



Результаты экспериментов в зоне размыва автомагистрали



Петр КОВАЛЕВ
Peter D. KOVALEV

Алексей ГОРБУНОВ
Alexey O. GORBUNOV



Филипп ПЛЕХАНОВ
Philip A. PLEKHANOV

Виталий ЗАРОЧИНЦЕВ
Vitaly S. ZAROCHINTSEV



Исследования волнового режима и трансформации прибрежного рельефа в районе интенсивного разрушения автомобильной дороги Южно-Сахалинск – Оха, начатые в 2007 году, были продолжены и в 2012–2013 годах. Проведены три подробные донные батиметрические съемки, одна из которых показала существенное изменение рельефа. Сравнение результатов регулярных съемок и анализ синоптической обстановки позволили заключить, что наиболее заметные изменения происходят в осеннее-зимний период, когда энергия циклонов максимальна, и это необходимо учитывать для обеспечения безопасности движения по транссахалинской автодороге.

Ключевые слова: автомагистраль, зона размыва, натурные наблюдения, батиметрические съемки, сравнительный анализ.

Ковалев Петр Дмитриевич — доктор технических наук, заведующий лабораторией волновой динамики и прибрежных течений Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия.

Горбунов Алексей Олегович — кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории цунами (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия.

Плекханов Филипп Андреевич — младший научный сотрудник лаборатории волновой динамики и прибрежных течений (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия.

Зарочинцев Виталий Сергеевич — аспирант, Южно-Сахалинск, Россия.

В предыдущих статьях, посвящённых заявленной тематике [5,9], проводился анализ данных батиметрических съемок и морского волнения, полученных Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН в 2009–2011 годах в ходе натурных экспериментов на юго-востоке острова в районе 104–109 км — места размыва берега и разрушения транссахалинской автодороги Южно-Сахалинск–Оха. Было установлено, что основной причиной разрушения являются инфрагравитационные (ИГ) волны [6,8], образующиеся при трансформации ветрового волнения и зыби на мелководье, вследствие модальной структуры которых появляются разрывные течения. Те в свою

очередь приводят к формированию квази-ритмических структур в виде ячеек, внутри которых обнаруживается размыв, а на их внешних границах — зоны аккумуляции, имеющие форму серповидных баров.

Для рассматриваемой акватории анализ энергетических спектров колебаний уровня моря (волнения) в диапазоне ИГ волн, зафиксированных с помощью автономных регистраторов волнения АРВ-11 и АРВ-12 (в разные годы устанавливалось от 4 до 9 приборов), показал, что при подходе штормов энергия ИГ волн возрастает на два, а иногда и три порядка по сравнению с тихой погодой.

Кроме того, обработка данных батиметрических съемок позволила обнаружить квазиритмичные структуры — фестоны, вытянутые цепочкой во вдольбереговом направлении с характерными размерами звена 500–700 на 200 м. Всего на исследуемом участке протяженностью около 4,0 км отчетливо выделяются семь таких ячеек. Севернее отмеченного участка такие структуры не выделяются, южнее же подобные структуры имеют меньшие размеры и глубины, постепенно нивелируясь к югу. Как показано в [7,8], это связано, по-видимому, с тем, что для формирования устойчивых инфрагравитационных краевых волн нужны специфические условия — период огибающей волны зыби должен соответствовать резонансному при определенном угле подхода. Поэтому наличие крупных фестонов на берегу и их продолжений на прилегающем взморье отмечено лишь на отдельных участках побережья о. Сахалин.

Поскольку анализ батиметрических данных не давал ясной картины о движении локальных зон размыва и аккумуляции наносов, батиметрические съемки были продолжены в последующие 2012–2013 годы и дали возможность получить дополнительный материал наблюдений, позволивший сделать более определенные выводы.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НАД ОХОТСКИМ МОРЕМ

Как было показано в работах [7,8], разрушению берега способствуют ИГ волны, интенсивность которых существенно увеличивается во время сильных штормов, поэтому целесообразно рассмотреть метео-

рологическую обстановку над Охотским морем.

Метеорологические процессы здесь носят хорошо выраженный муссонный характер, обусловленный контрастами в нагревании и охлаждении материка и океана. Распределение ветров по направлениям показывает их связь с атмосферными процессами и сменой знака преобладающих барических систем над сушей и морем от зимы к лету и от лета к зиме [2–4,10].

Зимой над Охотским морем господствует муссонный поток [3], обусловленный взаимодействием азиатского антициклона с алеутской депрессией. С ноября по март средний перенос воздушных масс имеет значительную интенсивность и направлен с континента на море (преобладает северная составляющая движения). В апреле-мае, наряду с уменьшением интенсивности переноса, изменяется его направление, которое можно охарактеризовать как неустойчивое с увеличением западной составляющей движения.

Анализ метеорологической обстановки для Охотского моря и, в частности, района размыва автодороги по данным гидрометеорологических служб России показал, что развитию штормового волнения способствуют штормовые ветры, вызванные прохождением циклонов, и значительная длина разгона волн [2,4]. Величины максимальных скоростей ветра в районе Сахалина наблюдаются в ноябре и декабре, когда возможны порывы ветра до 30–40 м/с [3,4]. Направление штормового ветра в центральной части моря зависит от расположения центра циклона, а так как положение его меняется, то и направление ветра не отличается стабильностью. В рассматриваемом нами районе в холодный период года преобладающее направление штормового ветра, при перемещении глубокого циклона над югом острова с юго-запада на северо-восток, — северное, северо-восточное и северо-западное, а в теплый период года отмечаются ветры переменных направлений.

Высоты волн в 4 м 1% обеспеченности наблюдаются в каждом месяце, повторяемость их составляет 15–20%, а высотой 8 м 1% обеспеченности — осенью с сентября по ноябрь, когда акватория моря свободна ото льда и частые шторма способ-



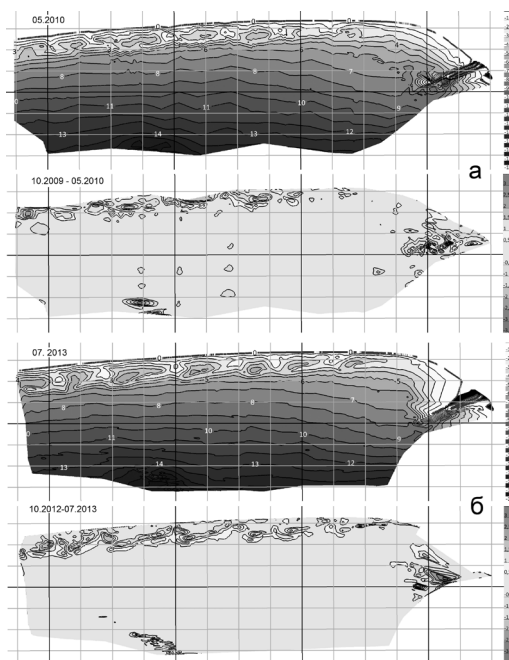


Рис. 1. Батиметрические карты и отражающие динамику рельефа для 2009–2010 (а) и 2012–2013 (б) годов для района размыва федеральной автодороги.

Pic. 1. Bathymetric maps reflecting the dynamics of relief for 2009–2010 (a) and 2012–2013 (b) for the area of federal highway erosion.

ствуют развитию штормового волнения. Повторяемость таких волн — 1–1.5%. Волны высотой 10 м и более встречаются в Охотском море крайне редко. Наиболее жестокие штормы в южной его части в период с января по май возникают при циклонах, формирующихся над акваторией южных морей и северо-западной частью Тихого океана [4]. При этом типе метеопроцессов отмечаются волны высотой в январе 6–8 м, в сентябре–декабре до 10 м.

Приведенные только что сведения были взяты из работ [2–4]. Также был обсчитан материал наших длительных измерений волнения в Охотском море в районе юго-восточного побережья о. Сахалин, который подтвердил предыдущие результаты, а кроме того показал, что высоты волн значением 8 м 1% обеспеченности иногда наблюдаются в июле.

По полученным в ходе экспериментов натурным данным установлены два случая значительного разрушения побережья с повреждением полотна федеральной автодороги, которые произошли в 2009–2010

и 2012–2013 годах. Оба этих случая относятся к осенне-зимнему периоду и в дальнейшем следует ожидать повторения таких ситуаций с разрушением берега именно в этот период.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ДОННОГО РЕЛЬЕФА

Батиметрические съемки в районе 104–109 км транссахалинской автодороги Южно-Сахалинск–Оха проводились регулярно с периодичностью около полугода с октября 2009 по июль 2013. В распоряжении ученых был катер «Ямаха» с установленным на нем картплоттером-эхолотом Lawrence XDS-5. Эхолотные профили выполнялись перпендикулярно берегу через 200 м, на удаление до 2,0 км. Данные эхолота обрабатывались специальной программой, разработанной Ф. А. Плехановым, и на их основе создавались батиметрические карты и карты разности рельефа, показывающие изменение глубин по сравнению с предыдущими измерениями.

Часто разница между двумя промерами (батиметрическими картами), сделанными через полгода, и особенно в весенне-летний период, была невелика, и определить направление смещения фестонов и перемещения донного грунта не представлялось возможным. До 2013 года только в одном случае — при сравнении батиметрических карт осени 2009 и весны 2010 годов — обнаружены значительные различия (рис. 1а). И лишь в 2013 году при сравнении батиметрий осени-весны (рис. 1б) вновь получены похожие результаты изменений донного рельефа.

На батиметрических картах 2010 и 2013 годов выделяются семь хорошо выраженных квазиритмических структур в виде ячеек, образованных выпуклым в сторону моря валом с одной стороны и вогнутостью берега с другой. Формирование отмеченных структур хорошо согласуется с существующими представлениями о влиянии краевых волн на формирование прибрежного рельефа [7,8].

На картах (рис. 1), отражающих изменения донного рельефа в периоды съемок 2009–2010 и 2012–2013 годов, соответствующих литодинамическим процессам в осенне-зимний период, в прибрежной

зоне отчетливо видно перераспределение прибрежно-морских наносов: и в первом и во втором случаях произошло смещение наносов гребня фестончатого вала и его самого на большую глубину, при этом участки вала, примыкающие к берегу, характеризовались увеличением крутизны склонов за счёт размыва подошвы и аккумуляции на гребне.

Так же заметно, что наносы около самого берега имеют тенденцию к размыву. Оттягивание гребня вала в глубокую зону происходит за счёт более сильного штормового волнения в холодный период с более высокими волнами, — во время штормов наносы имеют тенденцию переноса от берега в сторону моря, кроме того, глубина над гребнем вала тесно и прямо зависит от высоты волн. [4].

Следует заметить, что изменения донного рельефа за летний период невелики, хотя ритмические структуры в прибрежной зоне тоже выделяются, но в гораздо меньшей степени, чем в рассмотренных ранее случаях.

Кроме того, батиметрические съёмки 2013 года позволили подтвердить ранее сделанные предположения о том, что условия формирования устойчивых краевых волн достаточно жесткие, и поэтому вдольберегового смещения квазиритмических форм не происходит, а интенсивные литодинамические процессы наблюдаются, как правило, в осенне-зимний период в годы активного циклогенеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ метеорологической обстановки над Охотским морем и районом размыва автодороги по данным гидрометеорологических служб России свидетельствует, что величины максимальных скоростей ветра в районе Сахалина наблюдаются в ноябре и декабре при активном циклогенезе и способствуют развитию штормового волнения в море. Это необходимо учитывать для обеспечения безопасности движения по транссахалинской автодороге Южно-Сахалинск—Оха.

Сравнение донного рельефа по результатам батиметрических съёмок, выполненных с октября 2009 по июль 2013 года, показало формирование чередующихся зон

размыва и аккумуляции наносов в форме серии серповидных баров на участке изучаемого взморья в зимние периоды, что связано с циклонической деятельностью в этот сезон года. При этом интенсивные перераспределения наносов в прибрежной зоне происходили не каждый сезон, а только в периоды 2009—2010 и 2012—2013 годов, когда наблюдались наиболее сильные циклоны.

Длительные батиметрические съёмки в течение четырех лет с периодичностью полгода позволили подтвердить, что оправдываются ранее сделанные предположения о жестких условиях формирования устойчивых краевых волн, и поэтому есть основание считать: существенного вдольберегового смещения квазиритмических форм не происходит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В. В., Игнатов Е. И., Сафьянов Г. А., Чистов С. В. Защита берегов залива Терпения методом компенсации дефицита наносов // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. — 215 с.
2. Дашко Н. А., Варламов С. М., Мызникова И. Э. Исследование циклонов, выходящих на Охотское море, с целью прогноза их перемещения и эволюции // Региональные вопросы синоптической метеорологии и климатологии/ Дальневост. ун-т. — Владивосток, 1988. — С.138—151.
3. Дашко Н. А. Особенности зимнего режима ветров на Охотском море // Труды Гидрометцентра СССР. —1979. — Вып. 216. — С. 110—119.
4. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов//Ч.1.: Волновые процессы. — М. — Л.: Морской транспорт, 1946. — 496 с.
5. Ильинский О. К., Егорова М. В. Циклоническая деятельность над Охотским морем в холодное полугодие // Труды ДВНИГМИ. —1962. — Вып. 14. — С. 34—38.
6. Ковалев П. Д., Шевченко Г. В., Зарочинцев В. С. Натурные эксперименты в зоне автомагистрали Сахалина// Мир транспорта. — 2011. — № 3. — С. 40—45.
7. Ковалев П. Д., Шевченко Г. В., Ковалев Д. П. Исследование динамики прибойных биений у юго-восточного побережья о. Сахалин // Метеорология и гидрология. — 2006. — № 9. — С.76—87.
8. Леонтьев И. О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. — М.: Геос, 2001. — 272 с.
9. Рабинович А. Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. — Л.: Гидрометеоиздат, 1993. — 240 с.
10. Шевченко Г. В., Горбунов А. О., Куркин А. А., Катаева Л. Ю. Геоморфологические и гидродинамические условия разрывов полотна главной автомобильной магистрали Сахалина//Наука и техника транспорта. — 2010. — № 3. — С. 60—70.
11. http://primpogoda.ru/articles/morya_okeany/shtorma_v_ohotskom_more/ [Электронный ресурс]: Доступ 23.01.2014.

