

УДК 551.464:543.319

Ю.А. Барабанщиков, П.Я. Тищенко, П.Ю. Семкин,
Т.А. Михайлик, А.А. Косьяненко*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ ГРЯЗЕЙ В БУХТЕ ВОЕВОДА (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Проведено исследование динамики вод и распространения зарослей zostеры *Zostera marina* как факторов формирования лечебных грязей в бухте Воевода. На основании прямых измерений течений установлено, что в кутовой части бухты Воевода формируется замкнутая циркуляция антициклонического и циклонического направления, соответственно при северо-западном и юго-восточном ветре. Распространение зарослей zostеры исследовано с участием легководолазов. Установлено, что наибольшая биомасса zostеры характерна для мелководных районов в местах залежей лечебных грязей и достигает 3 кг сырой массы на 1 м² при проективном покрытии 100 %. Представлены результаты сейсмоакустических исследований в кутовой части бухты Воевода, на основании которых установлено, что мощность слоя лечебных грязей достигает 15 м. Составлена карта мощности современных осадочных отложений и поверхности акустического фундамента.

Ключевые слова: Амурский залив, бухта Воевода, динамика вод, картирование, *Zostera marina*, высокочастотный профилограф, мощность слоя лечебных грязей.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-192-167-176.

Barabanshchikov Yu.A., Tishchenko P.Ya., Semkin P.Yu., Mikhailik T.A., Kosyanenko A.A. Conditions of forming for therapeutic mud in the Voevoda Bay (Amur Bay, Japan Sea) // Izv. TINRO. — 2018. — Vol. 192. — P. 167–176.

The water dynamics and distribution of the sea grass *Zostera marina* are investigated as factors of the curative mud forming in the Voevoda Bay. The water currents are measured directly. The closed circulation is formed in the middle part of the bay by prevailing winds: anticyclonic by northwestern wind and cyclonic by southeastern wind. *Zostera marina* distribution is researched by divers. Its highest biomass is observed on the shallows where projective coating is 100 % and mean biomass is 3 kg/m² (wet weight). Bottom sediments and depth of the acoustic basement are mapped using seismoacoustic method. The maximal thickness of the curative mud layer is found in the internal part of the bay (Melkovodnaya Bight) where it reaches 15 meters.

Key words: Amur Bay, Voevoda Bay, water dynamics, *Zostera marina*, high-frequency profilographer, therapeutic mud.

* Барабанщиков Юрий Александрович, младший научный сотрудник, e-mail: biw90@mail.ru; Тищенко Павел Яковлевич, доктор химических наук, заведующий лабораторией, e-mail: tpavel@poi.dvo.ru; Семкин Павел Юрьевич, младший научный сотрудник, e-mail: pahno@poi.dvo.ru; Михайлик Татьяна Александровна, научный сотрудник, e-mail: tatyana_libra@poi.dvo.ru; Косьяненко Артур Александрович, научный сотрудник, e-mail: kosyanpoi@inbox.ru.

Barabanshchikov Yury A., junior researcher, e-mail: biw90@mail.ru; Tishchenko Pavel Ya., D.Sc., head of laboratory, e-mail: tpavel@poi.dvo.ru; Semkin Pavel Yu., junior researcher, e-mail: pahno@poi.dvo.ru; Mikhailik Tatiana A., researcher, e-mail: tatyana_libra@poi.dvo.ru; Kosyanenko Artur A., researcher, e-mail: kosyanpoi@inbox.ru.

Введение

Морские донные осадки являются хранилищем растворенного и взвешенного материала (Розанов, 1995). Процессы раннего диагенеза органического вещества, идущие при обычных температурах, могут заметно изменять химический состав поровой воды и твердой фазы. Донные отложения мелководных морских бассейнов, заросшие фитобентосом, как правило, обогащены органическим веществом. В некоторых случаях эти осадки представляют собой вязкий ил, который обладает лечебными свойствами (пелоид). Характерной особенностью пелоидов является высокая микробиологическая активность, которая выделяет их среди других аналогичных природных образований (Ступникова, Мурадов, 1998). Активная деятельность бактерий, грибов и других организмов способствует разложению органических и животных остатков, обогащает лечебные грязи гуминовыми веществами, битумами, продуцирует ионы аммония, сероводород, двуокись углерода и метан. Непрерывный поток органического вещества из водной среды в осадок обеспечивает постоянную активность микроорганизмов, которые поддерживают устойчивое содержание в грязях таких важных и нестойких органических соединений, как витамины, ферменты и гормоны (Ступникова, 2001). Условием такого непрерывного потока органического вещества может быть высокая первичная продукция, обеспечиваемая микро-, макроводорослями и морскими травами, например зостерой.

Залежи лечебных грязей, которые имеются в нескольких мелководных бухтах зал. Петра Великого, формируются в результате высокой интенсивности продукционно-деструкционных процессов. К таким бухтам относится бухта Воевода, расположенная в юго-западной части о. Русского. Отличительной особенностью донных осадков бухты Воевода, как показывают наши исследования, является высокое содержание в них органического вещества и протекание процесса сульфатредукции (Барабанщиков и др., 2017).

В бухте Воевода произрастают обширные заросли зостеры *Zostera marina*, которые играют большую роль в качестве продуцента органического вещества и накопителя микроэлементов (Кафанов, Лысенко, 1988а, б). Количество органических веществ непостоянно и зависит от сезона и возраста листьев. Содержание минеральных веществ в зостере от весны к осени уменьшается, органических — наоборот, увеличивается. Листья зостеры содержат ценное органическое соединение — зостерин (природный полисахарид), который содержит до 96 гексауриновых кислот, минеральные и белковые соединения (Паймеева, 1984). Плотность зарослей зостеры в исследуемой акватории на 2008 г. достигала 50 кустов на 1 м²*. Обилие зостеры привлекает большое количество рыб, ее заросли служат излюбленным местом нереста и нагула молоди некоторых промысловых рыб, в частности тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Амброз, 1931; Дерюгин, 1939; Посадова и др., 1982), и местообитанием различных видов креветок (Лысенко, 1982).

В настоящее время в бухте Воевода на марикультурных хозяйствах культивируют приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* и тихоокеанскую мидию *Mytilus trossulus* (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). В бухту заходят промысловые виды рыб: камбалы Pleuronectidae, навага *Eleginus gracilis*, пиленгас *Liza haematocheilus*, корюшка *Hypomesus japonicus* и др. (Соколовский и др., 2011).

Имеющиеся в литературе данные по условиям обитания гидробионтов, а также гидробиологическим условиям в бухте Воевода малочисленны (Ляшенко, 2005). Высокая первичная продукция бухты Воевода, на наш взгляд, является одним из условий существования лечебных грязей, мощность которых до настоящего времени неизвестна. Первичная продукция в бухте обеспечивается главным образом зостерой. Динамика вод как фактор, оказывающий влияние на произрастание зостеры, в данном районе не изучалась.

* Результаты поисков и оценки лечебной грязи в бухте Мелководная (б. Воевода) Японского моря, Владивостока, Приморского края. С подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2008. Участок Мелководной за 2006–2008 гг.: геологический отчет. 20 с. (ООО «Дальстам», г. Владивосток.)

Цель настоящей работы — определить условия образования лечебных грязей в бухте Воевода: на основании данных водолазной съемки оценить плотность распространения зарослей zostеры, с использованием прямых измерений течений установить характер циркуляции вод, с применением метода геофизической съемки определить мощность слоя лечебных грязей.

Материалы и методы

Бухта Воевода располагается в восточной части мористого района Амурского залива (зал. Петра Великого, Японское море), глубоко вдаваясь в западное побережье о. Русского (рис. 1).

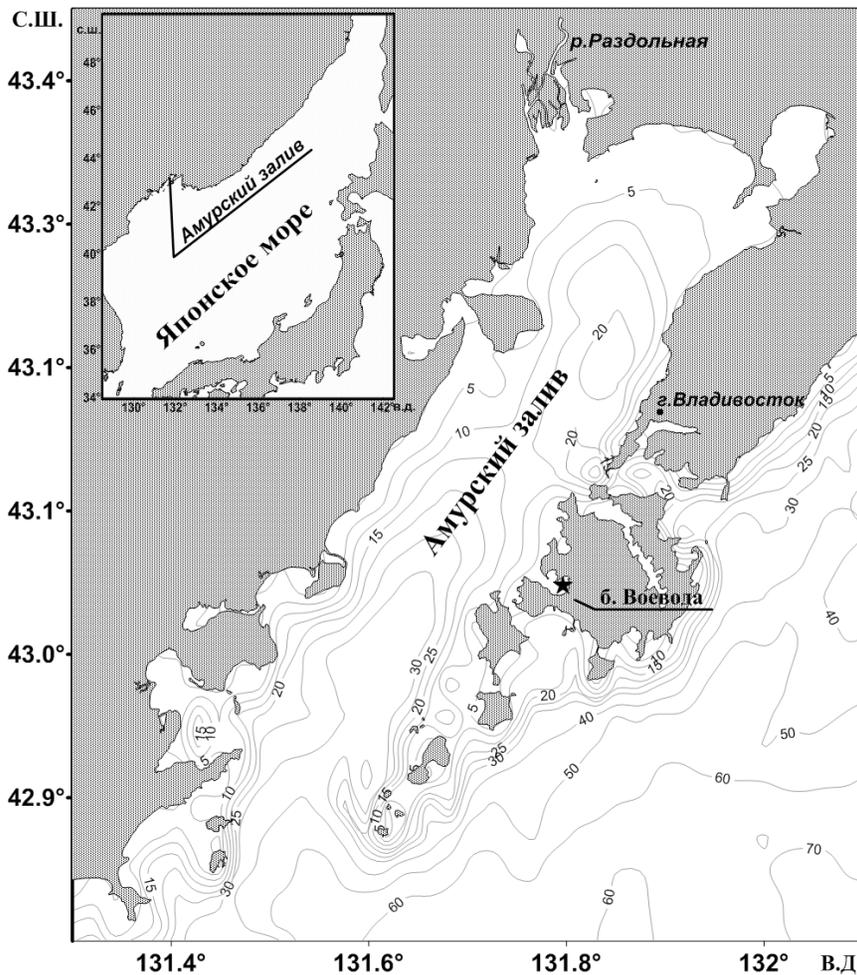


Рис. 1. Карта-схема географического положения изучаемого района и расположение района работ

Fig. 1. Scheme of the studied area and survey

Бухта Воевода состоит из двух более мелких образований — бухт Круглой и Мелководной, которые вдаются в северный берег бухты (рис. 2). Акватория бухты Воевода имеет площадь около 4,0 км², Мелководной — около 2,4 км² и Круглой — около 1,6 км². Прибрежье у высоких берегов приглубое (уже на удалении 50–100 м от берега глубины не менее 5–10 м), но с большим количеством подводных и надводных камней. Дно каменистое, у низменных берегов — песчаное и песчано-илистое. Общая эксплуатационно-значимая площадь высококачественной лечебной грязи составляет 717,99 м²*. За счет небольшой глубины бухты Мелководной (не более 5 м) она доста-

* Результаты поисков....

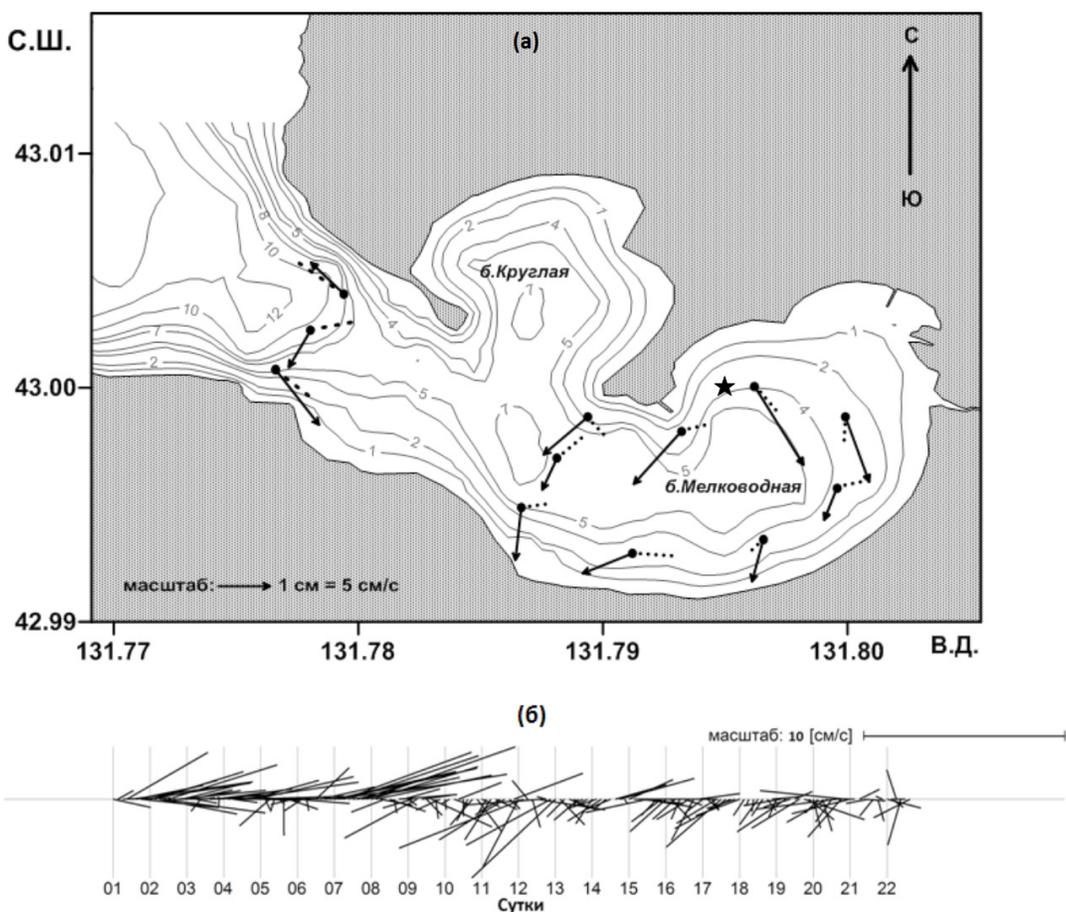


Рис. 2. Карта-схема бухты Воевода: **а** — батиметрия, скорость и направление течений в бухте Воевода 01.12.2012 г. при северо-западном ветре, *сплошные линии* — поверхностный горизонт, *пунктирные* — придонный, *звездочка* — точка постановки АБС; **б** — скорость и направление течений по данным долгопериодных измерений в придонном слое воды (период с 01 по 22.11.2013)

Fig. 2. Scheme of the Voevoda Bay: **a** — bathymetry and currents on December 1, 2012 under northwestern wind; **б** — results of long-term measurements of currents at the bottom (November 1–22, 2013). *Solid lines* — sea surface, *dashed lines* — sea bottom, *asterisk* — ABS position

точно освещена и хорошо прогрета. Северное побережье бухты представляет собой слабовсхолмленную равнину. Южный берег бухты Мелководной более крутой и изрезанный оврагами, по которым в море стекает 4 ручья*. С востока в бухту впадает единственная на острове небольшая р. Русская. Река имеет протяженность около 6 км и берет начало на севере острова на высоте 125–150 м над уровнем моря. Расход реки изменяется от 0,2 до 2,0 м³/с.

Измерение течений в поверхностном и придонном горизонтах проводилось в декабре 2012 г. с помощью электромагнитных измерителей INFINITY — EM (Япония). Измерители последовательно устанавливались на 15 мин в двенадцати точках бухты, съемка заняла 3,5 ч, расположение точек показано на рис. 2. Долгопериодные измерения течений были проведены в 2012 г. в период с 01.09 по 22.11. Для этого нами была установлена автономная буйковая станция (АБС) с измерителем течений INFINITY — EM в придонном слое воды, ее положение показано звездочкой на рис. 2.

В августе 2016 и 2017 гг. было проведено картирование зарослей zostеры и определение сырьевых ресурсов с участием легководолазов. Было выполнено 50 станций,

* Лоция северо-западного берега Японского моря. СПб.: ГУНИО МО, 1996. 360 с.

на которых отмечали степень покрытия дна морской травой на 1 м² и характер донных осадков. В каждой точке в трех повторностях выкашивали траву с площади 1 м², скошенную траву взвешивали. На основании средних показателей биомассы с единицы площади вычисляли запасы биоресурсов. Визуально оценивали проективное покрытие дна зарослями, их протяженность и ширину. Работы проведены по общепринятой методике (Гемп, 1963).

Геофизическое профилирование дна в бухте Воевода ранее не проводилось, ближайший район с исследованиями такого рода — это северная и центральная части Амурского залива (Карнаух и др., 2011; Karnaukh et al., 2016). Высокоразрешающие сейсмоакустические исследования проводились в кутовой части бухты Воевода в 2011 г. методом непрерывной профильной съемки дна с использованием буксируемого высокочастотного профилографа «GeoPulse Subbottom Profiler» (GeoAcoustics Limited, Англия) с борта НИС «Импульс». Работы проводили сотрудники лаборатории сейсмических исследований ТОИ ДВО РАН, зав. лаб. В.Н. Карнаух. Данное оборудование предназначено для изучения строения верхней части осадочного чехла (толщиной несколько десятков метров). При проведении работ использовался сигнал с частотой 3,5 КГц. Длина сигнала равнялась 2 циклам выбранной частоты. По результатам исследований составлена карта рельефа и мощности осадочного чехла кутовой части бухты Воевода.

Результаты и их обсуждение

Гидрология

В декабре 2012 г. в период измерения течений (открытая вода) скорость ветра северо-западного направления достигала 7 м/с. На рис. 2 (а) представлены результаты измерений. Схематически скорости и направления течений в поверхностном слое изображены в виде сплошных линий, а в придонном слое — в виде пунктирных. Циркуляция вод в бухте Воевода происходила по следующей схеме. В мористой части бухты вдоль южного побережья наблюдался заток воды, направленный на юго-восток, со скоростью 6 см/с на поверхности и 4 см/с у дна. Вдоль северного побережья течение было противоположным — северо-западным со скоростью 4,0 см/с на поверхности и 5,6 см/с у дна. Далее на входе в бухту Мелководную вдоль северного побережья наблюдался заток воды в придонном слое, при этом в поверхностном слое течение было ориентировано перпендикулярно ветру (на юго-запад). В бухте Мелководной формировалась замкнутая циркуляция антициклонического направления с максимальной скоростью течения 12 см/с в поверхностном слое воды. Ранее было установлено, что при юго-восточном ветре картина течений в бухте Мелководной противоположная и имеет циклоническое направление (Барабанчиков и др., 2015).

Результаты долгопериодных измерений течений свидетельствуют об отсутствии приливной компоненты в общей динамике вод в бухте Мелководной. Как видно на рис. 2 (б), в точке постановки АБС, в придонном слое, формируется устойчивый поток воды юго-западного направления на период с 7 по 8 ноября или северо-восточного направления на период с 16 по 17 ноября, что существенно превышает полусуточный период приливной волны, характерный для Амурского залива (Супранович, Якунин, 1976), который, по-видимому, является частью замкнутой циркуляции в бухте Мелководной циклонического или антициклонического направления.

Таким образом, течения в бухте Воевода в основном определяются непериодической компонентой, приливная компонента слаба. Основные факторы, определяющие течение: динамика вод Амурского залива, сток р. Русской в период открытой воды и ветер.

Гидробиология

Всего на исследованном побережье было обнаружено 6 участков, занятых зарослями zostеры (рис. 3).

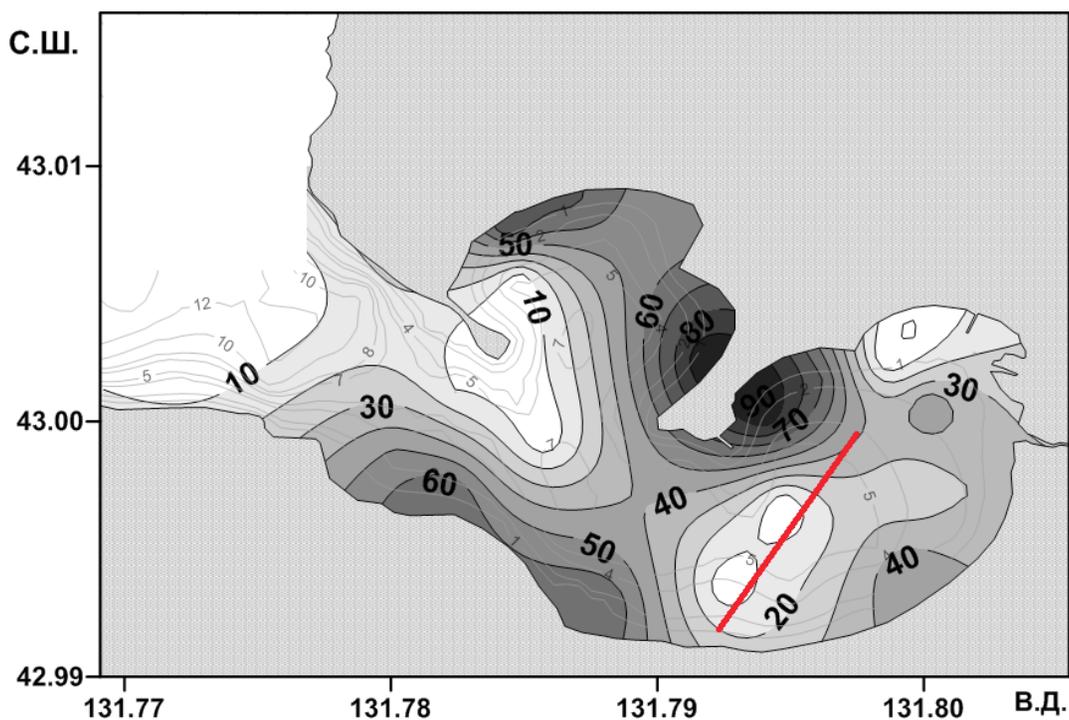


Рис. 3. Карта распространения зарослей зостеры *Zostera marina* в бухте Воевода (в процентах покрытия). Красная линия — положение сейсмоакустического профиля

Fig. 3. *Zostera marina* distribution in the Voevoda Bay, % of projective coating. Red line indicates the seismoacoustic profile

Все участки характеризуются наличием илистых и илисто-песчаных грунтов и располагаются в верхней сублиторали, на глубинах не более 10 м. Поселения зостеры расположены в спокойных, защищенных от волнового воздействия местах, таких как южное побережье бухты Воевода, бухты Круглая и Мелководная. Самые большие участки зарослей зостеры отмечены в кутовых частях бухт Круглой и Мелководной. Здесь зостера образует целые «поля» с площадью в бухте Круглой 900 x 400 м² и в бухте Мелководной 1000 x 500 м². Плотность произрастания взморника различна, в зависимости от места его нахождения. В кутовых частях бухт Мелководной и Круглой биомасса достигает 3 кг сырой массы на 1 м² при проективном покрытии 100 %. В среднем для всей бухты Воевода биомасса зостеры составляет 0,5–1,5 кг сырой массы на 1 м² (см. таблицу).

Известно, что зостера размножается вегетативно и семенами (Лысенко, 1985). Опыление зостеры и распространение ее семян происходят при участии морских течений, поэтому неоднородность в плотности её зарослей может быть вызвана динамикой вод. По-видимому, замкнутая циркуляция способствует осаждению семян в бухте Мелководной.

Геофизика

Географическая съемка была выполнена на площади бухты Мелководной и прилегающих к ней частей бухты Воевода (рис. 4). В бухте Мелководной поверхность акустического фундамента (скальное основание) обнажается в южной части бухты и полого погружается в северном направлении до глубины примерно 21 м ниже уровня моря. Выше залегает слой слабо стратифицированных отложений толщиной 3–7 м, заполняющий неровности рельефа фундамента и полого воздымающийся в юго-западном направлении. В юго-западной части профиля на глубине около 10 м ниже уровня моря этот слой выклинивается на склоне скального основания. Вероятно, данный слой представлен песками и галечниками, отложенными во время осушения площади

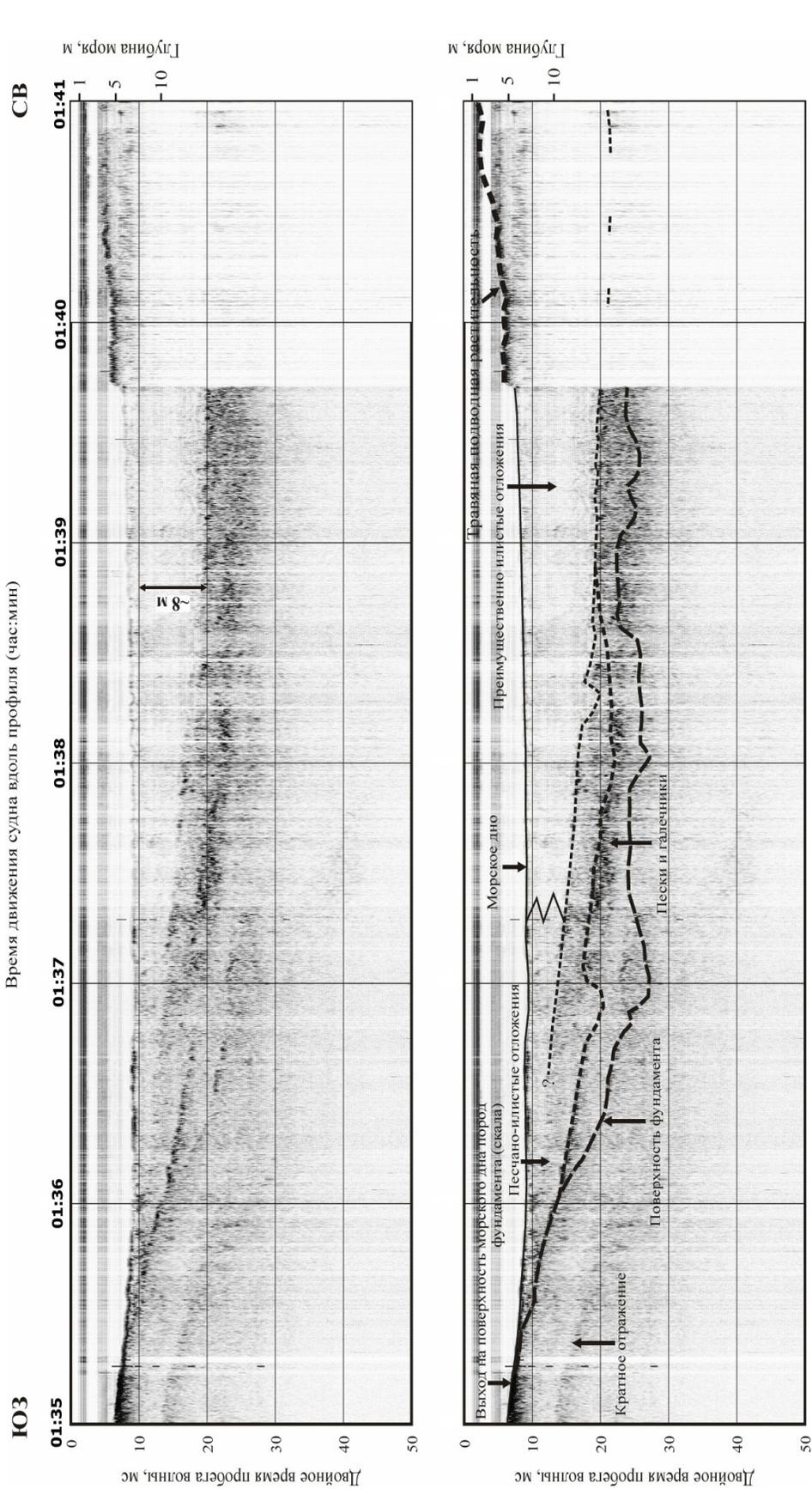


Рис. 4. Сейсмоакустический профиль, иллюстрирующий строение осадочных отложений в бухте Мелководной. Вверху — исходный профиль, внизу — интерпретированный разрез. Положение профиля показано на рис. 3

Fig. 4. Seismoacoustic profile of the bottom sediments in the Melkovodnaya Bight (upper panel) and its interpretation (bottom panel). The profile position is shown on Fig. 3

Показатели зарослей *Zostera marina* в бухте Воевода
Parameters of *Zostera marina* thickets in the Voevoda Bay

№ ст.	Координаты с.ш.	Координаты в.д.	Глубина, м	Проективное покрытие, %	Биомасса, кг сырой массы/м ²	Высота пласта, см	Тип грунта	Сопутствующие виды трав, водорослей и т.д.
1	43,00007	131,47548	2,2	100	3,2	1,5	Ил (мяг.)	–
2	43,00096	131,47693	1,8	70	1,2	1,5	Ил (мяг.)	Саргас. блед.
3	43,00144	131,47847	1,6	–	–	–	Ил (песч.)	Ракушка
4	43,00038	131,47951	4,0	50	0,800	1,5	Ил (мяг.)	–
5	43,00000	131,47554	3,1	–	–	–	Ил	–
6	42,59846	131,47915	3,5	20	0,300	1,8	Ил (мяг.)	–
7	42,59672	131,47582	6,0	15	0,100	1,0	Ил (мяг.)	Саргас. блед.
8	42,59610	131,47444	6,0	3	0,030	1,0	Ил (мяг.)	–
9	43,00195	131,47921	1,6	–	–	–	Ил	–
10	43,00249	131,47896	0,5	–	–	–	Ил (мяг.)	–
11	42,59832	131,48058	2,0	30	0,600	1,6	Ил (мяг.)	Саргас. блед.
12	42,59645	131,47888	2,5	50	0,300	0,5	Ил (песч.)	Греб., трепанг
13	42,59569	131,47158	3,0	70	1,0	0,5	Ил (мяг.)	Гребешок
14	43,00338	131,46939	5,0	2	0,200	0,5	Ил (мяг.)	–
15	43,00451	131,46913	1,6	80	2,2	1,0	Ил (мяг.)	–
16	43,00504	131,47086	1,7	70	2,0	1,0	Ил (мяг.)	–
17	43,00469	131,47285	2,0	50	1,0	0,3	Ил (мяг.)	–
18	43,00144	131,47396	1,6	100	2,0	0,4	Ил (песч.)	–
19	42,59809	131,47591	6,0	1	0,050	0,2	Ил (мяг.)	Ламинария
20	42,99729	131,77953	8,0	70	1,0	1,0	Ил (песч.)	–
21	42,99897	131,77715	9,0	50	0,700	1,0	Ил (песч.)	–
22	42,00126	131,77956	9,0	10	0,200	1,0	Ил (песч.)	–
23	43,00528	131,7728	12,0	2	0,020	0,5	Ил (песч.)	–
24	43,00221	131,76914	13,0	3	0,025	0,5	Ил (песч.)	–

бухты в период последнего понижения уровня моря ручьями, впадающими в бухту. В верхней части разреза распространен слой акустически прозрачных образований толщиной до 9 м, представленных лечебными глинами. В юго-западной части профиля в слое наблюдаются локальные внедрения акустически слабо стратифицированных осадков — вероятно, линз песков. Общая мощность осадков в изученной части бухты достигает 15 м. Определению мощности и строения осадков в северной части бухты мешает наличие здесь подводной травяной растительности в частности *Z. marina*, экранирующей сигнал. Тем не менее в разрезе на глубине около 16 м ниже уровня моря присутствуют локальные отражения. Если предположить, что они соответствуют породам фундамента, то тогда мощность осадков здесь может составлять около 13 м.

Из полученных результатов следует, что, благодаря сравнительно небольшому водообмену кутовой части бухты Воевода с внешней средой, органическое вещество, синтезированное в пределах бухты Воевода, остается в ней. Известно, что зоостера является наиболее продуктивным видом из морских трав. На основе экспериментальных данных было установлено, что средняя «чистая» продукция органического вещества зоостерой в летний сезон равна 4,8 гС/(м² · сут) (McRoy, 1974). Именно органическое вещество, поступающее в донные отложения кутовой части бухты Воевода, формирует лечебные свойства илов. В то же время обогащенные органическим веществом илы являются благоприятной средой для дальнейшего роста зоостеры, т.е. существует взаимосвязь между распространением данного растения и существованием лечебных глин.

Выводы

Бухта Мелководная представляет собой водоем с низким уровнем водообмена. Внутри бухты формируется циклоническая и антициклоническая циркуляция соот-

ветственно при юго-восточном и северо-западном ветре. Замкнутая циркуляция способствует опылению растений и осаждению семян в данной акватории.

В бухте Воевода оценена биомасса полей zostеры, наибольшая биомасса достигает 3 кг сырой массы на площади 1 м² при проективном покрытии 100 %. Нынешние участки, занятые zostерой в бухте Воевода, представляют собой мелководные районы, защищенные от внешних факторов Амурского залива.

По результатам сейсмоакустических исследований в бухте Мелководной установлено, что общая мощность слоя лечебных грязей достигает 15 м.

Авторы благодарят В.Н. Карнауха за предоставленный материал по сейсмоакустическим исследованиям в бухте Мелководной.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-35-00091 мол_а и программы Дальний Восток, грант № 15-1-1-010.

Список литературы

Амброз А.И. Сельдь (*Clupea harengus pallasi* С. V.) залива Петра Великого (биологический очерк) : Изв. ТИРХ. — 1931. — Т. 6. — 312 с.

Барabanщиков Ю.А., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю. и др. Диагенез органического вещества в донных осадках бухты Воевода и Амурского залива (Японское море) // 2-я Всерос. конф. с междунар. участием «Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы» : тез. докл. — Владивосток : ДВФУ, 2017. — С. 57–58.

Барabanщиков Ю.А., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю. и др. Сезонные гидролого-гидрохимические исследования бухты Воевода (Амурский залив, Японское море) // Изв. ТИПРО. — 2015. — Т. 180. — С. 161–178.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье : моногр. — Владивосток : ТИПРО-центр, 2011. — 112 с.

Гемп К.П. Новые методы исследования зарослей водорослей в Белом море // Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. — М. ; Л. : АН СССР, 1963. — Вып. 1. — С. 140–142.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы зал. Петра Великого (Японское море) // Сборник, посвященный научной деятельности Н.М. Книповича. — М. ; Л. : АН СССР, 1939. — С. 115–142.

Карнаух В.Н., Суховеев Е.Н., Листровая И.А. Высокоразрешающие сейсмоакустические исследования скоплений газа в голоценовых донных отложениях Амурского залива (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2011. — № 3. — С. 56–64.

Кафанов А.И., Лысенко В.Н. Биология морской травы *Zostera marina* // Биота и сообщества дальневосточных морей. Лагуны и заливы Камчатки и Сахалина. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1988а. — С. 93–113.

Кафанов А.И., Лысенко В.Н. О трофических ресурсах сообщества zostеры залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 1988б. — № 6. — С. 24–30.

Лысенко В.Н. Продукция макробентоса сообщества *Zostera marina* в северо-западной части Японского моря : дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — 187 с.

Лысенко В.Н. Экология креветок сообщества *Zostera marina* бухты Мелководная (Японское море) // Биология шельфовых зон Мирового океана : тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. — Ч. 1. — С. 45–46.

Ляшенко С.А. Особенности воспроизводства тихоокеанской мидии в бухте Воевода (остров Русский) // Изв. ТИПРО. — 2005. — Т. 140. — С. 352–365.

Паймеева Л.Г. Биология *Zostera marina* L. и *Zostera asiatica* Miki Приморья : дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИПРО, 1984. — 185 с.

Посадова В.П., Иванкова З.Г., Феденко И.М. Рыбные ресурсы залива Петра Великого и меры по их восстановлению и охране // Биология шельфовых зон Мирового океана : тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982. — Ч. 3. — С. 36–37.

Розанов А.Г. Иловые воды, диагенез осадков и обмен химическими компонентами на границе вода–дно // Химия морей и океанов. — М. : Наука, 1995. — С. 307–328.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого : моногр. 2-е изд., испр. и доп. — Владивосток : Дальнаука, 2011. — 431 с.

Ступникова Н.А. Экологические подходы к формированию, регенерации и активации лечебной грязи озера Утинового : дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский : НИГЦДВРАН, 2001. — 139 с.

Ступникова Н.А., Мурадов С.В. Экологическое значение биохимических процессов в механизмах формирования пелоидов // Эколого-экономические проблемы рационального природопользования Камчатки. — Петропавловск-Камчатский : КГ АРФ, 1998. — С. 55–60.

Супранович Т.И., Якунин Л.П. Гидрология залива Петра Великого : Тр. ДВНИГМИ. — Л. : Гидрометеиздат, 1976. — Вып. 22. — 198 с.

Karnaikh V.N., Astakhov A.S., Vereshchagina O.F. et al. Formation of subsurface shallow gas accumulations in Amurskiy Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) as a result of postglacial sea-level change, paleoceanographic conditions and hydrological activity // Marine Geology. — 2016. — Vol. 372. — P. 31–52.

McRoy C.P. Seagrass productivity: carbon uptake experiments in eelgrass, *Zostera marina* // Aquaculture. — 1974. — Vol. 4. — P. 131–137. DOI: 10.1016/0044-8486(74)90028-3.

Поступила в редакцию 26.12.17 г.

Принята в печать 26.02.18 г.