

ГОЛОЦЕНОВОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ДНА БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.Н. Карнаух, Е.А. Бессонова

В результате выполненных высокоразрешающих сейсмоакустических работ изучено строение осадочных отложений и поверхности акустического фундамента бухты Золотой Рог и прилегающей акватории. Установлено, что мощность осадков в депрессии бухты составляет 10–18 м. В осадочном разрезе депрессии бухты Золотой Рог выделены две толщи осадков, различающихся акустическим обликом, толщиной и условиями залегания. Сделан вывод о двух этапах накопления осадков. Во время первого этапа в период 10200–9300 лет назад происходило накопление осадков нижней толщи в условиях гляциоэвстатических колебаний уровня Мирового океана и высокой активности контурных течений. Второй этап начался 9300 лет назад вслед за повышением уровня моря и продолжается до настоящего времени. В верхней части осадочных отложений бухты Золотой Рог выделен тонкий слой акустически прозрачных осадков толщиной до 1.5 м. Данный слой предположительно сложен отложениями, возникшими в результате антропогенного воздействия на дно акватории и береговые склоны при хозяйственной деятельности в период освоения территории города и порта Владивосток.

Ключевые слова: высокоразрешающие сейсмоакустические исследования, осадки, рельеф дна, бухта Золотой Рог, Японское море.

Введение

Залив Петра Великого располагается в северо-западной части Японского моря и характеризуется наличием обширного мелководного шельфа с глубинами моря 20–100 м. В северной части залива располагается полуостров Муравьева-Амурского. От острова Русский полуостров отделен проливом Босфор Восточный. Бухта Золотой Рог располагается в южной части полуострова. Длина бухты около 7 км, ширина – около 700–1000 м. Бухта слабо изучена сейсмическими методами. Здесь в начале 1970-х гг. было пробурено несколько геологоразведочных скважин [1]. Интерпретация этих материалов показала, что ложе бухты заполнено осадками толщиной до 18 м. Общее строение ложа фундамента бухты, структура и особенности распределения мощности осадочных отложений остаются не исследованными до настоящего времени. Для решения этих вопросов в 2017 г. Тихоокеанский океанологический институт

им. В.И. Ильичева ДВО РАН произвел здесь площадную съемку, в которой выполнялись высокоразрешающие сейсмоакустические и батиметрические исследования.

■ Исходные данные и результаты работ

Работы проводились методом непрерывных профильных наблюдений с применением высокочастотного профилографа GeoPulse Subbottom Profiler. Использовался сигнал с частотой 3,5 кГц. Скорость судна при работах составляла около 6 узлов. Попутно осуществлялся промер глубин дна моря с использованием судового эхолота. Расстояние между профилями составляло около 50 м. Получен 421 км профилей (рис. 1). Новые данные вместе с материалами предшествующих исследований [2, 3] были использованы для составления карты рельефа дна бухты Золотой Рог, части пролива Босфор Восточный и прилегающей акватории Амурского залива (рис. 2).

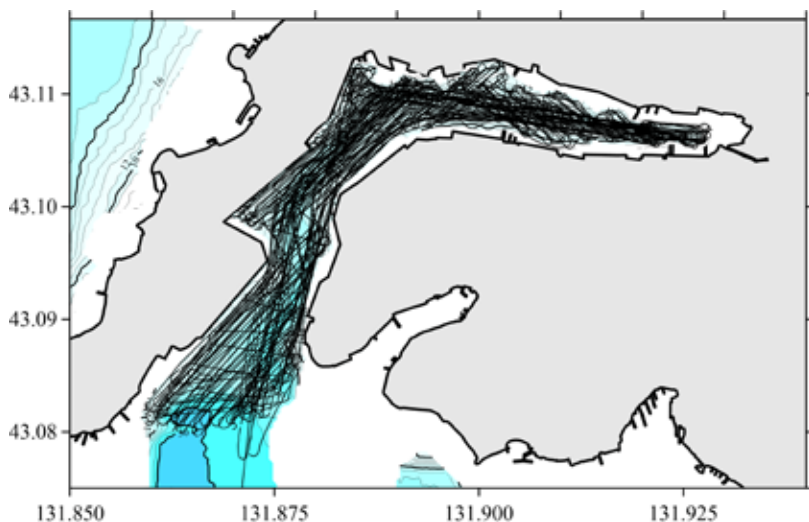


Рис. 1. Карта расположения профилей высокоразрешающих сейсмоакустических исследований в бухте Золотой Рог

В результате выполненных работ установлено, что дно бухты представляет собой корытообразную депрессию, простирающуюся от северо-восточного в ее южной части до субширотного в ее северной части. В северной части бухты глубина дна моря составляет 1–18 м. В южной части бухты глубина дна моря увеличивается до 26–28 м в месте ее сочленения с проливом Босфор Восточный. В проливе дно моря резко расчленено подводными валами, а его глубина составляет 20–34 м.

В результате обработки полученных сейсмоакустических данных оказалось возможным оценить общее строение бухты Золотой Рог, на большей части площади исследования выделить поверхность погребенного скального основания, оценить мощность рыхлых осадочных отложений и выделить основные отражающие границы в осадочном чехле. Это позволило впервые установить общее геологическое строение, положение границ

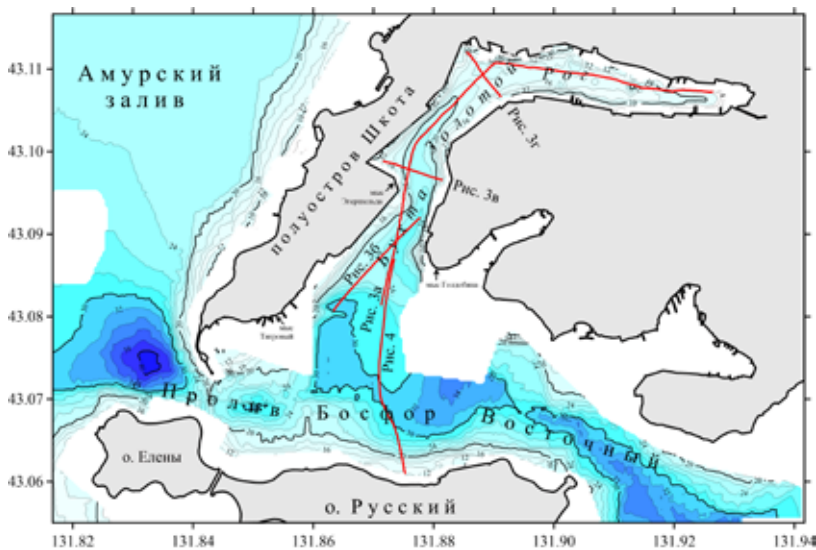


Рис. 2. Карта рельефа дна бухты Золотой Рог, пролива Босфор Восточный и прилегающей акватории Амурского залива. Изобаты проведены через 2 м

основных комплексов грунтовой толщи и определить особенности залегания коренных пород.

На рис. 3–4 показаны примеры сейсмоакустических профилей, иллюстрирующих строение осадочных отложений и рельефа поверхности акустического фундамента бухты Золотой Рог и пролива Босфор Восточный. Анализ полученного материала показывает, что практически на всех сейсмоакустических разрезах выделяется поверхность акустического фундамента (АФ), характеризующаяся изрезанным рельефом в депрессии бухты. Эта поверхность, предположительно, соответствует кровле коренных пород. Последние перекрыты акустически проницаемыми образованиями, характеризующимися переменным акустическим обликом, различными условиями залегания и соответствующим рыхлым осадочным отложениям.

Имеющееся количество сейсмоакустических данных позволило уверенно увязать между собой профили, отработанные вдоль и поперек бухты, выделить и проследить на сейсмических разрезах кровлю коренных пород. В результате оказалось возможным определить мощность рыхлых осадочных отложений и составить карту их мощности (рис. 5). При вычислении толщины осадков использовано усредненное значение скорости звука в них 1600 м/с.

Для удобства описания геологического строения можно условно разделить акваторию бухты на три участка или области. Первая, северная область располагается в части бухты примерно к востоку от меридиана 131.89° в.д. и имеет субширотное простираение. Вторая, центральная область, располагается в части бухты, имеющей северо-восточное простираение. Третья, южная область, занимает часть бухты южнее параллели 43.095° с.ш., характеризуется восток-северо-восточным простираением.

В результате исследований выяснилось, что депрессия бухты Золотой Рог заполнена осадочными отложениями, мощность которых увеличивается в юго-западном направлении от 4–6 м до 20–27 м. В северной части бухты мощ-

ность осадочных отложений относительно невысока и составляет 6–15 м. В центральной области бухты наблюдается незначительное увеличение толщины осадков до 16–17 м. В южной части бухты наблюдаются наибольшие значения мощности осадочных отложений. Здесь толщина осадков достигает 15–27 м. На участке между мысами Тигровый и Голдобина в осевой части бухты наблюдается резкое увеличение мощности осадочных отложений – до 20–22 м. Это происходит в пределах осадочного тела в виде хребта юго-восточного простирания, являющегося, предположительно, погребенным береговым валом, сформированным в геологическом прошлом в период низкого стояния уровня моря. В проливе Босфор Восточный толщина осадков составляет 5–25 м.

Используя сведения о глубинах в бухте Золотой Рог, полученные в результате эхолотной съемки, нами выполнено вычисление глубины залегания поверхности акустического фундамента, сопоставляемого нами с кровлей скального основания или плотными консолидированными осадочными отложениями (валунно-галечные слои). В результате оказалось возможным составить карту глубины залегания поверхности акустическо-

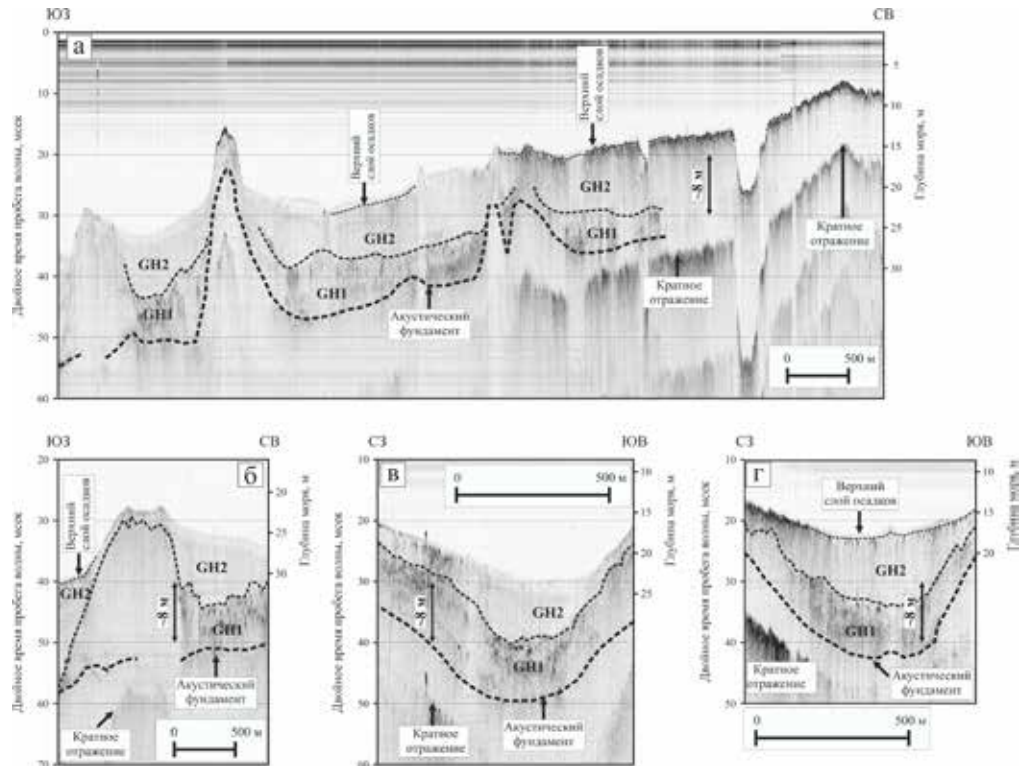


Рис. 3. Примеры высокоразрешающих сейсмоакустических профилей, иллюстрирующих общее строение осадочных отложений и поверхности акустического фундамента бухты Золотой Рог. Положение профилей показано на рис. 2.

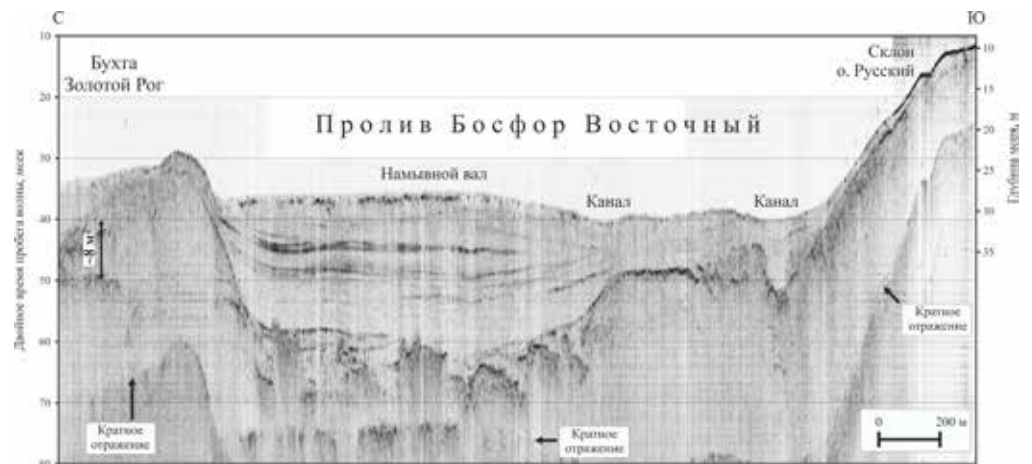


Рис. 4. Пример высокоразрешающего сейсмоакустического профиля, иллюстрирующего общее строение осадочных отложений и поверхности акустического фундамента пролива Босфор Восточный. Положение профиля показано на рис. 2.

го фундамента (рис. 6). Установлено, что поверхность акустического фундамента бухты полого погружается в юго-западном направлении от, примерно, 10 м ниже уровня моря в восточной части бухты до 40–46 м на участке между мысами Тигровый и Голдобина. В северной, субширотной части бухты АФ располагается на глубинах до 30 м. В центральной части бухты АФ лежит на глубине до 40 м. Наиболее погруженной является южная часть бухты, где акустический фундамент погружается до глубины 40–48 м. В проливе Босфор Восточный глубина залегания поверхности фундамента достигает 56 м.

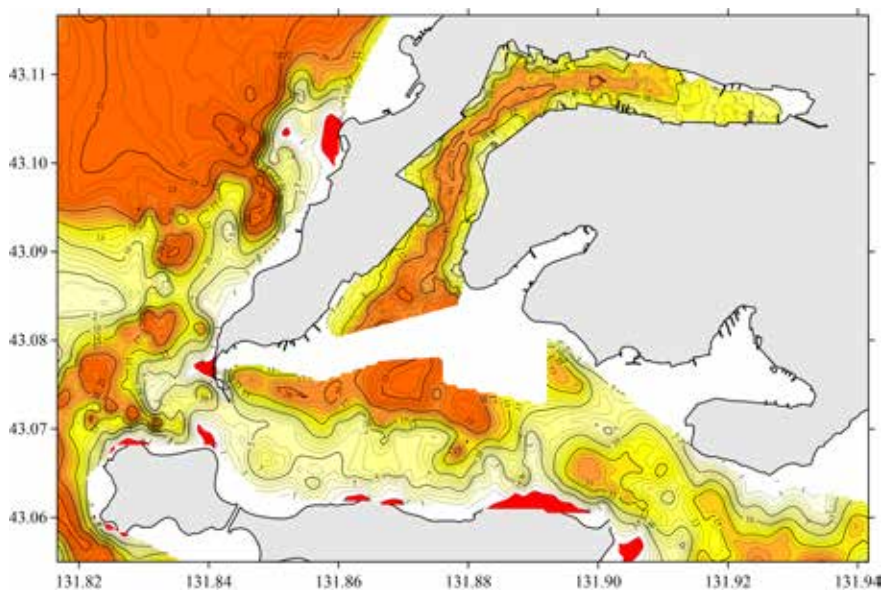


Рис. 5. Карта мощности осадочных отложений бухты Золотой Рог, пролива Босфор Восточный и прилегающей акватории Амурского залива. Изопахиты проведены через 1 м

Анализ полученных данных показывает, что осадочные отложения бухты Золотой Рог характеризуются переменным акустическим обликом. Так, в депрессии бухты выделяются две толщи осадков, снизу вверх, GH1 и GH2, различающиеся мощностью отложений, характером залегания слагающих их слоев, акустическим обликом и размещением их депоцентров. Граница между толщами невыдержанная и представляет поверхность раздела пород различных литологических разновидностей. В основании осадочного разреза бухты Золотой Рог залегают осадки толщи GH1. Они характеризуются контрастным акустическим обликом. В основании разреза, как правило, залегают образования,

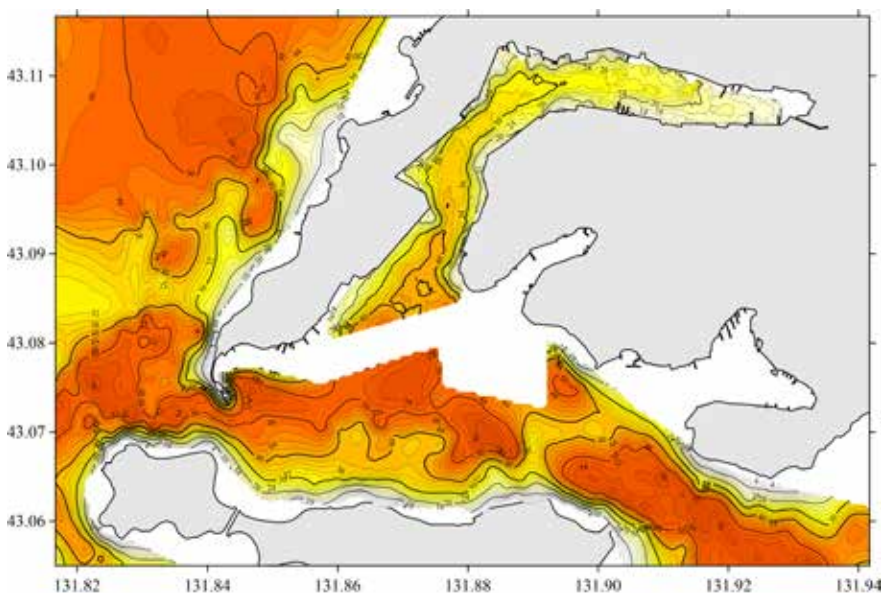


Рис. 6. Карта поверхности акустического фундамента бухты Золотой Рог, пролива Босфор Восточный и прилегающей акватории Амурского залива. Изогипсы проведены через 2 м

характеризующиеся хаотическими отражениями переменной интенсивности. Переход между толщами GH1 и GH2 на значительной части бухты постепенный и часто формируется посредством косослоистого переслаивания отражающих горизонтов в кровле GH1. Как правило, осадки GH1 залегают с общим наклоном в юго-западном направлении. Анализ структурного облика отложений GH1 показывает, что их отложение происходило под действием двух процессов. Во-первых, это процесс гравитационного переноса осадков в направлении глубоководных частей пролива Босфор Восточный. Во-вторых, это процессы, связанные с активностью придонных контурных течений [3,4].

Отложения GH1 по площади бухты Золотой Рог распределены неравномерно (рис. 7, а). В северной части бухты мощность отложений GH1 относительно невысока и составляет 3–7 м, а депоцентр смещен к южным берегам бухты. В центральной части бухты мощность отложений GH1 увеличивается до 12 м, а депоцентры располагаются вблизи береговой черты. Отложения GH1 в южной части бухты характеризуются наибольшими значениями мощности. Здесь их толщина увеличивается до 19 м и выделяется два депоцентра. Первый располагается вдоль полуострова Шкота, и толщина осадков GH1 в нем достигает 11 м. Второй депоцентр находится в пределах осадочного тела погребенного берегового вала, располагающегося в месте сочленения бухты и пролива Босфор Восточный. В пределах вала толщина осадков GH1 резко увеличивается до 18 м. Формирование данного вала оказало существенное влияние на процесс дальнейшего отложения осадков. Фактически после его формирования вал стал естественным барьером на пути транспортировки осадков.

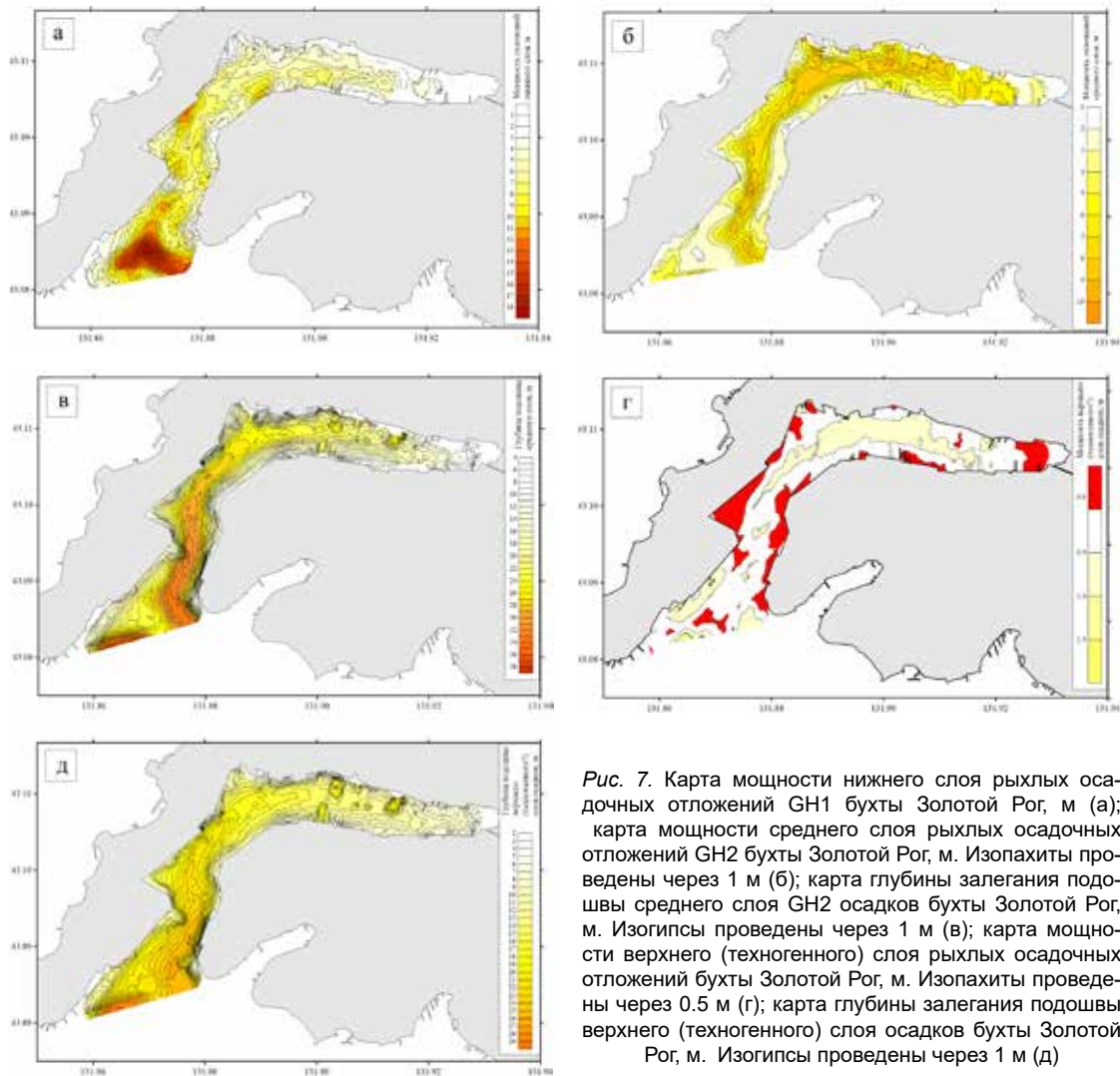


Рис. 7. Карта мощности нижнего слоя рыхлых осадочных отложений GH1 бухты Золотой Рог, м (а); карта мощности среднего слоя рыхлых осадочных отложений GH2 бухты Золотой Рог, м. Изопахиты проведены через 1 м (б); карта глубины залегания подошвы среднего слоя GH2 осадков бухты Золотой Рог, м. Изогипсы проведены через 1 м (в); карта мощности верхнего (техногенного) слоя рыхлых осадочных отложений бухты Золотой Рог, м. Изопахиты проведены через 0,5 м (г); карта глубины залегания подошвы верхнего (техногенного) слоя осадков бухты Золотой Рог, м. Изогипсы проведены через 1 м (д)

Для общего описания литологии осадков бухты Золотой Рог мы использовали результаты геологоразведочного бурения в бухте [1]. Можно предположить, что толща осадков GH1 представлена грубообломочными породами – гравийно-галечниковым и щебенистым грунтом (щебень скальных пород, местами слои дресвы и прослой супеси, слои песка) более высокой плотности. Наряду с участками, где данная поверхность характеризуется умеренными и сильными отражениями, имеются участки, где переход от осадков GH1 к отложениям GH2 постепенный, без признаков наличия уверенной границы. Это участки бухты, где нижняя толща, вероятно, представлена породами более низкой плотности, например песком. Это существенно осложняет разделение данных толщ на значительной части акватории бухты.

Толща GH2 распространена повсеместно и представлена акустически полупрозрачными образованиями и хаотическими отражениями низкой интенсивности. Как правило, кровля толщи (морское дно) характеризуется отражениями низкой интенсивности,

и лишь в отдельных местах наблюдаются участки высокоамплитудных отражений протяженностью первые десятки метров. В северной части бухты толщина GH2 составляет 2–9 м, а депоцентр, в противоположность к отложениям GH1, смещен к северным берегам бухты Золотой Рог (рис. 7, б). В центральной части бухты мощность GH2 несколько уменьшается и составляет 5–8 м, а депоцентр располагается по оси депрессии. В южной части бухты мощность отложений GH2 резко изменчива. Здесь выделяется два депоцентра. Первый располагается между погребенным береговым валом и восточными берегами бухты. Здесь толщина отложений GH2 составляет 4–9 м. Второй депоцентр располагается к югу от погребенного вала. Здесь мощность образований GH2 достигает максимальных для бухты Золотой Рог значений 5–15 м. Погребенный береговой вал, сложенный осадками GH1, покрыт тонким слоем толщиной 2–3 м отложений GH2. Осадки GH2 представлены илами, суглинками, супесями и ракушником [1].

В самой верхней части толщи GH2 выделяется слой акустически прозрачных осадков (верхний слой осадков), повторяющий рельеф морского дна (рис. 7, з). Иногда в подошве прозрачного слоя наблюдаются участки интенсивных отражений длиной от 10 до 100 м. По данным экологических изысканий этот слой представляет собой иловую пульпу с высоким содержанием нефтепродуктов. Вероятно, данный слой образовался вследствие техногенного воздействия: разрушения и размыва склонов бухты в результате строительства береговой портовой инфраструктуры (причалы, доки, подъездные автомобильные и железнодорожные пути), выноса осадочного материала в бухту и его последующего переотложения вместе с поднимаемым иловым материалом во время многочисленных дноуглубительных работ. Также в строении данного верхнего слоя участвуют нефтепродукты, твердые бытовые отходы и продукты канализационных выпусков. Нами выполнены выделение данного слоя, оцифровка положения его подошвы и вычисление его мощности. В среднем толщина этого слоя составляет 0.5–1.0 м, редко до немногим более 1.5 м. Данный слой повсеместно распространен в северной части бухты, где наибольшая плотность прибрежных промышленных объектов. Здесь его мощность составляет около 0.5 м. В центральной части бухты толщина техногенного слоя несколько уменьшается. Здесь область, ограниченная изобахитой 0.5 м, существенно меньше, чем в северной части бухты. В южной части бухты выделяется два депоцентра осадков верхнего слоя. Первый располагается в части бухты, прилегающей к полуострову Шкота. Здесь мощность осадков верхнего слоя достигает 0.5–1.0 м. Второй депоцентр находится в месте сочленения бухты Золотой Рог с проливом Босфор Восточный. Здесь толщина верхнего слоя увеличивается до 1.0–1.5 м.

Время накопления отложений GH1 и GH2 можно оценить на основе сопоставления осадочного разреза бухты Золотой Рог с отложениями близлежащего Амурского залива, характеризующегося сходными глубинами моря. Здесь, как и на акватории бухты, также выделяется два слоя осадков [2, 3, 5]. Нижний слой Амурского залива сформирован в период 10200–9300 лет назад и имеет сходный акустический облик с отложениями GH1. В начале данного периода осадконакопления уровень моря располагался ниже современного на 43–48 м, и затем происходил его постепенный подъем. Примерно 8200 лет назад уровень моря повысился до минус 25 м. На основании данного сопоставления мы полагаем, что отложения GH1 также были накоплены в период 10200–9300 лет назад.

Принимая во внимание тот факт, что отложения GH1 часто прослеживаются вверх по разрезу до изогипсы 20 м, мы полагаем, что они могут иметь смешанную природу. В наиболее глубоких депрессиях могут находиться осадки GH1 морского происхождения, а на склонах бухты могут быть распространены осадки GH1 континентальной природы. Отложение осадков GH2 началось 9300 лет назад вслед за повышением уровня моря и продолжается до настоящего времени. Осадки GH2 начали накапливаться в понижениях рельефа, сложенного образованиями GH1, и в итоге постепенно сгладили изначально изрезанный рельеф бухты.

Полученные нами сведения о внутреннем строении осадочных отложений бухты Золотой Рог в совокупности с данными по глубинам позволяют построить карты глубины залегания подошвы толщи GH2 (рис. 7, в) и основания верхнего (техногенного) слоя (рис. 7, д), что в совокупности с картой поверхности акустического фундамента (рис. 6) позволяет оценить последовательность изменения рельефа дна бухты Золотой Рог с момента начала накопления в ней осадочных отложений около 10200 лет назад и до настоящего времени.

Карта глубины залегания подошвы верхнего (техногенного) слоя осадков бухты Золотой Рог грубо повторяет особенности современного рельефа морского дна бухты (рис. 7, д), но вместе с тем показывает, каким был рельеф дна до начала урбанизации данного района. Карта глубины залегания подошвы слоя GH2 осадков бухты Золотой Рог (рис. 7, в) показывает палеорельеф морского дна, существовавший здесь примерно 9300 лет назад. Отчетливо видно, что в это время в бухте существовал узкий канал, который прослеживался в юго-западном направлении в интервале глубин от 20 до 34 м. Ось канала была смещена к северным и северо-западным берегам бухты. Глубина вреза в канале достигала 2–4 м. В настоящее время от этого канала сохранился лишь короткий отрезок, располагающийся между мысами Эгершельда и Голдобина.

Пролив Босфор Восточный является транзитной зоной для осадков, поступающих из бухты Золотой Рог. На это указывает существование каналов, по которым происходит перемещение водных масс и взвешенного осадочного материала (рис. 4). Глубина вреза в канале составляет 1–3 м.

Имеющиеся сведения о распределении по площади бухты Золотой Рог отложений верхнего слоя осадков бухты (техногенная пульпа илов) позволяют выполнить примерную оценку объема накопившихся здесь техногенных отложений. В результате

вычислений оказалось, что объем верхнего слоя равен 1995 тыс. м³. Данную цифру можно округлить до 2000 тыс. м³. Таким образом, в результате хозяйственной деятельности человека и его искусственного вмешательства в природные геологические процессы при освоении города Владивостока произошло интенсивное накопление осадков объемом около 2 млн м³.

Также нами для сравнения скоростей осадконакопления в периоды формирования отложений GH1 и GH2 проведена оценка их объема. В результате вычислений оказалось, что объемы слоев GH2 и GH1 примерно равны и составляют около 35 млн м³ каждый. Но, принимая во внимание, что толща GH1 накапливалась в период с 10200 лет до 9300 лет назад, т.е. 900 лет, а толща GH2 начала откладываться 9300 лет назад, можно сделать вывод, что темпы накопления осадочного материала в период накопления GH2 уменьшились примерно в 10 раз. Это может быть связано с резкой активизацией подводных течений, усилившихся около 8200 лет назад вслед за подъемом уровня моря, что стало препятствовать местному осаждению осадочного материала на акватории бухты и создавали благоприятные условия для его выноса в открытые части залива Петра Великого через канал пролива Босфор Восточный.

Заключение

Полученные сейсмоакустические материалы и их интерпретация позволили существенно уточнить геологическое строение района работ. На полученных профилях выделена поверхность акустического фундамента (кровля коренных пород) и проведено вычисление мощности рыхлых осадочных отложений. В осадочном разрезе депрессии бухты Золотой Рог выделены две толщи осадков, различающихся акустическим обликом, плотностью, пластичностью, мощностью и условиями залегания. Установлено, что общая мощность осадков в депрессии бухты составляет 10–18 м. Сделан вывод о двух этапах накопления осадков. Во время первого этапа, в период 10200–9300 лет назад, произошло накопление осадков нижней толщи мощностью до 18 м, имеющих смешанное происхождение – морское и континентальное. Второй этап начался около 9300 лет назад вслед за повышением уровня моря и продолжается до настоящего времени и представлен отложениями среднего слоя толщиной до 10 м. В верхней части осадочных отложений бухты Золотой Рог выделен тонкий слой акустически прозрачных осадков толщиной до 1.5 м. Данный слой, сложенный пульпой илов, предположительно возник-

ший в результате антропогенного воздействия на дно акватории и береговые склоны при хозяйственной деятельности в период освоения территории и хозяйственной деятельности порта Владивосток, имеет объем около 2 млн м³.

Исследования выполнены по теме гос. задания ТОИ ДВО РАН 121021700342-9

ЛИТЕРАТУРА

1. Рынков В.С., Шахгельдян И.Г., Полищук Л.Н. Четвертичные отложения прибрежной части шельфа залива Петра Великого // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 76–87.
2. Карнаух В.Н., Суховеев Е.Н., Листровая И.А. Высокочастотные сейсмоакустические исследования скоплений газа в голоценовых донных отложениях Амурского залива (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2011. № 3. С. 56–64.
3. Karnaukh 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.
4. Faugeres J.-C., Stow D.A.V., Imbert P., Viana A. Seismic features diagnostic of contourite drifts // Marine Geology. 1999. No. 162. P. 1–38.
5. Короткий А.М. Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции) // Вестн. ДВО РАН. 1994. № 3. С. 29–42.

Сведения об авторах

КАРНАУХ Виктор Николаевич, к.г.-м.н., доцент, зав. лаб. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичёва ДВО РАН

Адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

Область научных интересов: морская геология и геофизика, геоморфология

Тел.: +7 (423) 231-21-50

Факс: +7 (423) 231-25-73

E-mail: karnaukh@poi.dvo.ru

ORCID: 0000-0002-7030-2587

БЕССОНОВА Елена Александровна, к.г.-м.н., с. н. с.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичёва ДВО РАН

Адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

Область научных интересов:

геофизические исследования современных геологических отложений

Тел.: 8-908-988-0842

Факс: +7 (423) 231-25-73

E-mail: bessonova@poi.dvo.ru

ORCID: 0000-0002-6616-5268



HOLOCENE SEDIMENTATION AND FORMATION THE MODERN SEA BOTTOM RELIEF OF THE GOLDEN HORN BAY (PETER THE GREAT BAY. SEA OF JAPAN)

V.N. Karnaukh, E.A. Bessonova

As a result of the high-resolution seismoacoustic investigation performed, the structure of sedimentary deposits and the surface of the acoustic basement of the Golden Horn Bay and the adjacent water area were studied. It has been established that the thickness of sediments in the depression of the bay is 10–18 m. In the sedimentary section of the Golden Horn Bay depression, two sequences of sediments are distinguished, differing in acoustic appearance, thickness, and occurrence conditions. It is concluded that there are two stages of sediment accumulation. During the first stage, in the period 10200-9300 years ago, sediments of the lower strata accumulated under conditions of glacioeustatic fluctuations in the level of the World Ocean and high activity of contour currents. The second stage began 9,300 years ago following sea level rise and continues to the present. In the upper part of the sedimentary deposits of the Golden Horn Bay, a thin layer of acoustically transparent sediments up to 1.5 m thick was identified. This layer is presumably composed of sediments that arose as a result of anthropogenic impact on the bottom of the water area and coastal slopes during economic activities during the development of the city and the port of Vladivostok.

Keywords: high-resolution seismoacoustic investigation, Golden Horn Bay, sediments, bathymetry, Sea of Japan.

References

1. Rykov V.S., Shakheldyan I.G., Polischuk L.N. Chetvertichnyye otlozheniya pribrezhnoy chasti shelfa zaliva Petra Velikogo. Voprosy geologii i geofiziki okrainnykh morey severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana. FESC AS USSR. Vladivostok. 1974. P. 76–87.
2. Karnaukh V.N., Dukhoveev E.N., Listrovays I.A. Vysokorazreshayushchiye seismoakusticheskiye issledovaniya skopleniy gaza v golotsenovykh donnykh otlozheniyakh Amurskogo zaliva (Yaponskoye more). Vestnik FEB RAS. 2011. No. 3. P. 56–64.
3. Karnaukh 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.
4. Faugeres J.-C., Stow D.A.V., Imbert P., Viana A. Seismic features diagnostic of contourite drifts. Marine Geology. 1999. No. 162. P. 1-38.
5. Korotkiy A.M. Kolebaniya urovnya Yaponskogo morya i landshafty pribrezhnoy zony (etapy razvitiya i tendentsii). Vestnik FEB RAS. 1994. No. 3. P. 29–42.

Recommended citation:

Karnaukh V.N., Bessonova E.A. HOLOCENE SEDIMENTATION AND FORMATION THE MODERN SEA BOTTOM RELIEF OF THE GOLDEN HORN BAY (PETER THE GREAT BAY. SEA OF JAPAN). Underwater investigations and robotics. 2023. No. 1 (43). P. 77–84. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_08. EDN: VHND0A.

About authors

KARNAUKH Viktor Nikolaevich, Ph.D.-M. n., Docent, Head of Laboratory

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS

Address: 690041, Vladivostok, Baltiyskaya str., 43

Research interests: Marine geology and geophysics, geomorphology

Phone: +7 (423) 231-21-50

Fax: +7 (423) 231-25-73

E-mail: karnaukh@poi.dvo.ru

ORCID: 0000-0002-7030-2587

BESSONOVA Elena Aleksandrovna, Ph.D.-M. n., Senior researcher

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS

Address: 690041, Vladivostok, Baltiyskaya str., 43

Research interests: Geophysical investigations of modern geological deposits

Phone: 8-908-988-0842

Fax: +7 (423) 231-25-73

E-mail: bessonova@poi.dvo.ru

ORCID: 0000-0002-6616-5268