

ГАЗОНАСЫЩЕННЫЕ ОСАДКИ ГУБ И ЗАЛИВОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ

С.И. Рокос, Г.А. Тарасов

Результаты инженерно-геологических изысканий 1988–2006 гг. показали, что в южной прибрежной зоне Карского моря (рис. 1) весьма широко развиты газонасыщенные приповерхностные осадки. Газонасыщение проявляется на сейсмоакустических временных разрезах и в скважинах. На временных разрезах свободный газ наблюдается в виде зон потери корреляции, амплитудных аномалий и резких изменений структуры волнового поля. В некоторых скважинах отмечаются небольшие выбросы, связанные со скоплениями газа в подошве слабопроницаемых глин. Кроме того в кернах нередко наблюдались вздутия, а также образование пузырьков на поверхности, что, очевидно, связано с дегазацией.

Осадки указанных районов в интервале от поверхности дна до глубины 100 м представлены четвертичными отложениями. В их составе выделяются следующие стратиграфические подразделения:

Комплекс современных голоценовых морских осадков развит в Байдарацкой губе (рис. 2а). Представлен глинисто-суглинистыми илами и супесями в глубоководной части (глубина моря более 10 м) и песками на мелководье. Мощность осадков колеблется от 0.1 м до 3–5 м.

Комплекс современных голоценовых аллювиально-морских осадков развит в Енисейском заливе, Обской и Тазовской губах (рис. 2б). Его отложения представлены не стабилизированными глинистыми грунтами текучей-текучепластичной консистенции, а также илами. В средней части Обской и северо-западной части Тазовской губ мощность этих отложений составляет в основном 5–6 м. В северной части Енисейского залива мощность данного комплекса достигает 40 м и более.

Комплекс древнеголоценовых аллювиальных отложений установлен бурением в Обской и Тазовской губах, предполагается в Енисейском заливе. Мощность этих отложений в Обской и Тазовской губах достигает 20–30 м. Отложения представлены песками (от пылеватых до средних) с прослоями глинисто-суглинистого оторфованного материала.

Аллювиальные отложения сартанского горизонта установлены бурением в Байдарацкой

губе, предполагается в Енисейском заливе. В его составе преобладают мелкие и пылеватые пески с прослоями торфа.

Морские отложения каргинского горизонта развиты в Енисейском заливе и Байдарацкой губе. Представлены в основном нестабилизированными глинами и суглинками текучей-текучепластичной консистенции с прослоями песков. Его мощность в палеодепрессиях достигает 20–30 м.

Аллювиальные отложения зырянского горизонта достоверно установлены в Байдарацкой губе и предполагаются в северной части Енисейского залива. Представлены песками с прослоями глин, суглинков и торфа. В палеоврезах мощность достигает 50 м и более.

Морские отложения казанцевской свиты вскрыты скважинами в Байдарацкой, Обской и Тазовской губах, предполагается в Енисейском заливе. Отложения представлены в основном морскими глинами и суглинками тугопластичной-твердой консистенции мощностью более 100 м. В толще глин и суглинков встречаются линзы и пропластки песков.

Сопоставление материалов сейсмоакустического профилирования, выполненного на различных участках губ и заливов Карского моря показывает, что эти участки отличаются друг от друга по характеру насыщения осадков свободным газом. В Байдарацкой губе на палеовыступах отложений казанцевской свиты, где происходит выклинивание глинисто-суглинистых каргинских осадков и к поверхности дна выходят полностью газонасыщенные зырянские пески или акустически непроницаемые казанцевские образования. Сейсмическая корреляция ниже подошвы голоценовых осадков отсутствует (рис. 3).

В палеодепрессиях, где мощность каргинских отложений наращивается, газонасыщение носит локальный или спорадический характер. Здесь на временных разрезах свободный газ наблюдается в слоистой каргинской толще, в основном в антиклинальных складках и в зонах резких изменений геометрии отражающих границ (рис. 4). Присутствие газа подчеркивается амплитудными аномалиями типа «яркое пятно». Ниже подошвы каргинских отложений, в газонасыщенных зырянских песках,

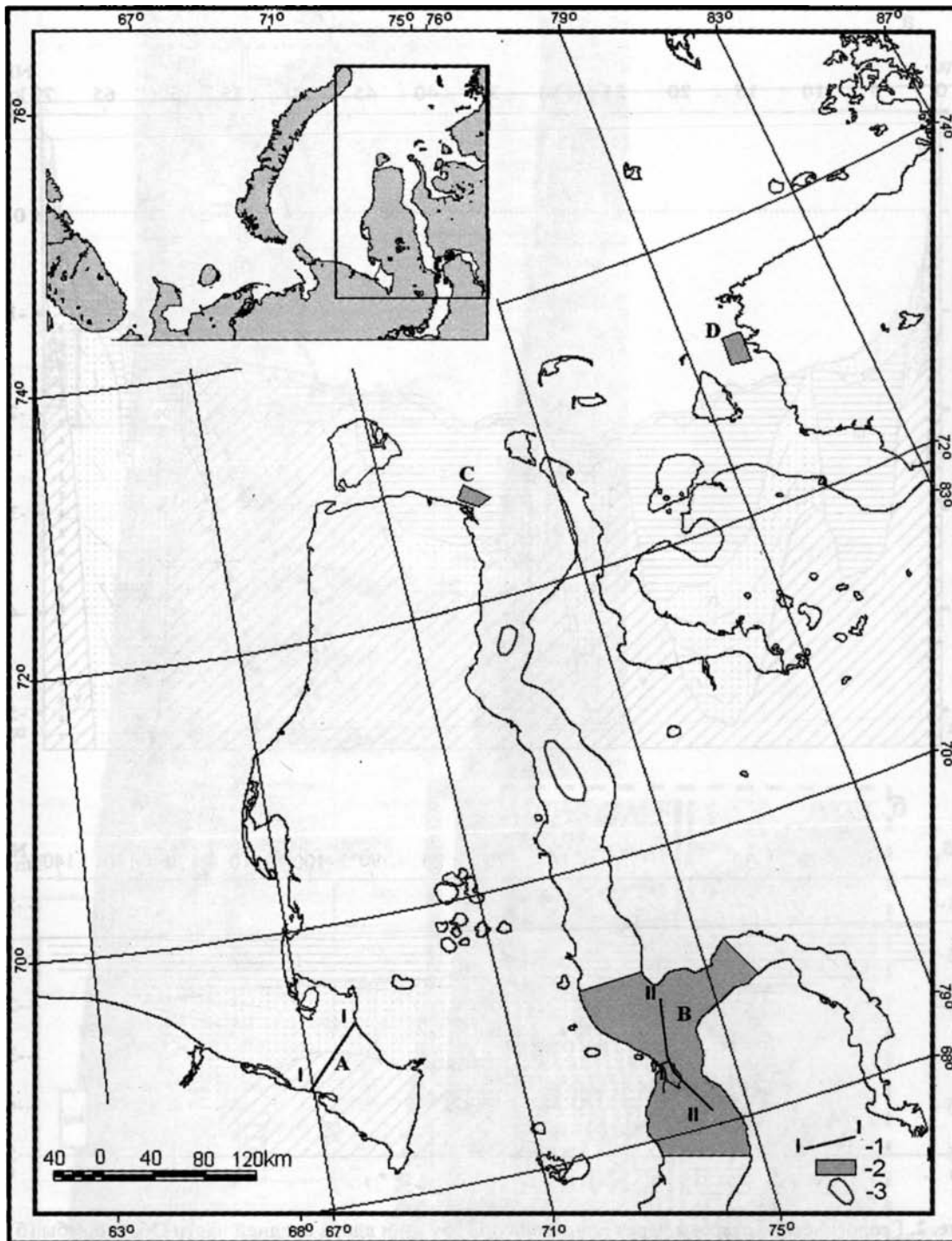


Рис. 1. Карта местоположения районов исследований

A – трасса перехода трубопровода через Байдарцкую губу, B – район исследований в средней части Обской губы, C – район исследований в северной части Обской губы, D – район исследований в северной части Енисейского залива; I-I, II-II – линии геологических разрезов; 1 – площадки детальных изысканий, 2 – площадные изыскания, 3 – акустические окна.

упругие колебания не распространяются. Сама кровля газонасыщенной толщи зачастую прослеживается как линейная амплитудная аномалия.

На большей части площади средней части Обской и северо-западной части Тазовской губ

наблюдается практически полное отсутствие сейсмической корреляции. На временных разрезах верхняя граница газонасыщения почти совпадает с линией дна (рис. 5a). Акустически проницаемыми являются лишь мелкие линзы («белая

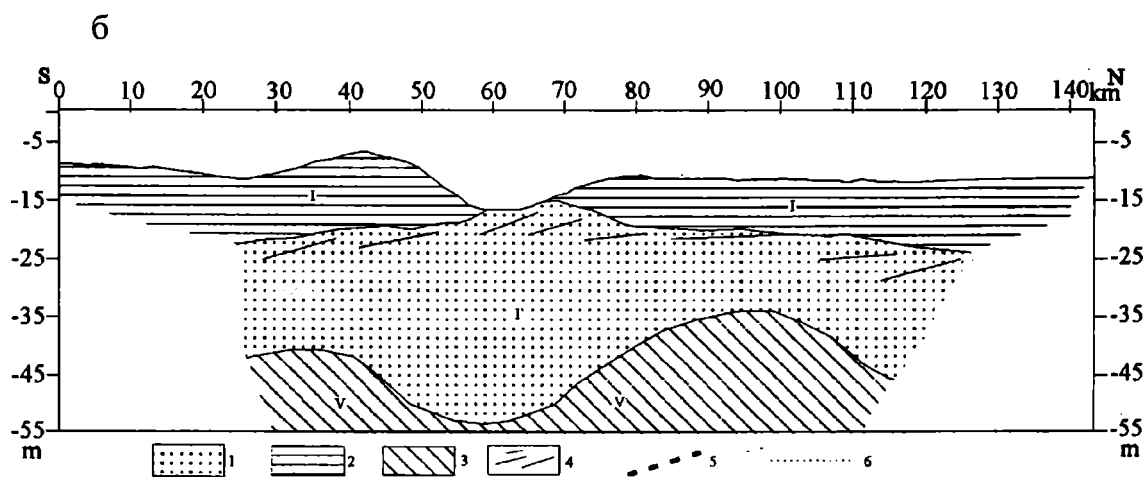
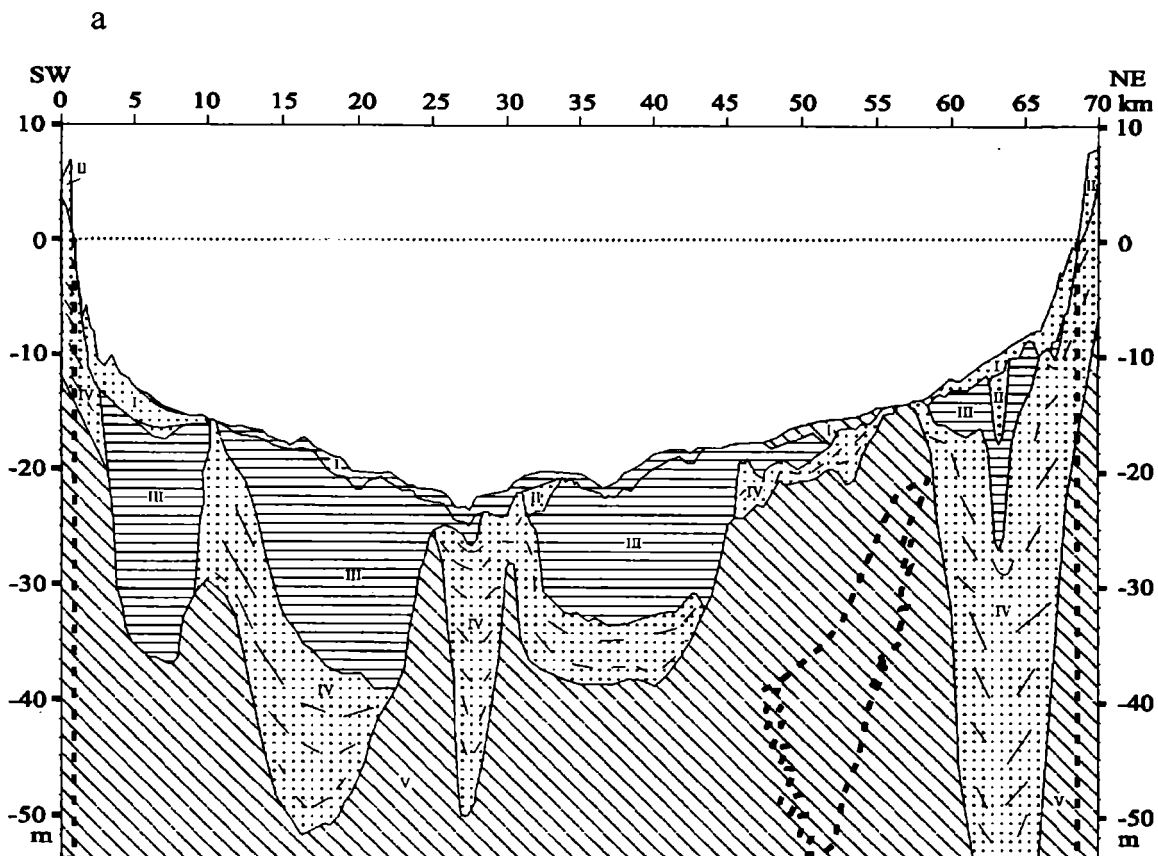


Рис. 2. Геологические разрезы через Байдарацкую губу (а) и вдоль средней части Обской губы (б)
 1 – пески, 2 – преимущественно глины и илы, 3 – преимущественно суглинки, 4 – прослои глин и суглинков, 5 – границы массивов многолетнемерзлых пород, 6 – уровень моря

фаза») мощностью не более 1 м, залегающие в интервале между дном и кровлей осадков, насыщенных свободным газом. Глубже верхней границы газонасыщения полезная информация отсутствует, наблюдаются лишь помехи и кратные отражения разнообразной природы.

На локальных участках, представляющих собой своеобразные акустические окна, по времен-

ном разрезам удается проследить элементы строения толщи древнеголоценовых аллювиальных песков (рис. 5б). При этом в самих песках наблюдается свободный газ, который, начиная с глубины нескольких метров от дна, полностью блокирует распространение упругих колебаний. Также отмечаются отдельные локальные прорывы газа, почти достигающие поверхности дна.

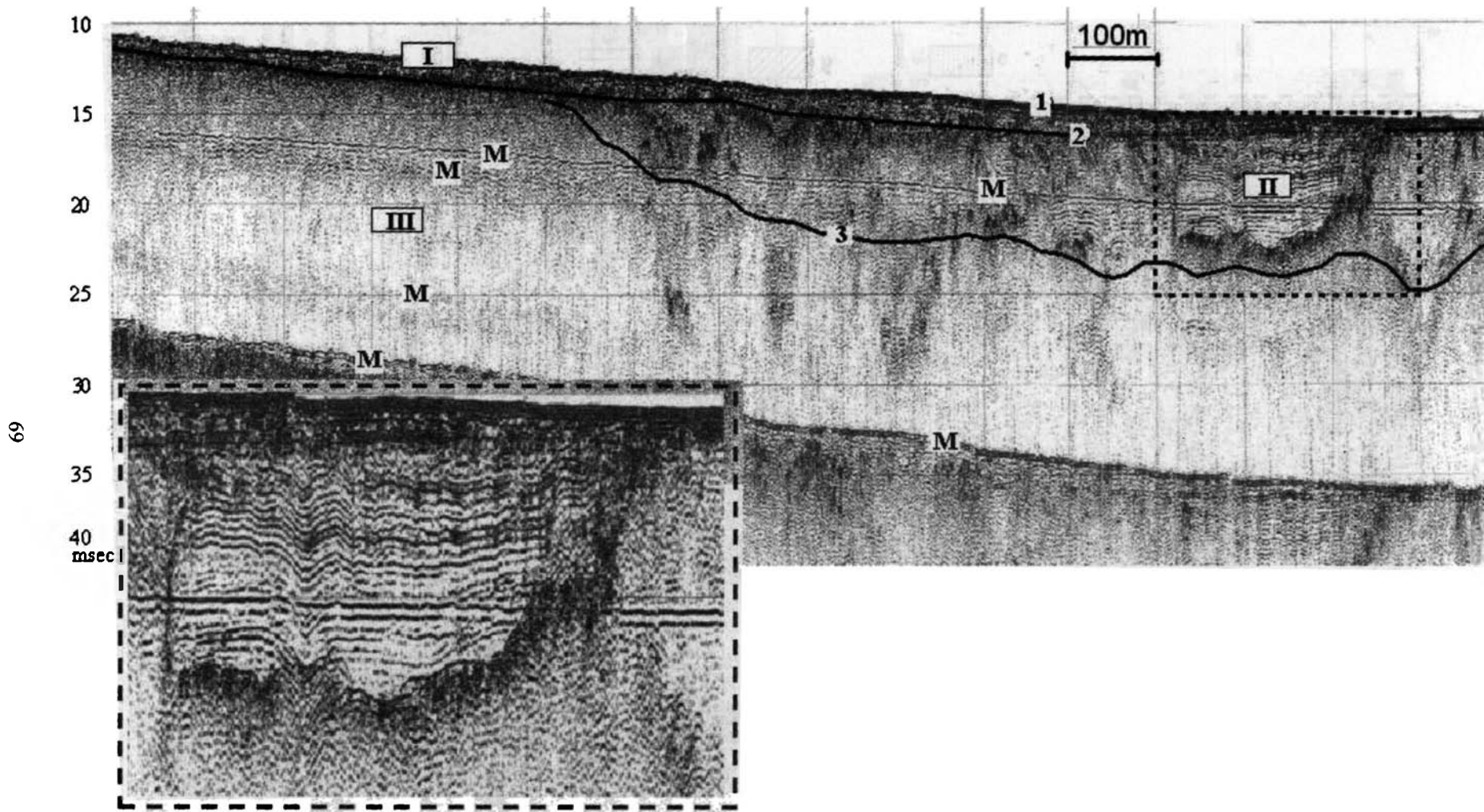


Рис. 3. Характер газонасыщения осадков Байдарацкой губы на временном разрезе (профилограф 3.5КГц). На участках, где линзы акустически слоистых каргинских глин выклиниваются, сейсмическая корреляция ниже подошвы голоценовых осадков отсутствует
 I – голоценовые современные морские осадки, II – каргинские глины, III – зырянские пески, 1 – поверхность дна, 2 – подошва толщи голоценовых осадков, 3 – подошва каргинских отложений, М – кратные отражения

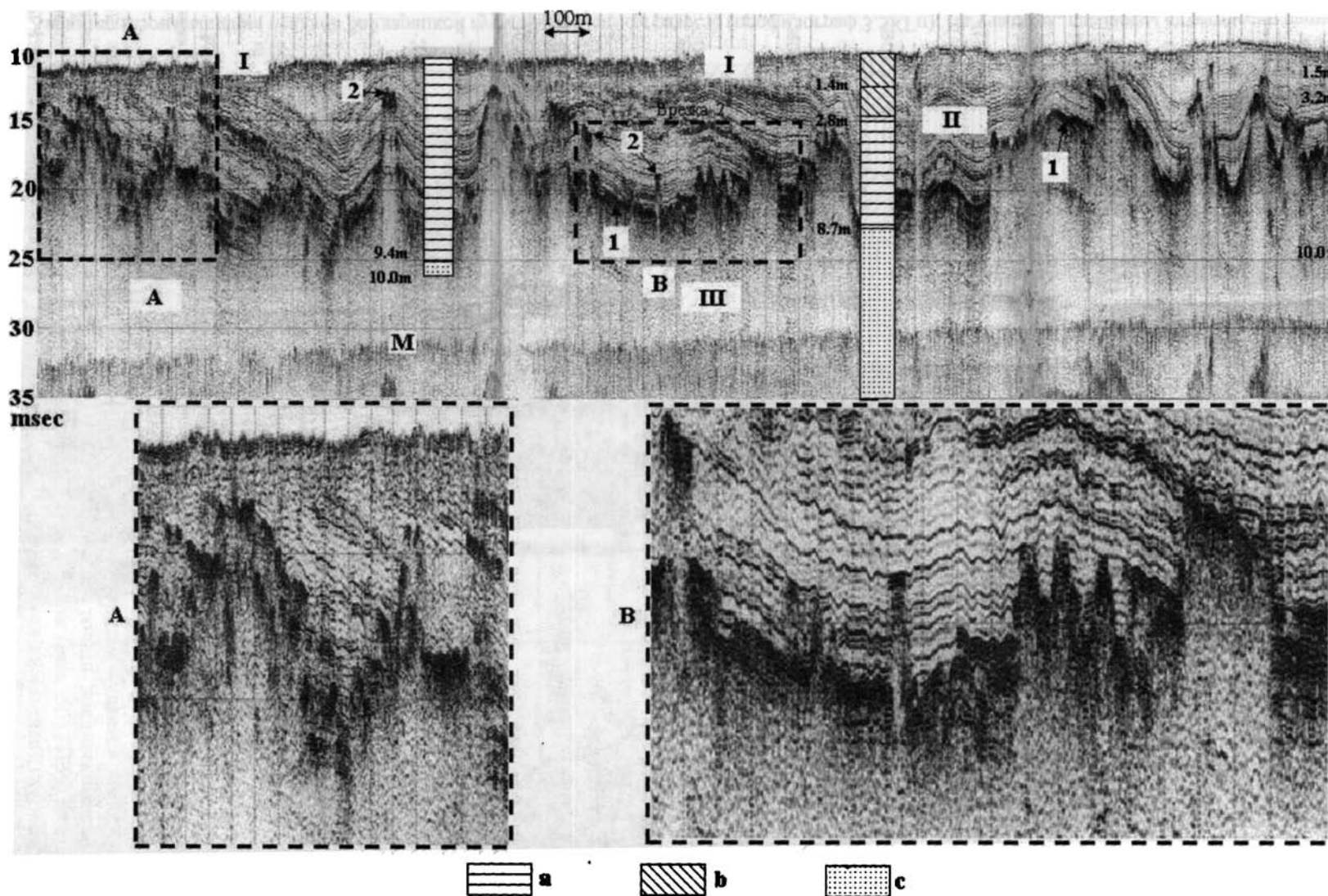
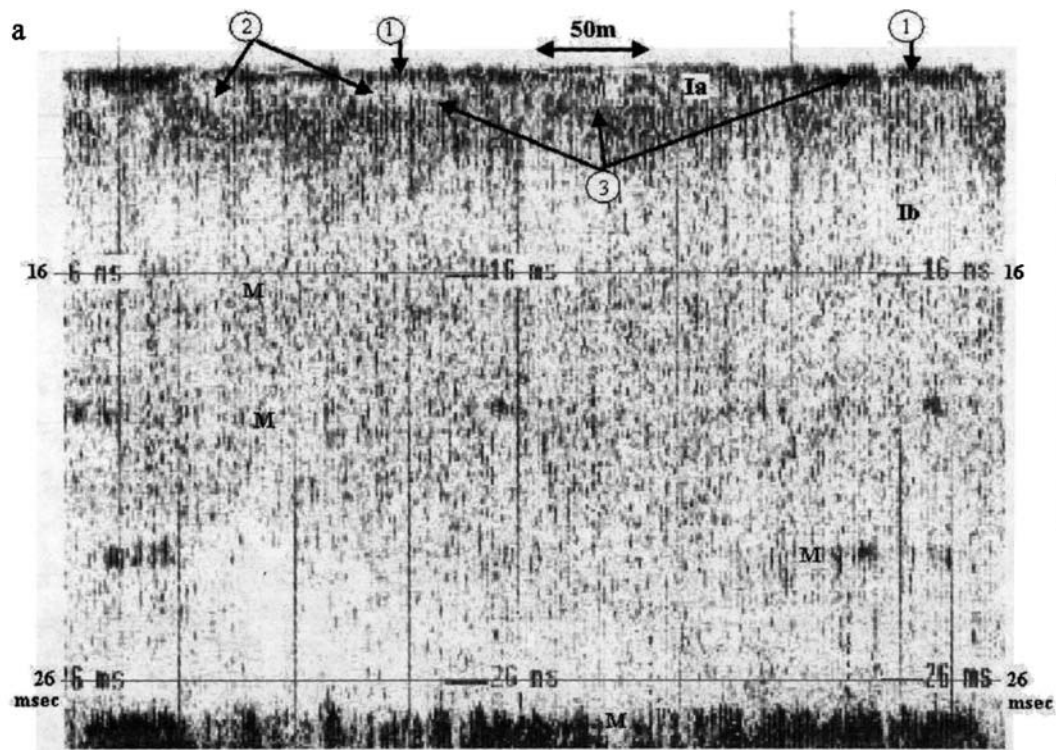


Рис. 4. Характер гезонасыщения осадков Байдарацкой губы на временном разрезе (профилограф 3.5КГц), совмещенном с разрезами инженерно-геологических скважин. Ниже подошвы слоистой каргинской толщи сейсмическая корреляция отсутствует. Внутри самой каргинской толщи наблюдаются локальные скопления газа, связанные, вероятно, с его миграцией из подстилающих зырянских песков-коллекторов. Наличие газа подчеркивается амплитудными аномалиями типа «яркое пятно»

I – голоценовые современные осадки, II – каргинские глины, III – зырянские пески; А, В – врезки, 1 – протяженные амплитудные аномалии, 2 – точечные амплитудные аномалии, М – кратные отражения; а-с – состав отложений в разрезах скважин: а – глины, б – суглинки, с – пески.



6

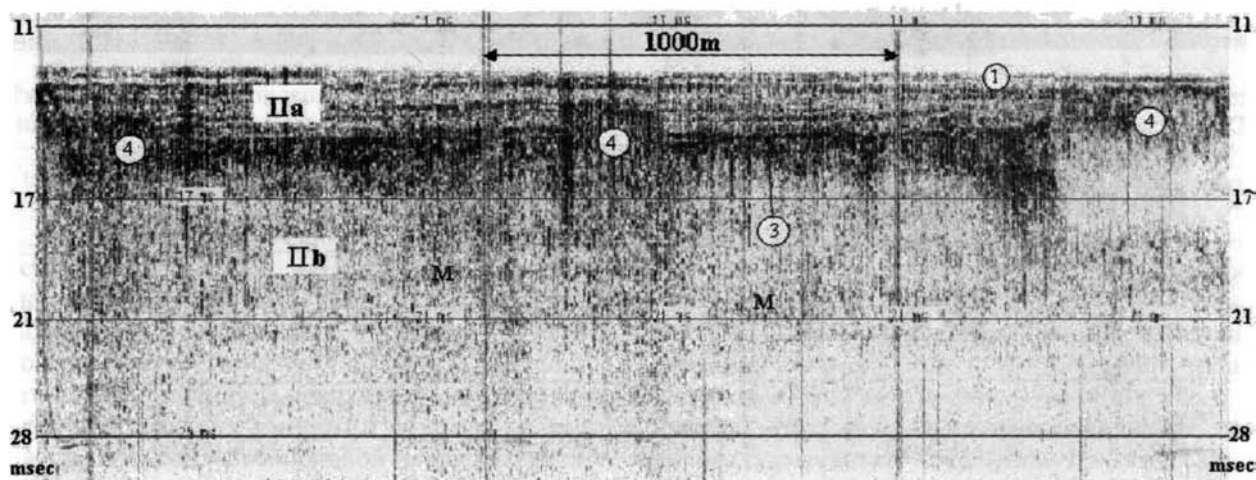


Рис. 5. Характер насыщения свободным газом осадков средней части Обской губы на временных разрезах (chirp-профилограф 7-12КГц)

1 – поверхность дна, 2 – мелкие линзы осадков, не содержащих газа (белая фаза), 3 – верхняя граница зоны сплошного газонасыщения, 4 – локальные скопления газа. а. Сплошное насыщение осадков свободным газом. Верхняя граница газонасыщения практически совпадает с поверхностью дна. б. Характер газонасыщения в границах акустических окон. В верхнем интервале песчаной толщи, насыщенном газом спорадически, наблюдаются наклонные акустические слои, связываемые с прослоями глин и суглинков в песчаной толще.

В северных частях Обской губы и Енисейского залива насыщение осадков газом, как и в Байдарачкой губе, носит не сплошной характер. В мористой части изученного участка севера Обской губы на временных разрезах отчетливо наблюдается мощная толща акустически слоистых современных ал-

лювиально-морских осадков (рис. 6а). Внутри самой голоценовой толщи также иногда встречаются локальные скопления свободного газа (рис. 7). Ниже подошвы этой толщи залегают образования, в той или иной мере насыщенные свободным газом. На прибрежных участках, где толща современных

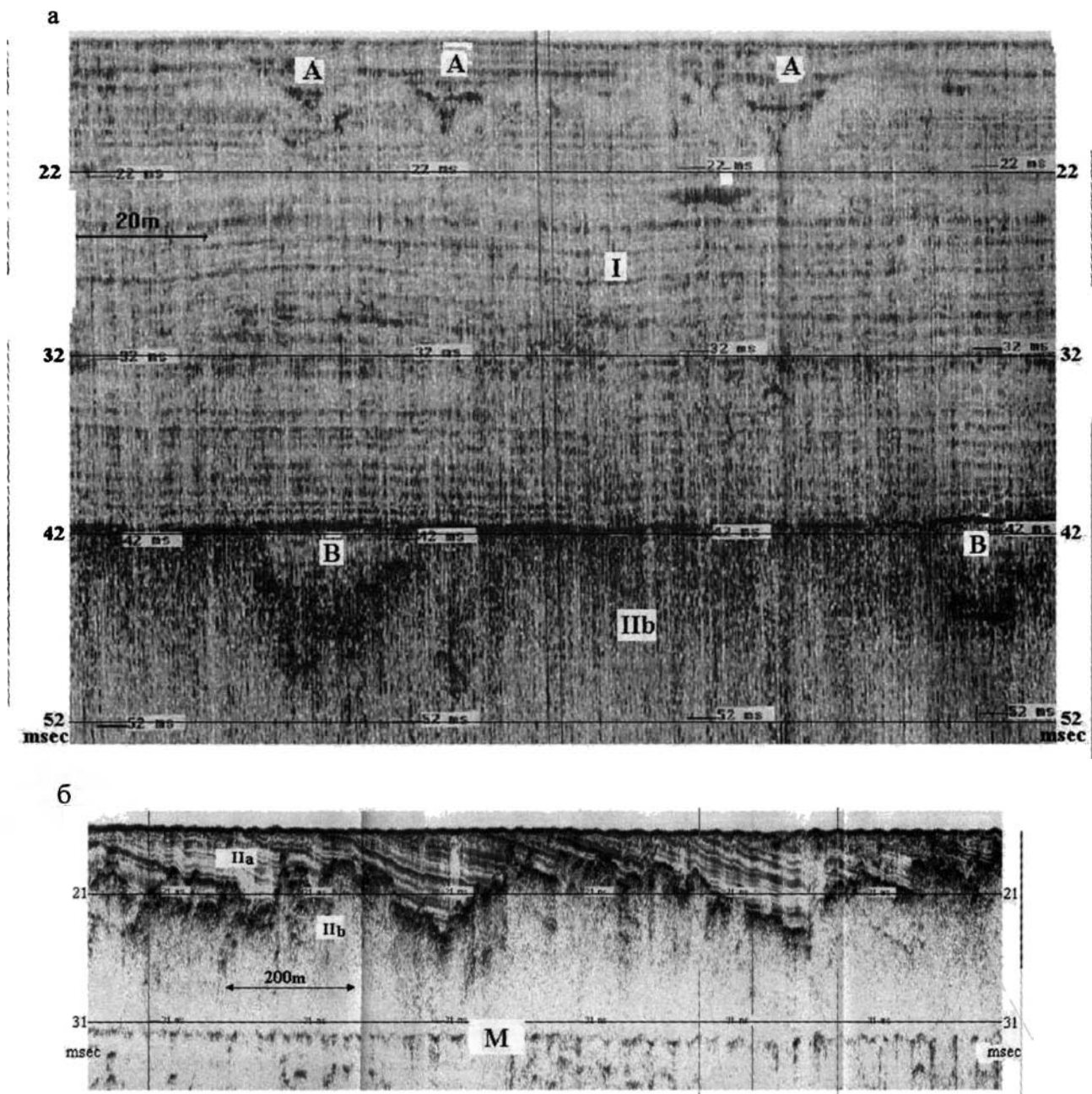


Рис. 6. Характер насыщения свободным газом осадков северных частей Обской губы и Енисейского залива на временных разрезах (chirp-профилограф 7-12КГц)

I – голоценовые современные аллювиально-морские осадки, II – древнеголоценовые аллювиальные пески: а – не содержащие газа, б – полностью газонасыщенные; А – погребенные борозды ледового выпахивания, В – мелкие акустически проницаемые линзы в толще газонасыщенных песков. а. Под мощной толщей современных аллювиально-морских глинистых осадков залегают газонасыщенные древнеголоценовые пески с характерной наклонной слоистостью. б. Толща древнеголоценовых песков обнажается вблизи поверхности дна. Верхний интервал практически не содержит свободного газа. Верхняя граница сплошного газонасыщения вероятно контролируется прослоями глинисто-суглинистого состава. Газ скапливается в головных частях наклонно залегающих слоев, придавая этой границе ступенчатый характер.

аллювиально-морских осадков выклинивается и к поверхности дна выходят древнеголоценовые аллювиальные пески, на временных разрезах отмечается картина, аналогичная наблюдаемой в акустических окнах средней части Обской губы (рис. 5б, 6б). В случаях, когда к поверхности дна выходят

акустически непроницаемые казанцевские преимущественно суглинистые отложения, сейсмическая корреляция ниже подошвы маломощного голоценового покрова отсутствует.

В пределах мелководных областей Печорского и Карского морей (включая Байдарацкую губу)

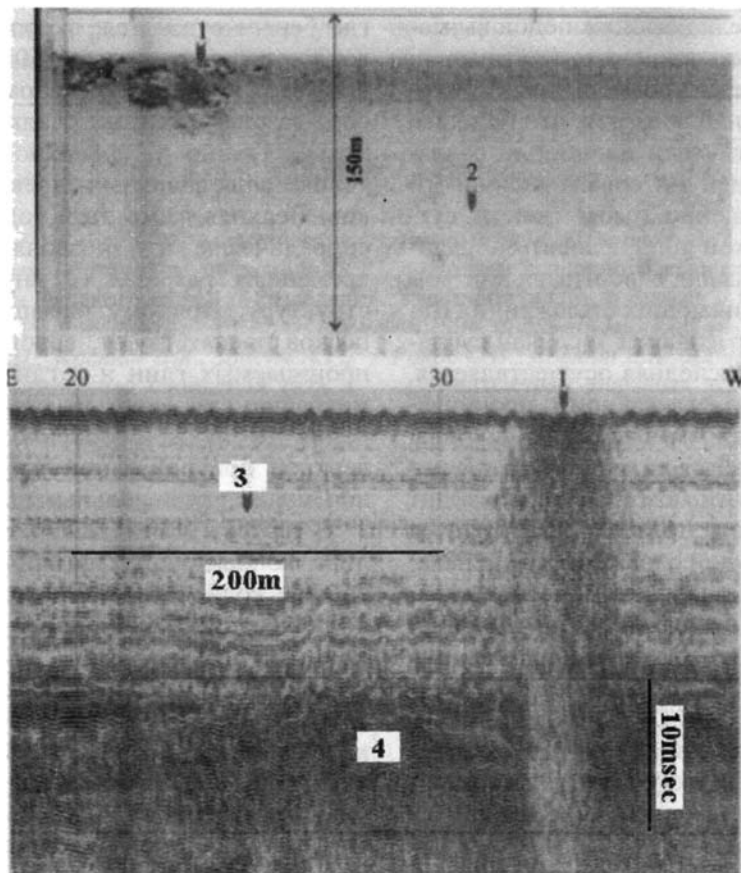


Рис. 7. Локальные скопления газа в толще современных аллювиально-морских осадков на временном разрезе (внизу) и на сонограмме гидролокации бокового обзора (вверху). Енисейский залив, chirp-профилограф 7-12КГц, сонар 200КГц.

1 – выход газа на поверхности дна, 2 – ровная монотонная донная поверхность, 3 – современные аллювиально-морские осадки, 4 – доголоценовые газонасыщенные образования.

насыщение осадков свободным газом связано в основном с процессами деградации реликтовой многолетней мерзлоты [Бондарев и др., 1999; Рокос и др., 2001; Бондарев и др., 2002]. Предполагается, что насыщение осадков газом произошло в результате таяния в морских условиях реликтовой верхнелепестово-эоценовой мерзлой толщи. Известно, что в период верхнелепестово-эоценовых регрессий, данный район обнажался выше поверхности моря до абсолютных отметок около 100 м. Кроме того, по-видимому, в последниково-е время (около 6000–8000 лет назад) имела место регрессия меньших масштабов, при которой морской бассейн отступил до абсолютных отметок -20–25 м. В периоды регрессий, в условиях холодного высокоширотного климата, осадочная толща испытала глубокое промерзание. В результате этого процесс разложения погребенного органического вещества оказался практически полностью подавленным.

В ходе последующих трансгрессий, когда промерзшая толща покрывалась морскими вода-

ми с положительной придонной температурой, она испытывала относительно быстрое оттаивание. Повышение температуры до положительных значений вызвало резкую активизацию процессов разложения погребенного органического вещества, которое было «законсервировано» мерзлотой. В результате произошло практически одномоментное (по шкале геологического времени) выделение биогенного газа, который распределялся по осадочному разрезу в зависимости от проницаемости и пористости слагающих его отложений. Пользуясь терминами нефтяной геологии можно сказать, что глинисто-суглинистые отложения выступали как покрывки, а песчаные играли роль коллекторов.

В Байдарацкой губе в роли покрывки выступают каргинские глины (рис. 2а, 3, 4), а в качестве коллекторов – зырянские пески. На участках, где толща-покрывка выклинивается, у поверхности дна обнажаются зырянские газонасыщенные пески или акустически непроницаемые казанцевские образования. В границах этих участ-

ков сейсмическая корреляция ниже подошвы мало мощного голоценового покрова отсутствует.

На временных разрезах, совмещенных с данными бурения (рис. 3) наблюдается, что подошва каргинских глин практически полностью совпадает с верхней границей интервала сплошного газонасыщения. Насыщение газом глин и суглинков самой каргинской толщи носит спорадический характер и связано с вертикальной миграцией газа из подстилающих отложений. Наряду с вертикальной отмечаются и случаи сублатеральной миграции. Последняя осуществляется, вероятно, по наклонно залегающим проницаемым внутренним прослоям песчаного состава. Это отчетливо наблюдается на врезках А и В рисунка 3, где прослои, по которым происходит сублатеральная миграция газа характеризуются более высокой амплитудой отраженного сигнала.

Иная ситуация наблюдается в Енисейском заливе, средней части Обской и северо-западной части Тазовской губ. Эти районы, представляющие собой крупные эстуарии, являются областями лавинной седиментации [Лисицын, 1988; Лисицын и др., 1994]. В границах данных областей происходит интенсивная аккумуляция терригенного и органического материала, выносимого на акватории речным стоком.

В средней части Обской и северо-западной части Тазовской губ газонасыщенные осадки развиты начиная практически от поверхности дна (рис. 5а). По всей видимости здесь свободный газ продуцируется непосредственно придонной толщей голоценовых современных аллювиально-морских осадков. Эти осадки содержат относительно большое количество свежего органического вещества с большим потенциалом деструкции [Лисицын и др., 1994]. При разложении этого вещества и происходит выделение газа, который в значительной мере остается заземленным в пористом пространстве глинистых осадков и препятствует распространению упругих колебаний вглубь осадочной толщи.

Мелкие линзы ненасыщенных газом осадков (белая фаза) вероятно представляют собой верхние интервалы толщи современных аллювиально-морских осадков, в которых процесс разложение органического вещества не достиг стадии интенсивного выделения газа.

Акустические окна (рис. 5б) приурочены к переуглубленным впадинам на дне губы. Сами впадины располагаются южнее участков, где происходит сужение берегов (рис. 1). Образование этих впадин связано, скорее всего, с размывом дна стоковым течением. Это течение направлено от устья р.Обь на север. На участках,

где берега сужаются, скорость течения существенно увеличивается (до 50 см/сек и более), что вызывает интенсивную абразию поверхностного слоя газонасыщенных осадков. В результате непосредственно у поверхности дна обнажается толща аллювиальных древнеголоценовых песков. Верхняя часть этой толщи насыщена газом спорадически, что позволяет проследить на временных разрезах ее внутреннюю слоистую структуру. Полному насыщению газом данных песков препятствуют, вероятно, прослои слабопроницаемых глин и суглинков, экранирующих миграцию газа вверх по разрезу. По данным бурения эти прослои особенно часто встречаются в верхней прикровельной части толщи древнеголоценовых аллювиальных песков.

В северных частях Обской и в Енисейском заливе концентрация органического материала в составе водной взвеси и придонного слоя осадков снижается [Лисицын и др., 1994]. В результате этого, как можно предположить, покров придонных осадков полностью насыщенных газом, препятствующий распространению упругих колебаний, здесь отсутствует. Газовые скопления внутри самой голоценовой толщи (рис. 7) рассматриваемых частей Енисейского залива и Обской губы образовались, вероятнее всего, в результате вертикальной миграции газа из подстилающих отложений. В целом характер газонасыщения осадков верхней части разреза северных частей Обской губы и Енисейского залива сходен с наблюдаемым в Байдарацкой губе. Однако здесь в качестве покрывок выступают современные аллювиально-морские осадки, а древнеголоценовые аллювиальные пески играют роль коллекторов.

Таким образом в губах и заливах южной части Карского моря наблюдается два типа насыщения осадков свободным газом. Первый тип газонасыщения связан с деградацией реликтовой мерзлоты и наблюдается на открытой мелководной акватории, а также в Байдарацкой губе. Газонасыщение этого типа носит локальный характер и контролируется соотношением в разрезе каргинских глинопокрывок и зырянских песков-коллекторов. Второй тип обусловлен деструкцией свежего органического вещества, содержащегося в придонном слое осадков. Этот тип газонасыщения носит практически сплошной характер. Второй тип газонасыщения наблюдается в эстуариях крупных рек (прежде всего Оби и Енисея) в районах депозитов осадков больших количеств органического материала из водной взвеси. В северных частях рассмотренных эстуариев, где количество органического материала, поступающего в придонные осадки, значительно ниже скоплений газа,

полностью экранирующего распространение упругих колебаний начиная от практически повер-

ности дна, не наблюдается. Здесь скорее характерен первый тип газонасыщения.

Литература

Бондарев В.Н., Длугач А.Г., Рокос С.И. Акустические фации посткриогенных обстановок мелководных районов Печорского и Карского морей // Разведка и охрана недр, №7–8, 1999, с. 10–14.

Бондарев В.Н., Рокос С.И., Костин Д.А., Длугач А.Г., Полякова Н.А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, том 43, №7, 2002, с. 587–598.

Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах, М.: Наука, 1988, 309 с.

Лисицын А.П., Шевченко В.П., Виноградов М.Е. и др. Потоки осадочного вещества в Карском море и в эстуариях Оби и Енисея // Океанология, т. 34, №5, 1994, с. 735–747.

Рокос С.И., Костин Д.А., Длугач А.Г. Свободный газ и многолетняя мерзлота в осадках верхней части разреза мелководных районов шельфа Печорского и Карского морей // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условия океанического перегляциала, кн.1, Апатиты, КНЦ РАН, 2001, с. 40–51.