

УДК 551.465:550.347

# РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА

Самченко А.Н., Пивоваров А.А.,  
Кошелева А.В.

Тихоокеанский океанологический  
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН<sup>1</sup>

Представлены результаты фоновых гидрологических исследований, сейсмоакустических работ и геологического опробования донных осадков в заливе Посьета, проведённые авторами в 2007–2009 гг. Гидрологические данные представляют собой вертикальные профили гидрологических и акустических параметров водной толщи в весенний, летний и осенний периоды времени. Показан пример обобщения геолого-геофизических и гидрологических данных по акустическим параметрам среды вода – донные осадки.

## ВВЕДЕНИЕ

Скорость звука является одной из важнейших характеристик океанической среды. Изменчивость скорости звука определяет изменчивость акустического поля. В ряду таких океанологических факторов, как морское волнение, неровности морского дна и др., во всех практически важных задачах она является определяющей для формирования флуктуаций звука. Поэтому исследование статистической структуры и изменчивости скорости звука в различных пространственных и временных масштабах является важной задачей гидрофизики. Экспериментальные данные о мелкомасштабной статистической структуре поля скорости звука в океане и по нынешний день крайне малочисленны и фрагментарны. Шельфовые зоны мирового океана обладают значительной изменчивостью, которая к тому же имеет ярко выраженные географические черты [5]. Для корректного решения задач

моделирования распространения звука на шельфе необходимо иметь количественные и качественные представления о характере гидродинамических возмущений, а также учитывать параметры поглощающего дна в исследуемом регионе.

В 2006–2009 гг. на акватории залива Посьета, в районе гидрофизического полигона ТОИ ДВО РАН (мыс Шульца), были проведены комплексные гидрофизические и геолого-геофизические исследования. Были поставлены следующие задачи: получить гидрологические характеристики акватории залива (усредненные профили скорости звука, флуктуации) в различные сезоны и исследовать акустические свойства и структуру донных отложений в заливе.

## ■ Экспериментальные работы

В 2007–2009 гг. на акватории залива Посьета были проведены девять фоновых гидрологических съёмок в весенний,

летний и осенний периоды времени. Фоновая гидрологическая съёмка представляет собой одну реализацию океанологических наблюдений в каждой точке на площади исследования (рис. 1) без постановки судна на якорь. Реализация океанологических наблюдений заключалась в следующем: от поверхности моря до дна опускался прибор со скоростью примерно 1 м/с в каждой точке на площади исследования, в результате чего мы получали вертикальные разрезы гидрологических параметров воды. Измерения температуры, солёности воды и глубины погружения прибора выполнялись автономным STD-зондом, разработанным в ТОИ ДВО РАН, а также с помощью зонда RBR XR-620STD. Метрологическая аттестация всех датчиков STD-зонда проведена в НПО «Аквастандарт» г. Санкт-Петербург. Погрешность измерения тем-

<sup>1</sup> 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43, тел.: (4232) 312617, e-mail: samchenco@poi.dvo.ru

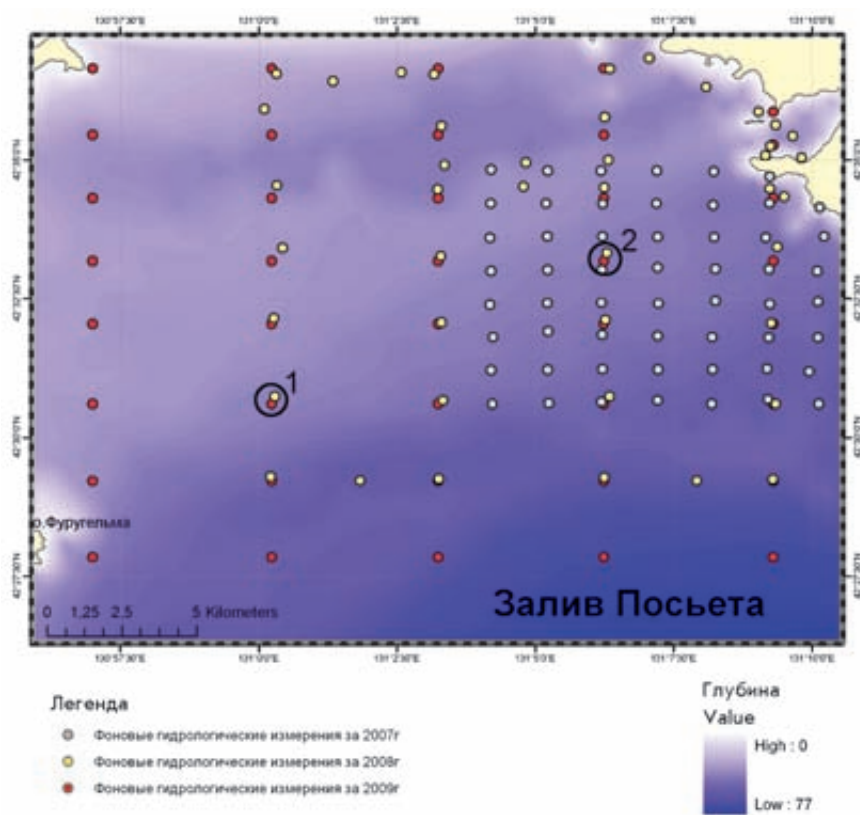


Рис. 1. Схема проведения фоновых съёмок залива Посьета. Выделены точки 1 и 2, для которых приведены профили скорости звука

## ■ Обсуждение результатов

Бассейн залива Посьета – удлинённая наложенная котловина, ограниченная крутыми склонами о-ва Фуругельма и хребта п-ова Гамова на западе и северо-востоке, материковым склоном с юго-запада. Дно бассейна – сравнительно ровное, осложнено несколькими замкнутыми неглубокими впадинами, протянувшимися с востока на запад вдоль северного побережья залива. От глубоководной части залива впадины отделены подводным баром.

В бассейне залива Посьета нет буровых скважин. Таким образом, всё, что известно и предполагается относительно геологического строения, основано на опробовании поверхности дна (керна осадка и драгированные породы), изучении о-ва Фуругельма и мыса Гамова [1] и сейсмических профилей МОВ [7]. В прибрежной части акватории фундамент представлен гранитоидами Гамовского комплекса, а на материковом склоне – вулканическими породами Зайсановской свиты (базальты, андезиты). В средней части шельфа по результатам интерпретации гидромагнитной и гравиметрической съёмок фундамент представлен породами гранитно-метаморфического комплекса.

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). Скорость звука в донных осадках варьируется в пределах от 1590 до 1750 м/с. По результатам сейсмоакустических работ методом НСП была

пературы составляет  $0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$ , электрической проводимости –  $2,5 \cdot 10^{-5}$  относительных единиц и гидростатического давления –  $0,02\text{ МПа}$ . Измерения гидрологических параметров воды производились как при совместном использовании гидрологических зондов, так и отдельно. Более подробно о проводимых гидрологических работах можно узнать из [3].

Геолого-геофизические работы представлены литологическим опробованием и методом непрерывного сейсмического профилирования (НСП). 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 [8]. При сейсмоакустических работах методом НСП 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. Регистрации сигналов осуществлялась в цифровом виде в формате SEG Y с использованием программы GeoPro 2. Определение местоположения судна осуществлялось с помощью системы спутниковой навигации NAVSTAR GPS GARMIN-48. Отработано около 160 км профилей. Более подробно о результатах проведённых сейсмоакустических исследований можно посмотреть в работах [2, 6].

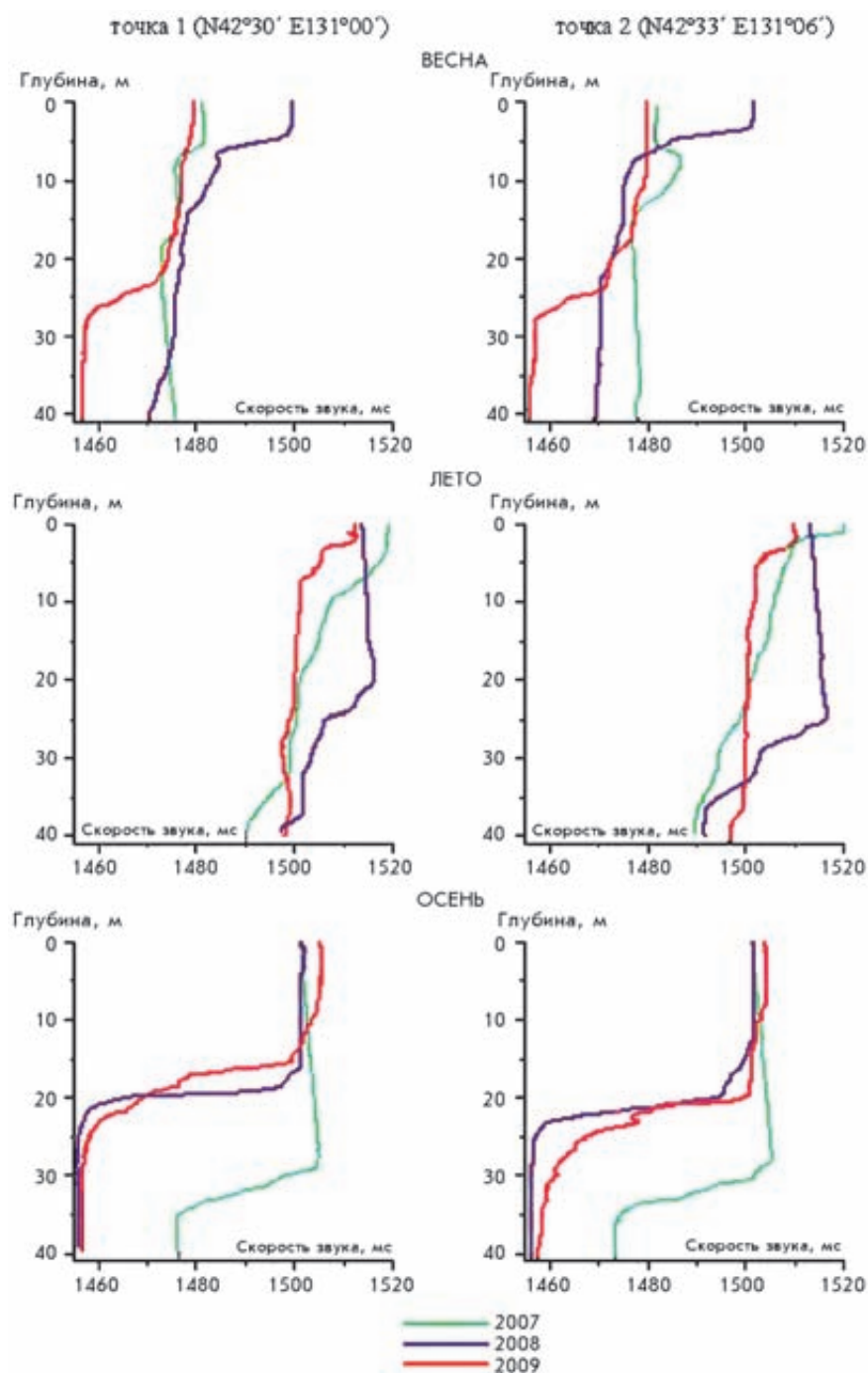


Рис. 2. Профили скорости звука, полученные в ходе фоновых гидрологических съёмов в весенний, летний и осенний периоды 2007–2009 гг.

выделена акустическая граница с минимальными значениями от 3–4 м в юго-восточной части полигона, погружаясь местами до 15 м в погребенных долинах. В северо-западном направлении акустическая граница погружается до 25–30 м и более. Также выделены две небольшие по размеру неоднородности, 40 м и 53 м шириной, на пятиметровой глубине залегающие верхней кромки, предположительно, русла древних рек, поскольку они прослеживаются на нескольких сейсмоакустических профилях.

В результате фоновых гидрологических работ были получены: 183 вертикальных

разреза с гидрологическими параметрами воды (температура, солёность, скорость звука и давление) за 2007 г., 132 вертикальных разреза за 2008 г. и 120 вертикальных разрезов за 2009 г. Важно отметить, что при уменьшении количества реализаций за год исследуемая акватория была расширена с 64 км<sup>2</sup> до 272 км<sup>2</sup> (рис. 1). Примеры вертикальных изменений скорости звука в весенний, летний и осенний периоды за 2007–2009 гг. представлены на рис. 2.

Анализ полученных экспедиционных гидрологических наблюдений показал, что пространственно-временная структура вертикальных изменений гидрологических и акустических параметров в течение дня в основном формируется под влиянием приливных явлений. Приливные течения и колебания уровня моря приводят к горизонтальным перемещениям водных масс, а также к генерации внутренних волн. Всё перечисленное, а также наличие неперiodических течений и изменение погодных условий приводят к существенным временным изменениям вертикальной стратификации и структуры гидрологических и акустических параметров.

В весенний период происходит прогревание верхнего деятельного слоя, что обуславливает появление термоклина на глубинах 3–5 м. Более интенсивное прогревание верхнего слоя воды отмечено в течение осеннего сезона 2008 г., а зима 2008–2009 гг. была наиболее холодной, о чём свидетельствуют низкие температуры 1–2 °С в придонной воде.

В течение летнего периода водный слой в заливе Посьета равномерно прогревается от 20–22 °С у поверхности моря до 8–10 °С у дна.

В октябре, когда начинается период охлаждения верхней ча-

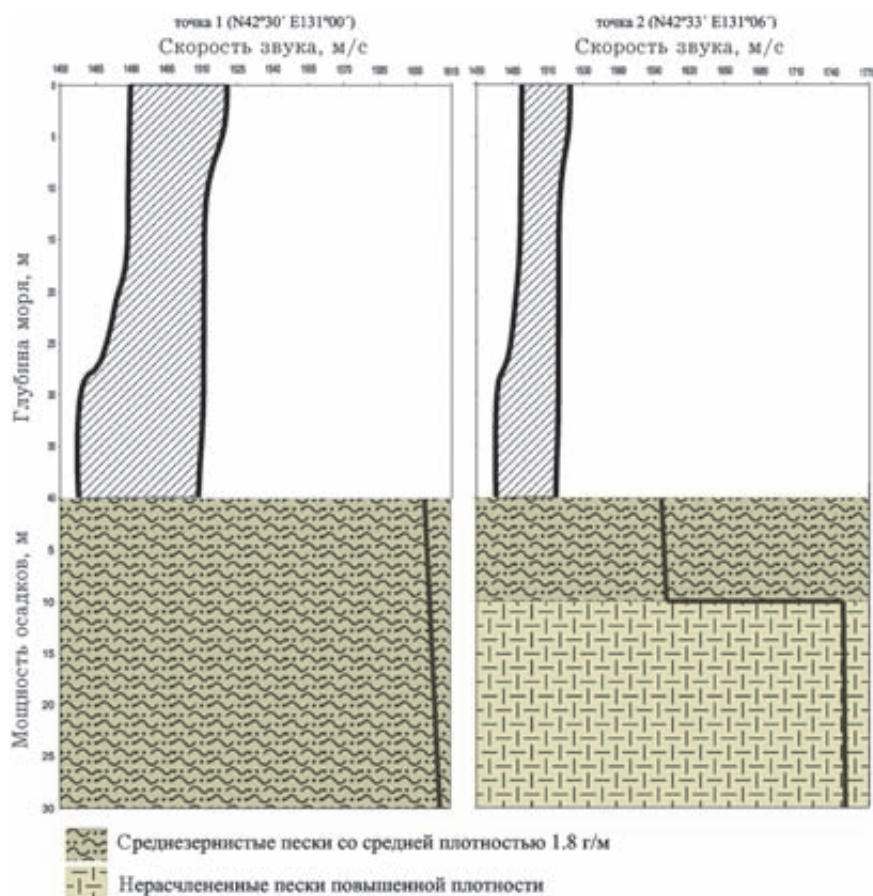


Рис. 3 Область значений принимаемых за весенний, летний и осенний период профилей скорости звука в водной толще и скорость звука в донных осадках в двух точках, показанных на рис. 1

сти деятельного слоя вод, происходит существенная перестройка вертикальной структуры вод и её временной изменчивости. В полях температуры воды и скорости звука хорошо выделяется верхний квазиоднородный слой с температурой более  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вертикальная протяженность которого на разных фазах приливных явлений варьируется от 10 до 20 м. За 2007 г. прогревание вод в летний период было существеннее, поскольку термоклин на 10–12 м ниже по сравнению с уровнем за 2008 и 2009 гг. (рис. 2). Хорошо проявляется холодный придонный слой, температура которого не превышает  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а вертикальные размеры заключены в пределах от 1 до 14 м. Обострение сезонного пикноклина приводит к существенному уменьшению (по сравнению с летним периодом)

вертикальных смещений масс воды, связанных с внутренними волнами, которые по полученным данным не выходят за пределы 10 м.

Комплекс проведенных гидрофизических работ на акватории залива Посьета позволяет построить вертикальные разрезы акустических параметров водной толщи, а также донных осадков до глубин проникновения акустического сигнала в методе НСП (рис. 3).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ и систематизация имеющихся в наличии гидрологических, геологических и геофизических данных о строении дна шельфа и их последующая качественная и количественная формализация является актуальной и

давно назревшей проблемой не только в районе залива Посьета, но и в целом всех дальневосточных морей. Гидрофизический полигон в заливе Посьета представляет уникальную возможность изучения характерных для данного региона океанологических и геофизических особенностей и их влияния на акустические поля гармонических и широкополосных источников звука. Уточнение параметров слоистой структуры донных осадков и накопление статистических данных об океанологических характеристиках позволит в дальнейшем на более высоком уровне моделировать распространение звука в условиях мелкого моря, а также способствовать решению задач томографии и построению гидродинамических моделей шельфовых областей.

Полученные результаты гидрологических и геолого-геофизических работ, выполненных за 2007–2009 гг., дают представление о характере распределения акустических параметров на исследуемой акватории, их сезонной изменчивости (для водного слоя). Скорость звука в верхнем слое донных осадков варьируется в пределах от 1590 до 1750 м/с. Выделенные по НСП неоднородности в осадочной толще, скорее всего, представляют собой плохо сортированные крупнозернистые пески со скоростями звука порядка 1750 м/с.

В результате гидрологических исследований на акватории залива Посьета были уточнены пространственно-временные изменения гидрологических и акустических параметров водной толщи. Прослежены сезонные колебания этих параметров в течение трех лет наблюдений.

С результатами комплексных гидрофизических работ можно ознакомиться по электронному адресу: [acoustics.poi.dvo.ru](mailto:acoustics.poi.dvo.ru).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенева И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л. и др. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
2. Долгих Г.И., Карнаух В.Н., Самченко А.Н., Бордиян О.В. Исследование осадков прибрежной зоны и разработка геоакустической модели (залив Посьета, Японское море) // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 379–384
3. Долгих Г.И., Лучин В.А., Ярошук И.О., Варлатый Е.П., Черанев М.Ю., Мартынов М.Ю., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н. Экспериментальные исследования поля скорости звука на шельфе Японского моря // Шестой Всерос. симпоз. «Физика геосфер» 7–11 сент. 2009 г. Владивосток, ТОИ ДВО РАН: мат-лы докл. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 37–41
4. Карнаухов А.А., Сергеев А.Ф. Структура и динамика вод залива Петра Великого летом // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 57–73.
5. Кацнельсон Б.Г., Петников В.Г. Акустика мелкого моря. М.: Наука, 1997. 191 с.
6. Листровая И.А., Карнаух В.Н., Бордиян О.В. Сейсмические фации четвертичных осадков западной части залива Петра Великого (Японское море): результаты интерпретации данных 3,5 КГц профилографа // Океанологические исследования: тез. докл. конф. молодых ученых Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН. Владивосток. 19–23 мая 2008 г. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2008. С. 46 – 48.
7. Наумова В.В. и др. ГИС «Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника северо-востока Азии» // Тихоок. геол. 2006. Т. 25, № 5. С. 8 – 21.
8. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. 125 с.

УДК 550.4:553.98:552.578

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА И РАСЧЕТ ЕГО ПОТОКОВ НА ГРАНИЦЕ ВОДА–АТМОСФЕРА НА АКВАТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ТЕПЛЫЙ СЕЗОН

Г.И. Мишукова, Н.Л. Пестрикова,  
В.Ф. Мишуков, О.С. Яновская

Тихоокеанский океанологический  
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН<sup>1</sup>

В сентябре-октябре 2010 г. на акватории северо-западной части Японского моря наблюдались повышенные концентрации метана в поверхностных морских водах. Летние температуры воды и значительные скорости ветров вызвали интенсивное выделение метана в атмосферу из морской воды, причем в шельфовых районах потоки метана значительно выше, чем в мористой части акватории. Сравнение экспериментальных данных и результатов расчета переноса водных масс, содержащих растворенный метан, свидетельствует о том, что район эпицентра землетрясения может выступать в роли источника поступления метана в морскую среду.

### ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на незначительное содержание метана в атмосфере он играет исключительно важную роль. Являясь одним из парниковых газов, метан способен участвовать в процессах формирования климатических условий всей нашей планеты. Кроме того, растворенный в воде метан часто используется в качестве индикатора для обнаружения мощных подземных источников углеводородов (нефтяных, угольных, газовых месторождений и залежей газогидратов). Поэтому изучение пространственного распределения метана в водной среде является важным для определения источников и механизмов, влияющих на содержание метана.

Как показали наши исследования [5], в Японском море,

как и в водах других морей, метан неоднородно распределен по глубине. В шельфовых районах залива Петра Великого происходит вынос метана из подземных источников в придонные воды. Метан в мелководных районах образует зоны повышенной концентрации в придонных слоях, которые за счет адвективного переноса водных масс обуславливают формирование слоя с повышенным содержанием метана в подповерхностных водах открытых районов моря вблизи побережья России [3, 5]. Низкая температура приповерхностного слоя воды в ноябре 1995 г. привела к насыщению в диапазоне 20–50% поверхностных вод метаном относительно его содержа-

<sup>1</sup> 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43, тел.: (4232) 312617, e-mail: gmishukova@poi.dvo.ru