потоков является гравитация, то, вероятно, правильнее все эти разновидности потоков отнести к множеству гравитационных (водных) потоков. В дальнейшем с целью их более дробного классифицирования можно предложить учитывать содержание в них преобладающей гранулометрической фракции частиц и по этому признаку выделять мутьевой (в его составе преобладают глинистые и мелкоалевритовые фракции) и суспензионный (в нем основными являются песчаные и крупноалевритовые фракции) потоки. Можно проводить и более дробное деление множества гравитационных потоков с выделением, например, песчаных или алевритовых потоков, но в большинстве случаев это вряд ли целесообразно, так как чисто песчаные или алевритовые потоки в природе встречаются и, вероятно, встречались редко.

Таким образом, термин «турбидит» по сути, является излишним термином, поскольку не несет никакой дополнительной смысловой нагрузки по сравнению с термином мутьевой поток и является его полным аналогом. Единственное преимущество этого термина (турбидит) перед другими — это его краткость.

Поэтому в настоящей публикации мы будем использовать самый общий термин, охватывающий все перечисленные типы, а именно — гравитационный поток.

В рассматриваемой нами дельтовой палеофациальной обстановке гравитационные потоки возникали на краю дельтовой платформы в верхней части ее склона вследствие быстрого накопления осадков, приносимых реками. Временами этот склон становился чрезвычайно неустойчивым (из-за переизбытка на нем осадков), поэтому в результате землетрясения, шторма, урагана или других природных катаклизмов дельтовый склон, перегруженный осадками, приходил в движение. Вероятнее всего, первоначально происходило образование подводного оползня, который в случае благоприятной морфологии дна склона дельты мог в дальнейшем вследствие уменьшения его вязкости (из-за все большего разбавления осадка морской водой) приобретать свойства, характерные для гравитационного потока. В силу более высокой плотности по сравнению с окружающей его морской водой, он скользил по склону. Если подстилающий осадок не успел литифицироваться, а гравитационному потоку удалось набрать большую скорость, то он мог вызывать эрозию подстилающих осадков, углубляя ложбины на склоне, а достигнув подножия дельтового склона и дна бассейна создать на них выемки, промоины, либо внедриться в подстилающие отложения, если они слабо сцементированы и имеют низкую плотность (например, в осадки баженовской свиты).

При рассмотрении условий образования отложений баженовской свиты уже указывались места на сейсмических разрезах и карте месторождения (в плане), где могло происходить внедрение ачимовских клиноформ в битуминозные отложения баженовской свиты (см. рис. 3, 4б, 5в).

Таким образом, если механизм осадконакопления на подводном склоне дельты (где формируются так называемые клиноформы) и подножии дельтового склона, а также дне бассейна соответствует описанному выше механизму, то на сейсмических разрезах осадки, отложенные гравитационными потоками, дол-

жны иметь в разрезе волнистое и/или линзовидное строение. Это обусловлено тем, что нижнее отражение будет получено от эрозионной ложбины, выемки или промоины, а верхнее отражение также может иметь выпуклую границу, поскольку в центральной части гравитационного потока его толщина больше, чем по краям. Трудность диагностики отдельных тел гравитационных потоков заключается в том, что сейсмические волны могут сформировать отражение лишь от достаточно крупных тел, имеющих линейные размеры не менее первых десятков метров. Более мелкие тела осадков, отложенных гравитационными потоками, диагностировать с помощью сейсморазведки невозможно.

Анализ формы сейсмических отражений на временных сейсмических разрезах, проходящих перпендикулярно по отношению к направлению падения клиноформ, показал, что, действительно, при примерно субгоризонтальной ориентации сейсмических границ в интервале залегания ачимовской пачки они имеют волнистый характер, что хорошо видно на временных сейсмических профилях: сп 91-15 (см. рис. 5а), правая часть сп 91-11 (см. рис. 4б). Вероятно, отдельные линзовидные тела различных размеров, часто примыкающие друг к другу, — это и есть осадки, отложенные одновременными гравитационными потоками, переносившими осадочный материал по склону дельты в направлении морского дна.

Некоторые исследователи утверждают, что углы, под которыми клиноформы наклонены по отношению к горизонту, очень малы и вряд ли при таких углах наклона могли формироваться оползни и гравитационные потоки. Это утверждение нельзя считать корректным. Дело в том, что наблюдаемые в настоящее время углы наклона, под которыми залегают осадки, входящие в состав клиноформ, — это результат переотложения осадков в пределах дельтовых склонов и соседствующих с ними фациальных областей. Какими первоначально были углы их наклона до того, как осадки «скатились» вниз по склону, нам не известно. Мы наблюдаем равновесные или близкие к равновесным углы наклона осадков после остановки их движения и последующего захоронения, поэтому можно смело утверждать, что исходный наклон осадков был больше.

Чтобы разобраться в механизме формирования клиноформных осадков, нами проведены эксперименты, моделирующие движение осадков в водном бассейне по поверхности крутых склонов. Поставлены три эксперимента с использованием методики тектоноседиментационного моделирования [5, 6]. В двух из них моделировался подводный оползень, а в третьем — мутьевой поток.

Эксперименты проводились в боксе с прозрачными боковыми стенками, заполненном водой. В качестве осадочного материала использовались глина, алевролит, песок, цемент (для моделирования известняков), а также глина, обогащенная органическим материалом (для имитации отложений баженовской свиты).

В первом эксперименте моделировался подводный оползень, скатывавшийся на дно бассейна, сложенное уплотненной глиной (рис. 6). В этом эксперименте во время схождения оползня, представленного плотной, но пластичной цементной массой, наблюдалось образование по его краям и над ним волн, которые взмучивали как подстилающий глинистый осадок, так и саму цементную массу (см. рис. 6б, в).

Достигнув стенки бокса, оползень ударился об нее и остановился, причем его верхняя поверхность приобрела практически субгоризонтальное положение (см. рис. 6г). Вне всякого сомнения, присутствие стенки или вернее взаимодействие с ней двигавшегося осадка, искажило результат эксперимента, и окончательная форма залегания осадка, перемещавшегося в виде оползня, была другой, что будет показано ниже.

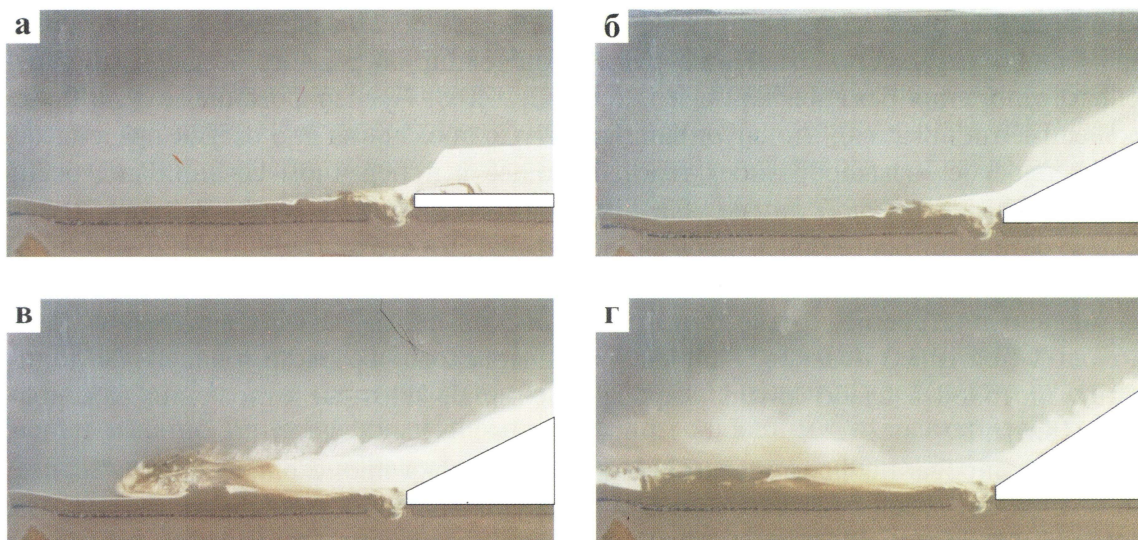


Рис. 6. Моделирование оползня, скатывающегося на дно бассейна, сложенного уплотненным слоем глины: а — до начала формирования оползня; б — начальная стадия его образования; в — развитие; г — заключительная стадия

Во втором эксперименте моделировалась другая ситуация. В этом опыте плотный, но достаточно пластичный осадок цемента, моделирующий тело оползня, скатывался на дно бокса, покрытое рыхлым осадком, обладающим низкой плотностью, имитировавший отложения баженовской свиты.

В этом эксперименте тело оползня, обладающее большей плотностью, чем подстилающий его рыхлый слой, погрузилось под этот слой и в виде своеобразной волны двигалось под ним до полной остановки (рис. 7).

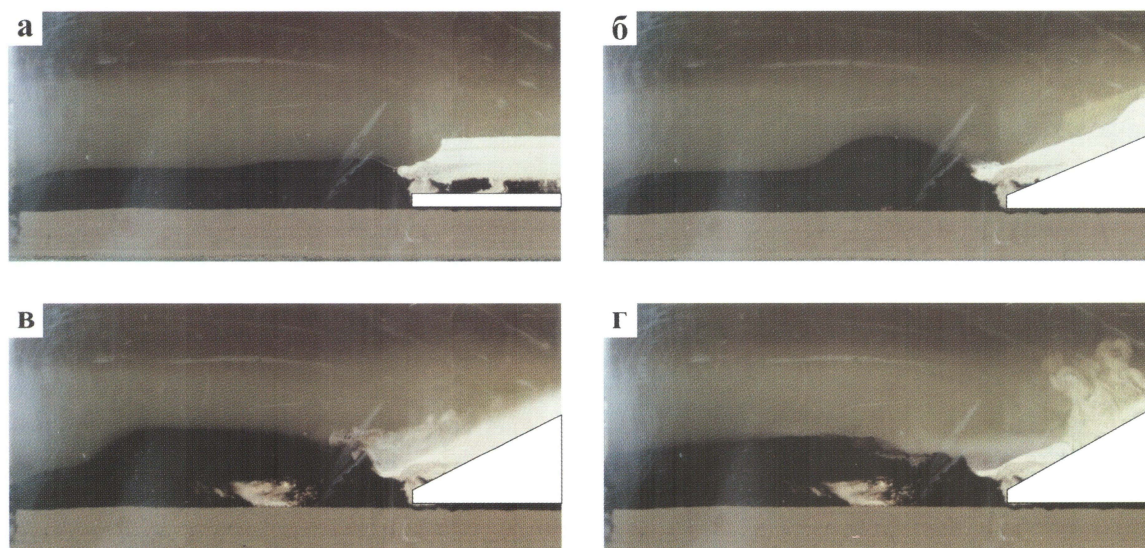


Рис. 7. Моделирование подводного оползня, скатывающегося на дно бассейна, сложенного рыхлым осадком: а — до начала моделирования; б — начало формирования оползня; в — движение оползня; г — окончание движения оползневой массы

Поскольку в рассматриваемом случае тело оползня испытывало большее сопротивление со стороны окружающей его среды, чем в первом эксперименте из-за того, что плотность и вязкость рыхлого слоя все же заметно выше, чем воды, то оно остановилось, не достигнув стенки бокса (см. рис. 7г). Вследствие внедрения оползне-

вого тела под рыхлый осадок суммарная мощность образовавшегося слоя возросла примерно в два раза по сравнению с исходной толщиной рыхлого осадка, моделирующего отложения баженовской свиты (см. рис. 7а-г). Препарирование модели после эксперимента показало, что спустившийся в виде оползня на дно осадок представлял собой плоское «языкообразное» тело, имеющее в поперечном сечении вид очень плоской слабовыпуклой линзы, а в продольном сечении — очень тонкого узкого клина, острие которого ориентировано в направлении его движения.

Таким образом, экспериментально доказана возможность формирования anomalно построенных отложений баженовской свиты за счет внедрения более молодых (плотных) осадков, например, «ачимовского» возраста в виде гравитационных потоков в слабо литифицированные менее плотные отложения баженовской свиты.

Моделирование формирования мутьевого потока происходило иначе. Вернее, он возник случайно вследствие слабой встряски бокса в момент осаждения в нем осадков. Мутьевым образовавшийся поток назван потому, что состоял из глинистого и органического материала и использовался в качестве имитатора осадков баженовской свиты.

Вследствие сотрясения бокса осадок скатился с присутствовавшего в нем антиклинального поднятия в виде мутьевых потоков по его крыльям. При этом наблюдалось следующее. В прикупольной части и в меньшей степени на крыльях поднятия произошло резкое уменьшение мощности осадка до почти полного его исчезновения на вершине антиклинали (рис. 8а). Напротив, в погруженных частях особенно вблизи боковых стенок бокса мощность осадков значительно увеличилась. В прикупольной части, а также на крыльях поднятия из материала подстилающего слоя сформировались волны. Со стороны более крутого (левого) крыла у стенки бокса образовалась опрокинутая складка, возникшая из-за того, что разогнавшийся по склону поднятия мутьевой поток ударился о стенку бокса. С противоположной стороны (где поднятие имело более пологое крыло) такая складка не образовалась, вероятно, из-за того, что поток не успел набрать достаточно большую скорость и остановился у стенки бокса (см. рис. 8а).

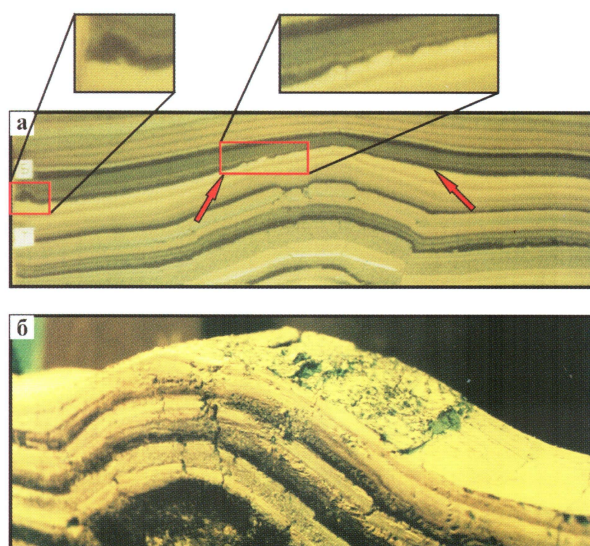


Рис. 8. Результаты моделирования мутьевых потоков (показаны стрелками): а) разрез седиментационной модели; б) отпрепарированная поверхность слоя, подстилавшего осадки мутьевого потока

Препарирование подстилающего слоя, по которому скатился мутьевой поток, показало, что в нем действительно сформировались «застывшие» волны, имеющие различную ширину и высоту, гребни которых направлены вниз по склону (рис. 8б). Из этого следует, что движение мутьевого потока — это волнообразный процесс, чем-то напоминающий перемещение обычных волн, возникающих на поверхности водных бассейнов. Следует обратить внимание на тот факт, что при моделировании оползней образование волн в подстилающем осадке не наблюдалось (см. рис. 6, 7).

Анализ морфологии сейсмических отражений, присутствующих на временных разрезах, показал, что они

довольно многообразны и без особого труда можно найти формы, напоминающие тела оползней и гравитационных потоков, а также подобие волн, описанных выше при анализе результатов моделирования мутьевого потока (см. рис. 4—8). Следовательно, результаты тектоноседиментационного моделирования свидетельствуют о том, что при транспортировке осадков по склону дельты по направлению к ее подножию и далее ко дну морского бассейна оползни и гравитационные потоки принимали активное участие. Поэтому клиноформы — это осадочные толщи, сформировавшиеся во многом благодаря перемещению осадков гравитационными потоками.

Вообще, термин «клиноформа» нельзя признать удачным, поскольку он несет геометрическую, а не генетическую нагрузку и, скорее всего, постепенно будет заменен именно генетическими терминами, позволяющими охарактеризовать фациальные условия осадконакопления. В пределах рассматриваемого месторождения вместо термина клиноформа правильнее говорить об осадочных комплексах подводного склона дельты, сложенных осадочным материалом оползней, гравитационных потоков, подводных течений, а также в меньшем объеме другими видами или типами осадков.

В заключение авторы выражают благодарность геологической службе ОАО «Тюменнефтегаз» в лице главного геолога Рязанова Р.К. и начальника геологического отдела Зуева А.Б. за предоставленную геолого-геофизическую информацию, на основе анализа которой подготовлена настоящая публикация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гогоненков Г.Н., Михайлов Ю.А., Эльманович С.С. Анализ неокомской клиноформы Западной Сибири по данным сейсморазведки // Геология нефти и газа.— 1988.— № 1.— С. 22—30.
2. Гурари Ф.Г. Клиноформы — новый тип литостратонов // Геология и геофизика.— 1994.— № 4.— С. 19—26.
3. Гурари Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений) / Тр.СНИИГГиМС.— Новосибирск.— 2003.— 141 с.
4. Еришов С.В., Казаненков В.А., Контарович А.Э. Строение и перспективы нефтеносности клиноформных отложений неокома Нижневартовского свода // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО.— Ханты-Мансийск.— 2000.— С. 34—48.
5. Еханян А.Е., Шпильман В.И. Выделение перспективных зон для поисков залежей нефти и газа в отложениях берриас-валанжина (ачимовская пачка) Западной Сибири // Нефтегазовая геология и геофизика.— 1975.— № 2.— С. 15—19.
6. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М., Хасанов Р.Н. Комплексирование данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования с целью прогноза зон повышенной продуктивности в пределах Кальчинского месторождения // Опыт повышения эффективности разработки нефтяных месторождений Западной Сибири.— Тюмень.— 1999.— С. 102—116.
7. Зубков М.Ю., Бондаренко П.М. Прогноз зон вторичной трещиноватости на основе данных сейсморазведки и тектонофизического моделирования // Геология нефти и газа.— 1999.— № 11—12.— С. 31—40.
8. Игошкин В.П., Шлезингер А.Е. Генетические типы неокомских клиноформ Западной Сибири // Геология и геофизика.— 1990.— № 8.— С. 16—20.
9. Карогадин Ю.Н., Нежданов А.А. Неокомский продуктивный комплекс Западной Сибири и актуальные задачи его изучения // Геология нефти и газа.— 1988.— № 10.— С. 9—14.
10. Кулахметов Н.Х., Никитин В.М., Ясович Г.С. Особенности стратиграфии морских отложений неокома севера Западной Сибири по данным сейсморазведки и бурения // Сейсморазведка для литологии и стратиграфии Тюмень / Тр. ЗапСибНИГНИ.— 1985.— С. 54—64.
11. Кунин Н.Я., Сегалович И.Е. Стратиграфия неокомских клиноформ севера Западной Сибири // Отечественная геология.— 1993.— № 11.— С. 51—56.
12. Мкртчян О.М. Сейсмогеологические предпосылки работ в верхнеюрско-неокомской толще латерального наращивания Западной Сибири // Геология нефти и газа.— 1994.— № 6.— С. 32—34.
13. Наумов А.Л., Хафизов Ф.З. Новый вид литологических ловушек в неокомских отложениях Западной Сибири // Геология нефти и газа.— 1986.— № 6.— С. 31—35.

14. *Нежданов А.А.* Основные закономерности строения сеймостратиграфических комплексов неокома Западной Сибири // Геофизические методы при обосновании объектов нефтепоисковых работ в центральных районах Западной Сибири / Тр. ЗапСибНИГНИ.— Тюмень.— 1988.— С. 62—70.
15. *Нестеров И.И., Высоцкий В.Н.* Литолого-фациальная характеристика берриас-валанжинских седиментационно-сейсмических комплексов Среднего Приобья // Сейморазведка для литологии и стратиграфии / Тр. ЗапСибНИГНИ.— Тюмень.— 1985.— С. 41—54.
16. Особенности строения и нефтегазоносности неокомского комплекса Западной Сибири / О.М. Мкртчян, В.Е. Орел, С.И. Филина, Э.М. Пуркина // Геология нефти и газа.— 1986.— № 11.— С. 1—7.
17. *Трушкова Л.Я.* Основные закономерности распространения продуктивных пластов и покрышек в неокоме Обь-Иртышского междуречья // Вопросы литологии и палеогеографии Сибири / Тр. СНИИГГиМС.— Новосибирск.— Вып. 106.— 1970.— С. 4—14.
18. *Шпильман В.И., Мясникова Г.П., Трусов Л.Л.* Перерывы при формировании неокомских клиноформ в Западной Сибири // Геология нефти и газа.— 1993.— № 6.— С. 2—5.