

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО
ЧЕХЛА И ГЕОАКУСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШЕЛЬФА ЗАЛИВА ПОСЬЕТА
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

А.Н. Самченко, В.Н. Карнаух, К.И. Аксентов

*ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43,
г. Владивосток, 690041; e-mail: samchenco@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 5 декабря 2011 г.

В статье представлены результаты сейсмоакустических работ и геологического опробования донных осадков в заливе Посьета, проведенные авторами в 2007–2009 гг. По всем имеющимся геолого-геофизическим данным по заливу Посьета проведен кластерный анализ акустического облика донных осадков и построена геоакустическая модель верхней части осадочного слоя, представленная в цифровом формате, показан пример использования ГИС-среды для визуализации модели.

Ключевые слова: непрерывное сейсмическое профилирование, сейсмические фации, донные осадки, геоакустическая модель, залив Посьета, Японское море.

ВВЕДЕНИЕ

Залив Посьета расположен в юго-западной части залива Петра Великого (Японское море) между полуостровом Гамова и островом Фуругельма. Дно бассейна ровное и полого погружается в юго-восточном направлении от глубин 10–20 м до 80–100 м. На акватории залива нет буровых скважин, поэтому информация о его строении основана на геологическом опробовании дна трубками и дночерпателями, изучении геологического строения фундамента острова Фуругельма и мыса Гамова [3] и результатов геофизических работ [2, 12, 13, 23, 24]. В прибрежной части акватории консолидированный фундамент сложен гранитоидами гамовского комплекса позднепермского возраста и осадочными породами (песчаники, алевролиты, углистые аргиллиты) решетниковской свиты позднепермского возраста [4]. В средней части залива, по результатам интерпретации гидромагнитной съемки, фундамент предположительно представлен породами гранитно-метаморфического комплекса: среднепалеозойскими гранитами, плагиогранитами, поздне меловыми гранитоидами и эоценовыми базальтами, андезибазальтами и их туфами [2]. На дне залива распространены голоценовые мелкозернистые пески, относящиеся к фации приглубой части заливов и открытого шельфа [17]. Мощность этих отложений уменьшается от 10–5 м в северной части за-

лива до 5–1 м в южной. Данные образования подстилаются верхнеплейстоценовыми отложениями неустойчивой мощности.

В целом, предшествующими исследованиями была установлена общая картина геологического строения залива. Вместе с тем, остался ряд нерешенных вопросов, касающихся характера распределения мощности и состава голоценовых осадков и факторов, определявших их отложение. Также неясным является строение кровли погребенных верхнеплейстоценовых осадков и глубина ее залегания. Решение этих вопросов имеет важное значение по следующим причинам. Во-первых, это необходимо для понимания геологической истории залива Посьета в голоценовое время. Во-вторых, в данном районе Японского моря расположен действующий гидрофизический полигон ТОИ ДВО РАН, где активно проводятся гидроакустические исследования [7, 9, 10], в силу чего результаты геолого-геофизических работ необходимы для составления геоакустической модели шельфа Японского моря и корректного решения задач распространения звука в мелком море.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

На акватории залива Посьета между п-вом Гамова и о. Фуругельма в 2007 г. были проведены сейсмоакустические исследования. При проведении ра-

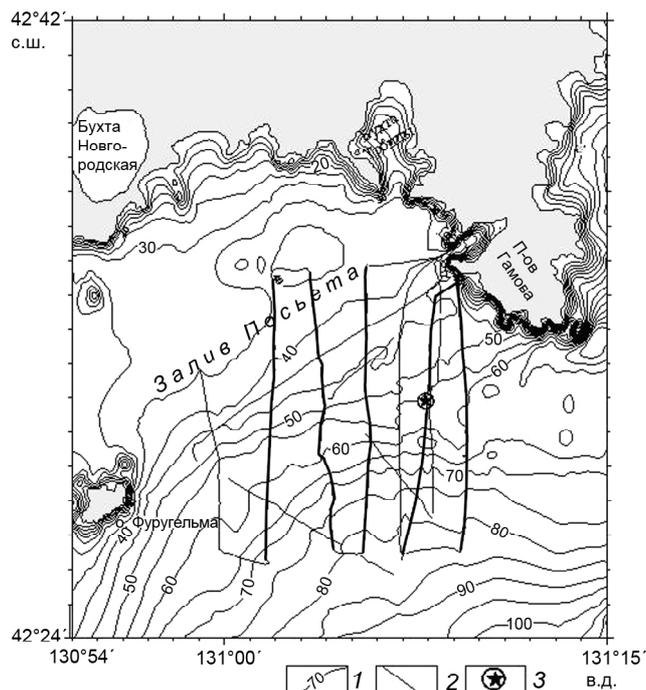


Рис. 1. Карта района исследований.

1 – изобаты, м; 2 – профили, отработанные с использованием высокочастотного профилографа “GeoPulse Subbottom Profiler”; 3 – точка определения скоростей упругих волн с помощью радиобуя [18].

бот (рис. 1) использовался высокочастотный профилограф “GeoPulse Subbottom Profiler” производства компании GeoAcoustic (Великобритания), размещенный на НИС “Малахит”. Прибор буксировался за кормой судна на глубине 4 м. Частота излучения сигнала составляла 3,5 КГц. Регистрация сигналов осуществлялась в цифровом виде в формате SEG Y с использованием программы GeoPro 2. Определение местоположения судна производилось с помощью системы спутниковой навигации NAVSTAR GPS GARMIN-48. Отработано около 160 км профилей. С целью определения состава донных отложений в 2009 г. было проведено их опробование. Осадочный материал отобран на 19 станциях. Пробоотбор осуществлялся с борта судна трубкой ГОИН длиной 1,5 м и дночерпателем. Максимальная глубина проникновения трубки составляла 15 см. Поднятые пробы донного грунта были проанализированы на предмет их гранулометрического состава с помощью комбинированного сита для песчаных типов осадков [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

В результате проведенных геолого-геофизических работ были получены материалы по 11 сейсмическим профилям общей протяженностью 160 км,

описаны 5 проб донных осадков, полученных с помощью дночерпателя, и 12 проб, полученных с помощью трубки ГОИН.

По данным непрерывного сейсмического профилирования (НСП), дно моря представляет собой наклоненную на юго-юго-восток слабохолмистую поверхность, осложненную неглубокими (1–4 м) промоинами и отдельными холмами. Глубина моря изменяется от 38 м до 82 м. В северной части полигона фрагментарно изучен канал, ориентированный в широтном направлении (рис. 2). Акустический фундамент (АФ) в пределах полигона работ имеет гетерогенную природу. Вблизи берегов полуострова Гамова АФ соответствует гранитоидам Гамовского комплекса (рис. 2 а, б). В южной части полигона АФ соответствует кровле верхнеплейстоценового осадочного слоя, осложненной эрозией, в рельефе которой распознаются погребенные речные русла и террасы (рис. 2 б). Образование этих форм рельефа могло произойти во время осушения шельфа, вследствие нескольких гляциоэвстатических колебаний уровня моря в позднем плейстоцене и голоцене [17]. В результате, площадь временно осушенного шельфа была частично денудирована водотоками, следы деятельности которых наблюдаются на записях профилографа. Минимальные, до 3–4 м, значения мощности осадков наблюдаются в юго-восточной части полигона, увеличиваясь местами, до 15 м в погребенных долинах (скорость звука в осадках принята равной 1600 м/с [18]). В северном направлении увеличивается мощность отложений до 25–30 м и более.

Анализ сейсмических профилей показывает, что акустический облик и характер залегания осадочного чехла на площади исследований различен. На сейсмических разрезах (рис. 2) выделены три сейсмических фации и оконтурены районы их распространения (рис. 3).

Отложения фации 1 распространены в северной части полигона и приурочены к отложениям канала, по которому осадки выносятся из западной части залива Посьета в глубоководные части шельфа. Фация представлена стратифицированными отражениями высокой интенсивности. В верхней части отложений распространены полупрозрачные и хаотические образования мощностью 1–3 м.

Фация 2 имеет наибольшее распространение, наблюдается на участках морского дна с глубинами от 35 до 55–70 м и представлена акустически прозрачными образованиями с редкими включениями коротких (длиной до 0,5 км) наклонных отражающих горизонтов. Кровля фации представляет собой пологий холм, примыкающий с юга к каналу. Перечис-

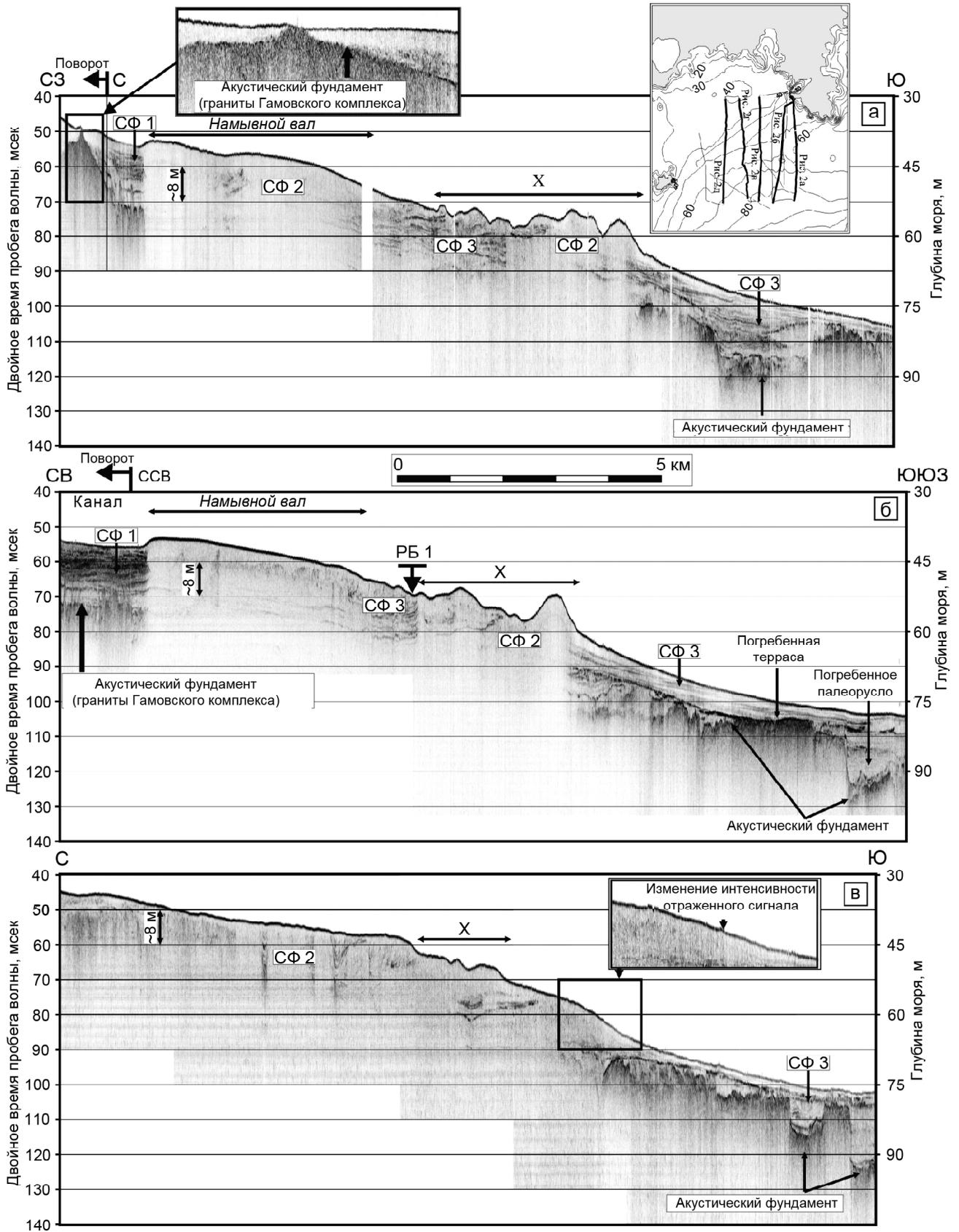


Рис. 2. Примеры сейсмических профилей, иллюстрирующие строение верхней части осадочного чехла полигона работ. СФ – сейсмическая фация. X – подводные холмы. РБ-1 – радиобуй. Глубина забортного модуля прибора 4 м.

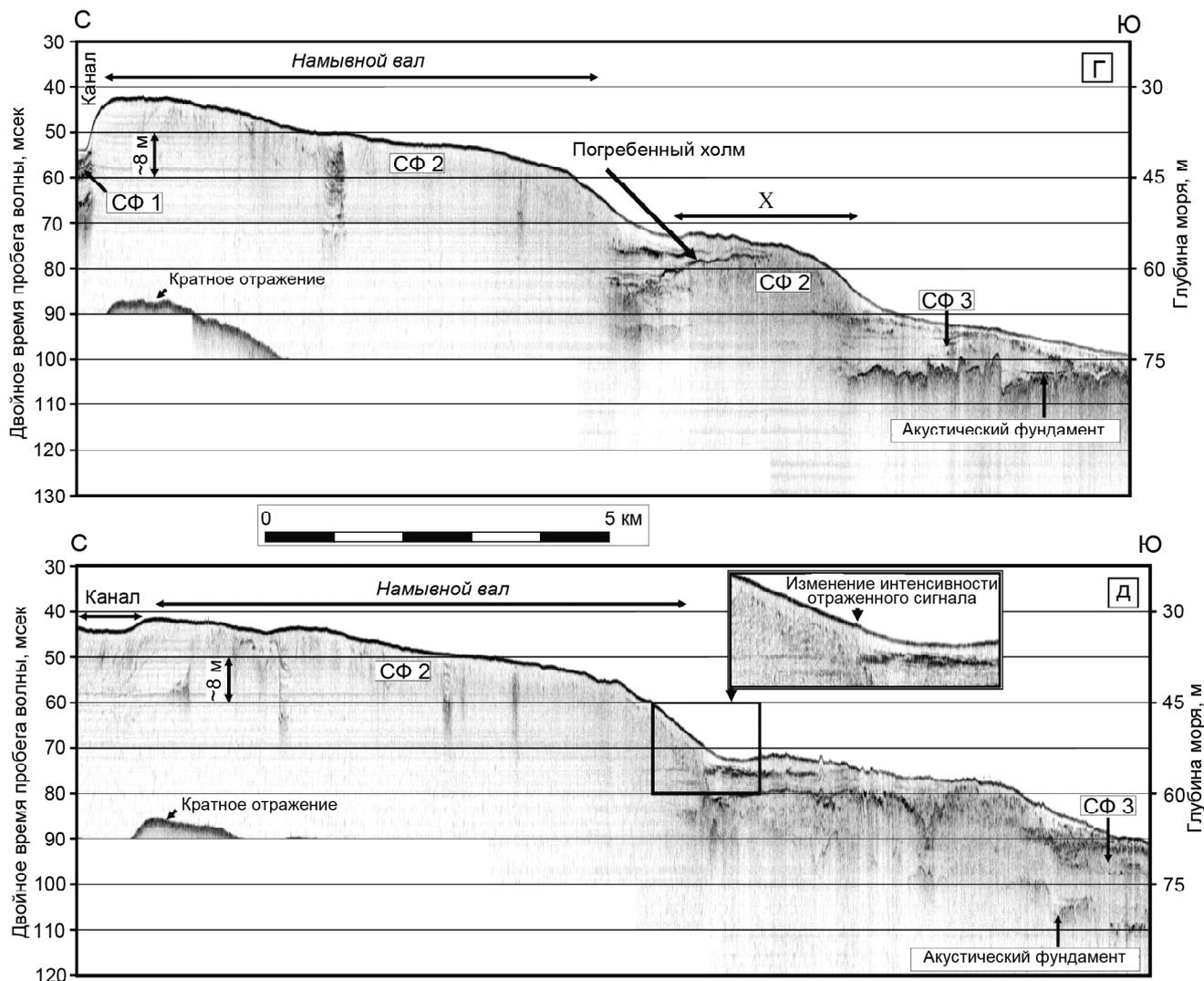


Рис. 2. Продолжение.

ленные признаки позволяют отнести образования фации 2 к отложениям намывного вала. Согласно результатам выполненных здесь литологических работ [6], отложения данной фации представлены среднезернистыми песками. Юго-восточная часть области распространения фации 2 осложнена отдельными холмами или валами относительной высотой до 8 м и шириной до 1 км (рис. 2 а, б, в, г).

Фация 3 распространена в южной части полигона и встречается на участках морского дна с глубинами более 55–70 м. Фация характеризуется переслаиванием прозрачных и стратифицированных слоев, при явном преобладании первых. Согласно результатам геологического опробования, верхняя часть отложений фации 3 представлена мелкозернистым песком, иногда с присутствием илистой фракции. Вероятно, осадки фации 3 соответствуют отложениям приглубой части заливов и открытого шельфа.

Переход от сейсмической фации 2 к фации 3 часто сопровождается заметным уменьшением интенсивности отраженного сигнала (рис. 2 в, д; рис. 3). Это может свидетельствовать о достаточно коротком расстоянии, на котором происходит смена размера частиц песка (от среднезернистого до мелкозернистого), появлении илистой компоненты и, как следствие, резком изменении физических свойств донных осадков.

Изучение гранулометрического состава донных осадков показало, что на площади исследования выделяются следующие фракции: >1 мм; 1–0.5 мм; 0.5–0.25 мм; 0.25–0.1 мм; 0.1–0.05 мм (рис. 4). Выделение типов осадков производилось по классификации, разработанной в ТОИ ДВО РАН [16]. Определение плотности и влажности проводилось по стандартной методике [15]. По генетическому признаку донные осадки залива Посьета отнесе-

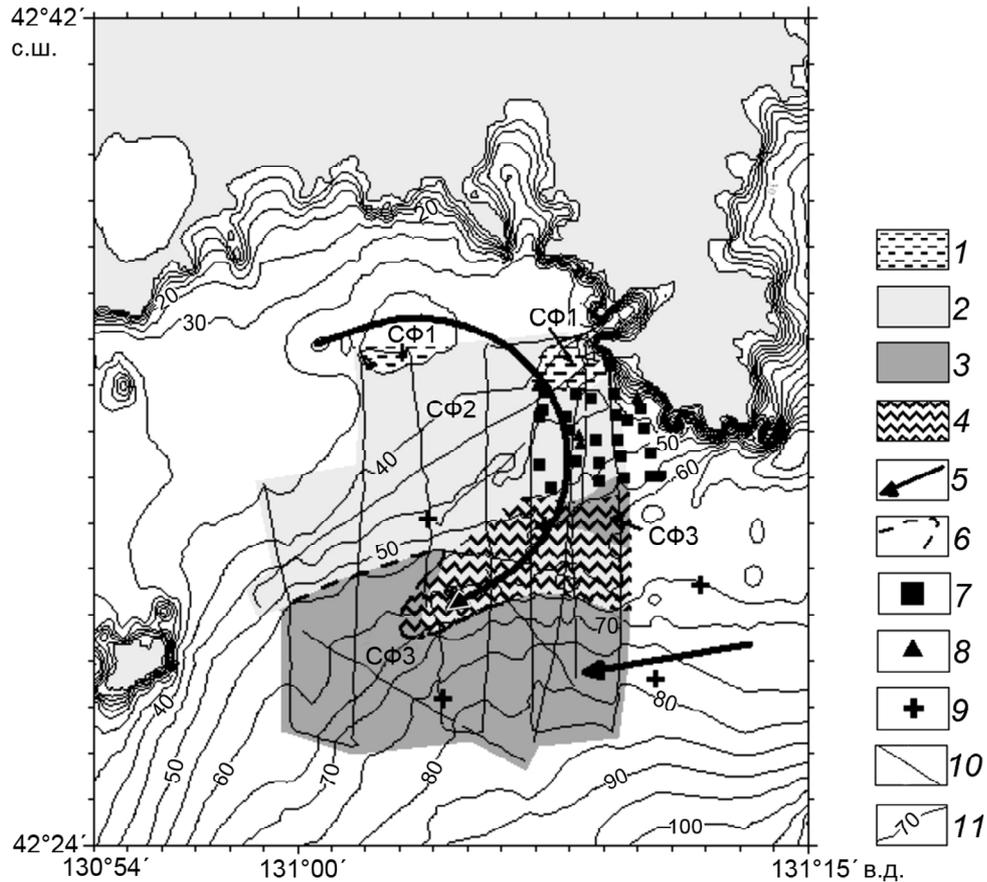


Рис. 3. Карта распространения сейсмических фаций в районе работ.

Отложения: 1 – сейсмической фации 1; 2 – сейсмической фации 2; 3 – сейсмической фации 3; 4 – области подводных холмов; 5 – направления течений [14], 6 – граница изменения интенсивности сигнала, отраженного от дна; места отбора проб грунта: 7 – дночерпателем и 8 – трубкой в 1979 г. [6, 16], 9 – дночерпателем в 2009 г., 10 – сейсмические профили; 11 – изобаты, м.

ны к терригенному типу [16]. Плотность осадков составила 1.2–2.2 г/м³, при вариациях абсолютной влажности 35–125 % (табл.). Осадки представлены в основном среднезернистыми и мелкозернистыми псаммитами, часто с ракушечным детритом. Преобладает фракция мелкозернистых псаммитов (0.25–0.1 мм). Практически отсутствует фракция крупнозернистых псаммитов (1–0.5 мм).

На классификационном треугольнике литологические типы осадков приурочены к полю мелкозернистых псаммитов, образуя сравнительно узкую полосу (рис. 4). Такое распределение, по-видимому, свидетельствует о сравнительно стабильных условиях осадконакопления, присущих мелководным бухтам с пассивной гидродинамикой. Однако можно выделить две зоны с различными свойствами донных осадков: зона высокого содержания мелкозернистых фаций, осадки зеленовато-серые – это внутренняя часть залива Посьета – и зона содержания среднезернистой фации по борту залива, осадок желтовато-се-

рых. Донные отложения центральной части отличаются повышенными значениями плотности.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА

Выполненные в 2007–2009 гг. геолого-геофизические исследования залива Посьета позволили уточнить строение верхней части осадочного чехла и определить факторы, определявшие отложение осадков в голоцене. Был выделен канал, по которому происходит вынос терригенных отложений в глубоководные части моря. На площади залива оконтурены области развития трех сейсмических фаций, отражающих различные условия седиментации. Важно отметить, что на площади залива были обнаружены подводные осадочные валы или холмы. Их появление указывает на влияние течений в процессе отложения осадочного материала. Известно [14], что в районе залива Посьета существуют две разнонаправленные ветви морских течений (рис. 3). Первое течение имеет характеристи-

Таблица. Результаты отбора проб трубкой ГОИН в 2007–2008 гг. в заливе Посыета. Физико-механические свойства донных осадков.

№ станции	Долгота, вост.	Широта, сев.	Плотность влажного осадка, г/м ³	Абсолютная влажность, %	Содержание фракций в %					
					>1	1–0.5	0.5–0.25	0.25–0.1	0.1–0.05	<0.05
Sh08-1	131°6,18	42°33,1	1.7	35	0	1	33	39	14	13
Sh08-6	131°3,54	42°30,36	2.2	95	0	1	30	51	11	7
Sh08-7	131°7,41	42°31,41	1.5	125	0	0	17	56	11	16
Sh08-8	131°7,41	42°32,34	1.3	28	0	1	32	49	7	11
Sh08-9	131°7,41	42°33,31	1.9	35	0	5	45	33	5	12
Sh08-10	131°7,4	42°34,4	1.8	37	0	0	6	76	7	11
Sh08-11	131°6,42	42°34,8	2.1	37	0	0	9	76	7	8
Sh08-12	131°5,22	42°34,8	1.7	35	0	2	25	60	4	9
Sh08-13	131°4,02	42°34,8	1.8	50	0	0	16	64	8	12
Sh08-15	131°4,02	42°33	1.8	30	0	0	30	57	7	6
Sh08-17	131°6,25	42°32,1	1.5	48	0	2	44	41	7	6
Sh08-19	131°0	42°34,5	1.6	48	0	0	3	58	21	18

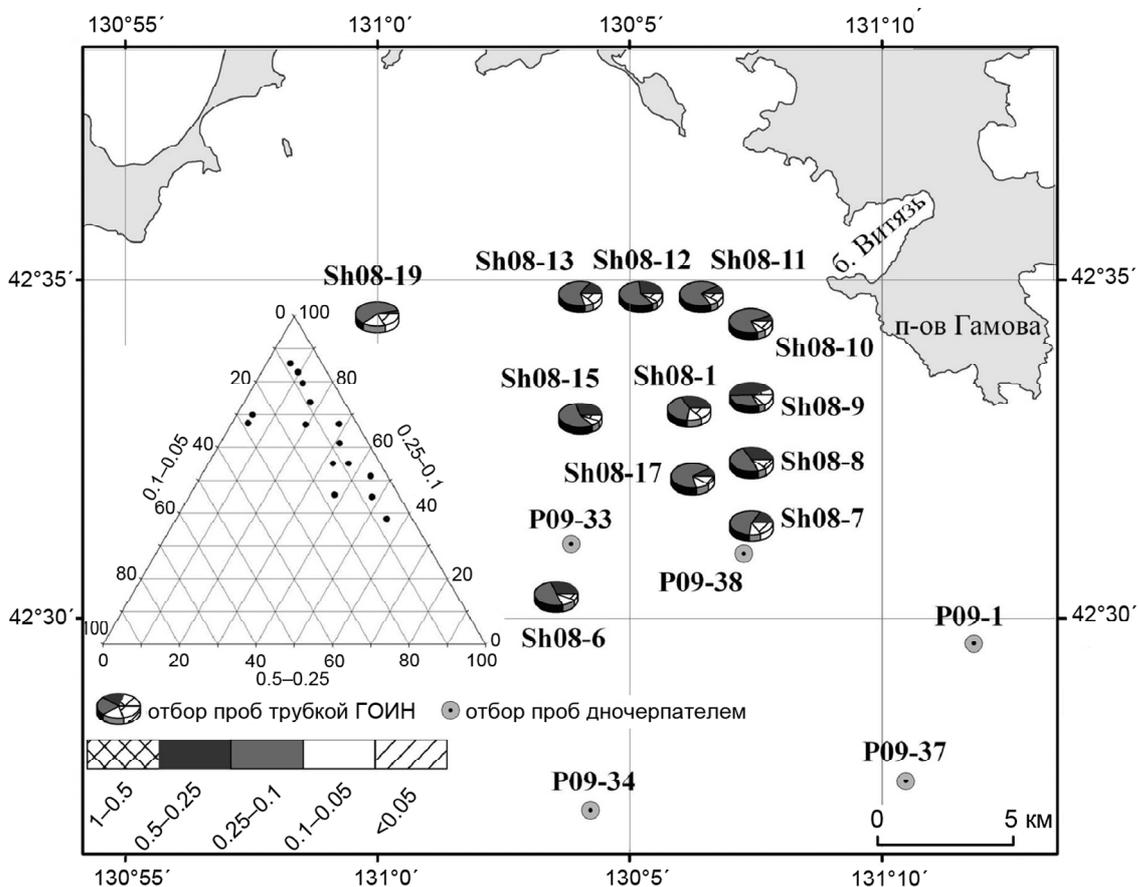


Рис. 4. Схема отбора проб донных осадков.

Слева на рисунке показана шкала, где указаны размерности фракций и приведен классификационный треугольник.

ки антициклонического вихря. Оно следует из западной части залива вдоль его берега и, достигнув полуострова Гамова, поворачивает по часовой стрелке на юг и затем на юго-запад. Второе течение является частью Приморского течения западного направления. Ха-

рактерно, что область распространения холмов пространственно совпадает с местом встречи этих разнонаправленных потоков. Мы полагаем, что именно конвергенция водных масс в этом районе ответственна за формирование осадочных валов в этой части залива.

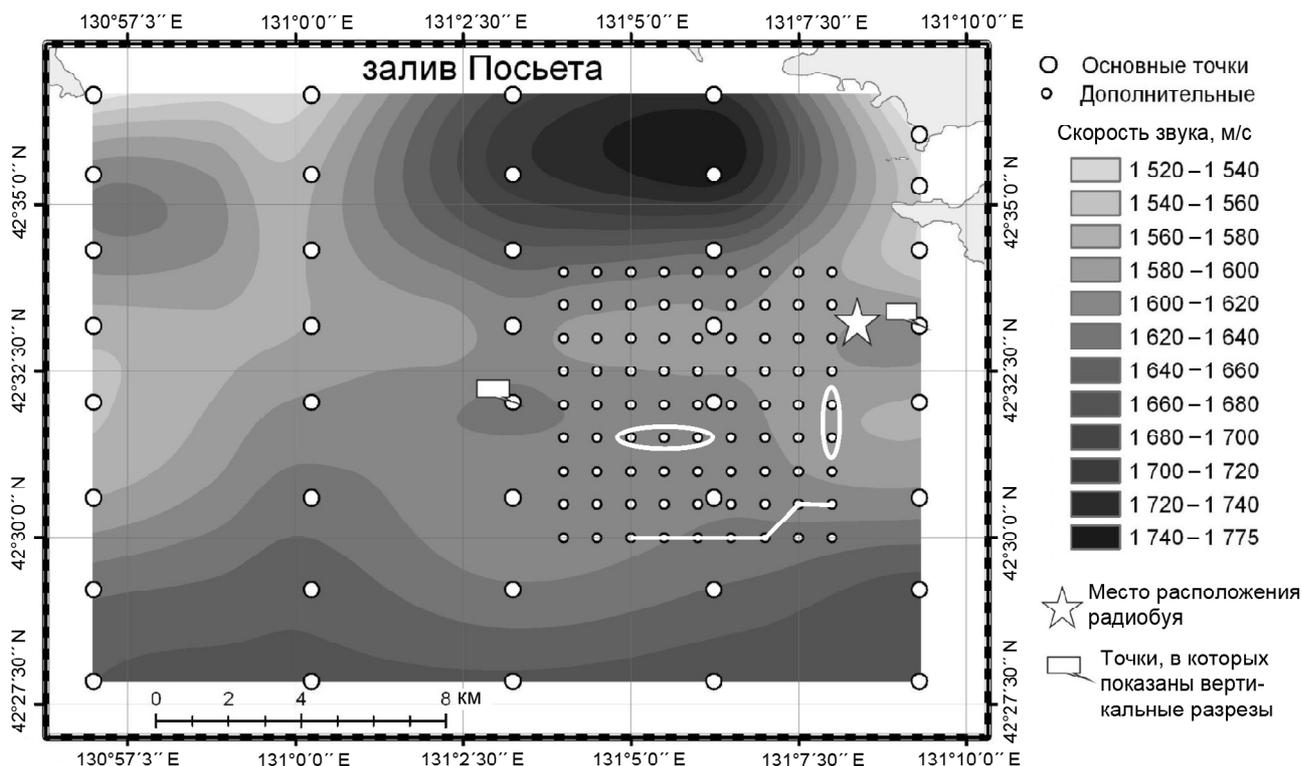


Рис. 5. Карта поверхностных значений продольной скорости звука в заливе Посьета (блок достоверных данных). Показан пример оконтуривания неоднородностей (блока предполагаемых данных) методом сгущения сети, выделенных с помощью метода НСП (точки, оконтуренные белой линией).

Важно отметить, что произошло изменение движения потоков водных масс к настоящему времени. На это обстоятельство указывает захоронение древних холмов (рис. 2 г) на южной и юго-восточной частях залива, заполнение осадками седловин между ними и сглаживание рельефа морского дна. Из рис. 2 а, б, видно, что местоположение холмов переместилось ближе к береговой черте. Они протягиваются от мыса Гамова к острову Фуругельм в виде дуг. Холмы имеют наибольшие амплитуды на северо-востоке до 8 м, уменьшаясь в южном направлении.

На основе предшествующих исследований [2, 12, 13, 23, 24] и полученных нами количественных характеристик донных осадков было установлено, что верхняя часть осадочного слоя повсеместно сложена песками различной размерности. Мелкозернистые пески часто содержат илистую компоненту.

Полученные данные послужили основой для построения геоакустической модели. Современное представление о геоакустической модели как о цифровой базе данных представлено во многих работах, например [1, 20, 26]. Применение геоинформационных систем (ГИС) открывает новые возможности при обработке и визуализации геологического и геофизического материала [5, 11, 19, 22].

Построенная нами цифровая геоакустическая модель представляет собой массив данных, суммирующий все полученные результаты геолого-геофизических работ. Примеры визуализации поверхностных значений и вертикальные разрезы показаны на рис. 5, 6.

Для построения проведен анализ всех полученных данных изучения донных осадков, на основании чего выделено несколько блоков (набор количественных характеристик среды):

- блок достоверных данных, это верхняя часть донных осадков (первые 0.1 м) и донные осадки от поверхности до глубин проникновения сейсмоакустического сигнала с одинаковым акустическим обликом.
- два блока предполагаемых данных, линзы уплотненного песка, погребенные речные русла и АФ.

Донные осадки, которые попадают в блок достоверных данных, приняты за многослойную среду с различными акустическими и плотностными характеристиками, зависящими от гранулометрического состава. В работах [26, 27] представлены лабораторные исследования определения акустических свойств осадочного материала с различным гранулометрическим составом. Важно отметить, что в работе представлены акустические свойства донных

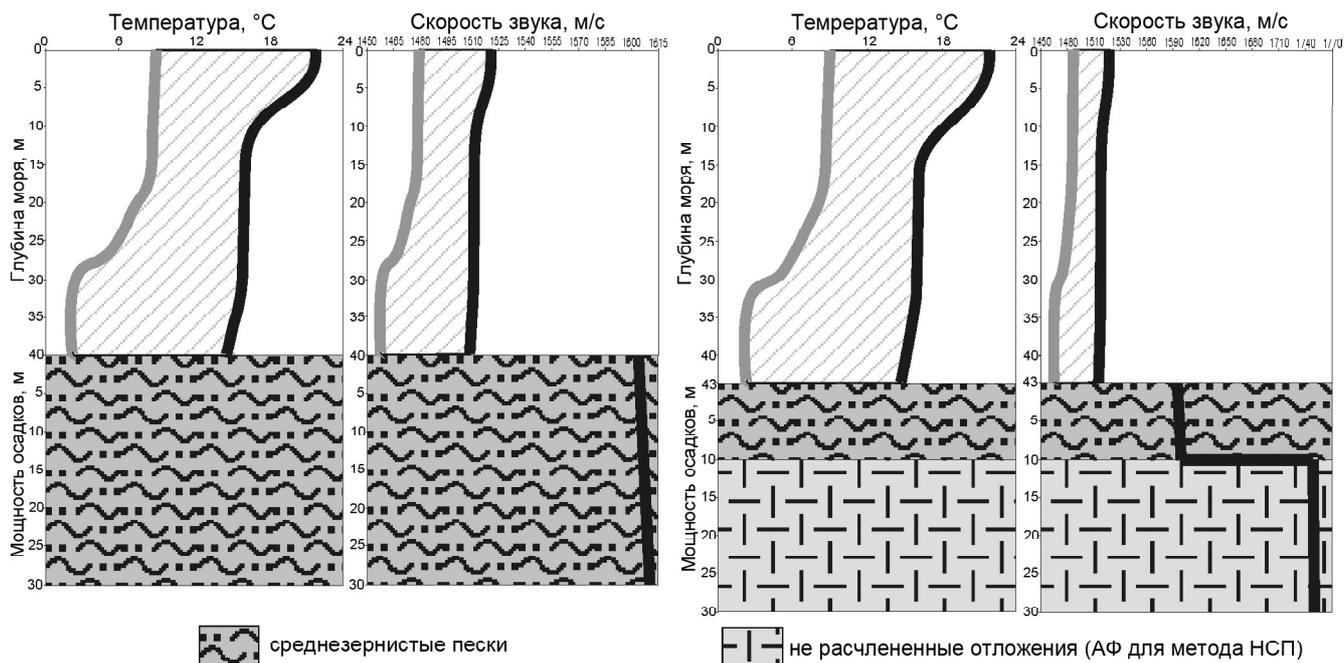


Рис. 6. Области значений профилей температуры и продольной скорости звука в водном слое, принимаемых в течение летнего периода 2007–2009 гг. в точках, показанных на рис. 5, вертикальные разрезы значений продольной скорости звука в донных осадках.

осадков как измеренные в лабораторных условиях, так и приведенные к условию *in situ*, под давлением 1 атм. и обводненные морской водой. Установлено, что на продольную скорость звука в основном влияет размер частиц в донных отложениях при равных значениях обводненности и глубины. Так для фракции песок скорость звука составляет порядка 1750 м/с с учетом того, что среднезернистый песок имеет размер зерен по фи-шкале Крумбейна 2.5 фи единиц, фракция ил – 1560 м/с для 5.4 фи единиц размера зерна, фракция глина – 1450 м/с при 8.5 фи единиц (зернистость в фи единицах = $-\log_2$ [зернистость в миллиметрах]). При размере зерен среднезернистого песка 0.92 фи единиц продольная скорость звука составляет 1836 м/с [26]. Продольная скорость звука для фракции ил при 4.5 фи единиц размера зерна составляет 1610 м/с. Продольная скорость звука в геоакустической модели рассчитывалась по соотношению размерности зерен и содержанию фракций как взятых из работ предшественников [6, 16], так и проанализированных в настоящей работе. При оценке скорости сдвиговых волн (или поперечной скорости звука) в работе использована вычисленная эмпирическая зависимость поперечной скорости звука от продольной [25]. Скорость волн сдвига в рыхлых осадках слабо зависит от размера частиц и определяется, главным образом, сдвиговой прочностью отложений (модуль контактной упругости), которая, в

свою очередь, связана с литификацией и приложенной нагрузкой, вызывающей уплотнение.

Средние значения скорости звука и плотности, полученные при анализе проб донных отложений, были привязаны к акустическому облику сейсмограмм, что позволило построить вертикальные разрезы от поверхности донных осадков до глубины 20 м с дискретностью в 2 м. В геоакустической модели построены 40 вертикальных разрезов (рис. 5, основные точки). В горизонтальной проекции расстояние между точками около 2000 м (основные точки). В модели учитывались уплотнение рыхлых донных отложений и изменение их акустических свойств с глубиной по вычисленным зависимостям, описанным Гамильтоном [27]. Акустические и плотностные значения для каждого горизонта могут быть проинтерполированы на всю исследуемую площадь.

Вычисленные значения продольных и поперечных скоростей в точках, где проводился отбор и анализ проб донных отложений, интерполировались и экстраполировались с помощью геоинформационной системы ArcGIS на всю площадь сейсмоакустических исследований (рис. 5). Размещение геоакустической модели в ArcGIS позволяет качественно визуализировать данные, а также получать интерполированные и экстраполированные поля значений на сетке координат с необходимой детальностью. Пакет программ ArcGIS имеет широкий спектр инструмен-

тов проведения интерполяции значений. Методы интерполяции объединены в две группы: детерминированные и геостатистические. Поскольку, нашим данным присущи локальные вариации, и чтобы исключить (удалить) крупномасштабные вариации из данных, применялся метод интерполяции с помощью детерминированных полиномиальных зависимостей.

По результатам сейсмоакустических работ на исследуемой площади методом отраженных волн с радиобуем выделены две осадочные толщи со скоростями 1.6 км/с в первой и 1.8 км/с во второй [18], которые хорошо коррелируют с нашей геоакустической моделью, где местоположение радиобуя, используемого в методе общей глубинной точки (МОГТ), попадает в область значений 1.6 км/с – 1.62 км/с (рис. 5). Граница между слоями, выделенными МОГТ, прослеживается и на сейсмограммах НСП. Кровля второго осадочного слоя в методе МОГТ является АФ для метода НСП. Это дает возможность выделить сейсмоакустическую границу по всей исследуемой площади методом НСП и ввести глубину ее залегания в геоакустическую модель. В местах, где на сейсмограммах НСП картируются неоднородности и линзы уплотненного песка (блок предполагаемых данных) расстояния между точками в геоакустической модели уменьшено до 500 м (дополнительные точки). При этом блоку предполагаемых данных были заданы постоянные значения скорости звука: для линз уплотненного песка – 1.7 км/с, для АФ – 1.75 км/с.

Таким образом, геоакустическая модель представляет собой набор данных о местоположении (координаты и глубина) точки и ее физических характеристиках: плотности, скорости звука, температуры (для водной толщи) и коэффициента затухания (для поверхности донных отложений) (рис. 5).

Водная составляющая в геоакустической модели представлена областью значений профилей температуры и скорости звука, принимаемых в течение летнего периода времени в основных точках геоакустической модели (рис. 6). Профили температуры и скорости звука получены в результате фоновых гидрологических работ, проведенных в летний период 2007–2009 гг., более подробно с результатами проведенных гидрологических работ можно ознакомиться в [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам сейсмоакустических работ методом НСП была выделена акустическая граница с минимальными значениями глубины залегания от 3–4 м в юго-восточной части полигона, погружающаяся, местами до 15 м в погребенных долинах. В севе-

ро-западном направлении акустическая граница погружается до 25–30 м и более. Был выделен канал, по которому происходит вынос терригенных отложений в глубоководные части моря. На площади залива околнурены области развития трех сейсмических фаций, отражающих различные условия седиментации, а также были обнаружены подводные осадочные валы или холмы.

По данным литологического исследования, осадки представлены в основном среднезернистыми и мелкозернистыми псаммитами, часто с ракушечным детритом. Мелкозернистые псаммиты часто встречаются с илистой компонентой. Преобладает фракция мелкозернистых псаммитов (0.25–0.1 мм). Практически отсутствует фракция крупнозернистых псаммитов (1–0.5 мм).

Построенная геоакустическая модель верхней части осадочной толщи залива Посьета суммирует имеющиеся геологические, геофизические и петрофизические данные, а также статистические параметры гидрологических измерений, и позволяет для заданных пространственных координат выбирать количественные значения параметров. Построение детальной геоакустической модели осуществлено за счет высокой информативности данных по НСП. Она дает возможность в короткие сроки исследовать любой участок шельфа и сформировать трехмерную базу данных количественных значений геологических структур до глубин проникновения сейсмоакустического сигнала. Визуализация геоакустической модели представлена на базе программного комплекса ArcGIS. Интерполяция и экстраполяция акустических значений на весь залив Посьета осуществлялась с помощью детерминированных полиномиальных зависимостей. С цифровой геоакустической моделью залива Посьета можно ознакомиться по электронному адресу: <http://oias.poi.dvo.ru/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев М.Я. Геоакустическая модель шельфа // Тр. VIII Междунар. конф. "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики - ГА-2006". СПб.: Наука, 2006. С. 96–100.
2. Берсенов И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л. и др. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
3. Васильев Б.И., Марков Ю.Д., Царько Е.И., Демидова Т.И. О геологическом строении континентального склона залива Петра-Великого (Японское море) // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток, 1973. С. 49–57.
4. Геологическая карта дна Японского моря. 1 : 2 500 000 / Ред. И.И. Берсенов, Л.И. Красный. Л.: ВСЕГЕИ, 1988.
5. Глаголев В.А., Петрищевский А.М. Простой алгоритм построения разрезов с использованием 3D-массивов геолого-геофизической информации (юго-Восток России) // Ти-

- хоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 3. С. 78–85.
6. Деркачев А.Н., Уткин И.В., Боцул А.И. Отчет о научно-исследовательских работах, проведенных в 32 рейсе на НИС “Первенец” (залив Петра-Великого. Японское море, июнь-июль 1979 г.). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1980. 122 с.
 7. Долгих Г.И. Некоторые результаты экспериментального исследования характеристик сейсмоакустических сигналов, возбуждаемых низкочастотным гидроакустическим излучателем // Акуст. журнал. 1998. № 3. С. 358–361.
 8. Долгих Г.И., Чупин В.А. Экспериментальная оценка преобразования гидроакустического излучения в сейсмоакустическую волну // Акуст. журнал. 2005. № 5. С. 628–632.
 9. Долгих Г.И., Лучин В.А., Ярошук И.О. и др. Масштабы пространственно-временных вариаций океанологических полей на шельфе Японского моря // XII научная школа-семинар им. акад. Л.М. Бреховских “Акустика океана”, совмещенной с XXI сессией Российского Акустического Общества, 2–5 июня 2009 г. Москва. Материалы докл. М.: ГЕОС, 2009. С. 256–259.
 10. Долгих Г.И. Аппаратно-программные комплексы геодинамического мониторинга // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 1. С. 71–79.
 11. Иволга Е.Г. Петрофизические исследования при создании геофизических моделей рудных районов (на примере Вознесенского рудного района, Приморье // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 4. С. 91–113.
 12. Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Сейсмостратиграфия осадочного чехла и условия осадконакопления на шельфе и материковом склоне в районе залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2007. Т. 47, № 2. С. 282–293.
 13. Карнаух В. Н., Карп Б. Я., Цой И. Б. и др. Строение шельфа и материкового склона залива Петра Великого (Японское море) по сейсмическим и геологическим данным // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / Отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 292–311.
 14. Карнаухов А.А., Сергеев А.Ф. Структура и динамика вод залива Петра Великого летом // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого (Японское море) / Отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 57–73.
 15. Кобранова В.Н. Петрофизика / Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1986. 392 с.
 16. Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И. и др. Структура осадков и фаций Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 286 с.
 17. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.
 18. Медведев С.Н., Прокудин В.Г. Реализация метода отраженных волн при сейсмоакустических исследованиях в мелком море // Материалы докл. Шестой Всерос. симпоз. “Физика геосфер”. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 98–101.
 19. Наумова В.В., Миллер Р.М. и др. ГИС “Минеральные ресурсы. металлогенезис и тектоника северо-востока Азии” // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 25, № 5. С. 8–21.
 20. Никифоров С.Л., Павлидис Ю.А. и др. Цифровая геоакустическая модель шельфа и ее использование для гидроакустических средств исследования мирового океана // Труды конф. “Исследование мирового океана”. ИПМТ, 2007. С. 262–268.
 21. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. 125 с.
 22. Петров А.Н., Горячев И.Н., Лямин С.М. Геометрические модели геологических структур и геоинформационные системы // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 6, № 5. С. 51–61.
 23. Сясько А.А., Кутуб-Заде Т.К., Короткий А.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Ханкайская 2-е изд. Листы К-52-ХII. К-52-ХVIII. 1:200000 / Ред. С.В. Коваленко. Владивосток: Гл. упр. природ. ресурсов и охраны окружающей среды по Приморскому краю. ФГУП. 2002.
 24. Филатьев В.П. О сочленении континентальных структур Сихотэ-Алиня с глубоководной котловиной Японского моря // Морские геофизические исследования / Труды ТОИ ДВНЦ АН СССР. Владивосток, 1975. Т. 8. С. 122–125.
 25. Hamilton E.L. Vp/Vs and poisson’s ratios in marine sediments and rocks // J. Acoust. Soc. Am. 1979. V. 66. P. 1093–1101.
 26. Hamilton E.L. Geoacoustic modeling of the seafloor // J. Acoust. Soc. Am. 1980. P. 176–190.
 27. Hamilton E.L. Sound velocity as a function of depth in marine sediments // J. Acoust. Soc. Am. 1985. V. 78. P. 1348–1355.

Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем

A.N. Samchenko, V.N. Karnaukh, K.I. Aksentov

Geological-geophysical studies of the upper sedimentary cover and geoacoustic model for the Posiet Bay shelf (the Sea of Japan).

The paper presents the results of seismic and acoustic works and geological testing of the bottom sediments in the Posiet Bay carried out by the authors in 2007-2009. A cluster analysis of the acoustic features of the bottom sediments has been fulfilled and a geoacoustic model for the upper part of the sedimentary layer has been constructed in digital format. An example of application of GIS-medium for model visualization is demonstrated.

Key words: continuous seismic profiling, seismic facies, bottom sediments, geoacoustic model, Posiet Bay, Japan Sea.