

УДК 551.46

© Д.П.Ковалев, 2013

Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г.Южно-Сахалинск  
kovalevdp@imgg.ru

### Экстремальный сгон у юго-восточного побережья о.Сахалин

Выполненные натурные исследования волновых процессов в прибрежной зоне вблизи пос.Взморье (о.Сахалин) позволили получить цифровую запись экстремального ветрового сгона редкой повторяемости, наблюдавшегося при прохождении циклона над северной частью острова. Проведен анализ метеорологических условий возникновения сгонной волны и ее спектральных характеристик. Рассмотрена динамика ветрового волнения и зыби. Установлено, что при сгоне наблюдается существенное уменьшение амплитуд волнения, вплоть до окончания сгона, после чего замечен даже некоторый подъем.

**Ключевые слова:** натурные наблюдения, ветровой сгон, редкая повторяемость, зыбь, ветровое волнение.

Крупномасштабные повышения и понижения уровня моря, обусловленные воздействием касательного напряжения ветра и градиента приземного атмосферного давления при прохождении над акваторией моря глубоких циклонов – штормовые нагоны и сгоны, представляют серьезную опасность для побережья о.Сахалин и Курильских островов. Так, штормовые нагоны сами по себе вызывают затопление прибрежных участков, и на фоне повышения уровня моря резко усиливается действие штормового волнения. При сгонах происходит понижение уровня моря и возможна посадка на мель у причала судов со всеми вытекающими последствиями, а также осушение водозабора охлаждающих систем энергостанций.

Согласно инструкции федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды от 23 августа 2002 г., сгонно-нагонные явления отнесены к опасным морским гидрометеорологическим явлениям. Критическое понижение уровня в прибрежной зоне моря или морском устье реки под воздействием нагонного ветра для каждого пункта устанавливает УГМС и при его наступлении передается сообщение тревоги. Так, например, для м.Сопочная Карга критический уровень, определенный ГМО-1 Диксон ГУ «Архангельский ЦГМС-Р», составляет всего 50 см. Поэтому изучение сгонно-нагонных явлений и условий, способствующих их проявлению, имеет не только научный, но и практический интерес, обусловленный в первую очередь безопасностью проживающего в прибрежной зоне населения.

В работе [1] рассмотрены сгонно-нагонные колебания уровня на юго-восточном побережье о.Сахалин для циклонов, проходящих через юг острова. Такие циклоны вызывают значимый сгон только в вершине зал.Терпенья, в районе г.Поранайска, т.е. существенно севернее, чем пос.Взморье, где проводилась регистрация волнения.

В 2010 г. в районе пос.Взморье (юго-восточное побережье о.Сахалин), в мае-октябре проводилась регистрация волнения с целью изучения условий размыва побережья. Использовались установленные на морском дне на приборной раме с поверхностным бумом автономные цифровые регистраторы волнения АРВ12, изготавливаемые СКТБ «ЭлПА» (г.Углич), с разрешающей способностью  $\pm 0.2$  мм водяного столба от верхнего предела измерений, при дискретности измерений в одну секунду. Более подробно эти приборы рассмотрены в работе [2]. При анализе записей колебаний уровня на датчиках приборов № 24 (располагался мористее) и № 38, выполнявших качественную регистрацию, был визуально обнаружен существенный сгон. Данное явление представляет инте-

рес еще и потому, что в основном регистрируются нагонные явления (сгонам посвящено гораздо меньше публикаций), а также то, что ветровой сгон такой величины крайне редок и имеет повторяемость до одного раза за 100 лет. Анализу этого явления и сопутствующей метеорологической обстановки посвящена настоящая работа.

**Анализ колебаний уровня моря.** Полученные ряды наблюдений с секундной дискретностью были подвергнуты низкочастотной фильтрации и из них вычтен предвычисленный прилив. Остаточные непериодические вариации уровня обусловлены метеорологическими явлениями – колебаниями приземного атмосферного давления и скорости ветра. Обычно они сравнительно невелики, их среднеквадратическая амплитуда составляет 10–12 см. На их фоне резко выделяется значительное понижение уровня – до 60 см. Остаточные ряды для этой ситуации и двух станций приведены на рис.1.

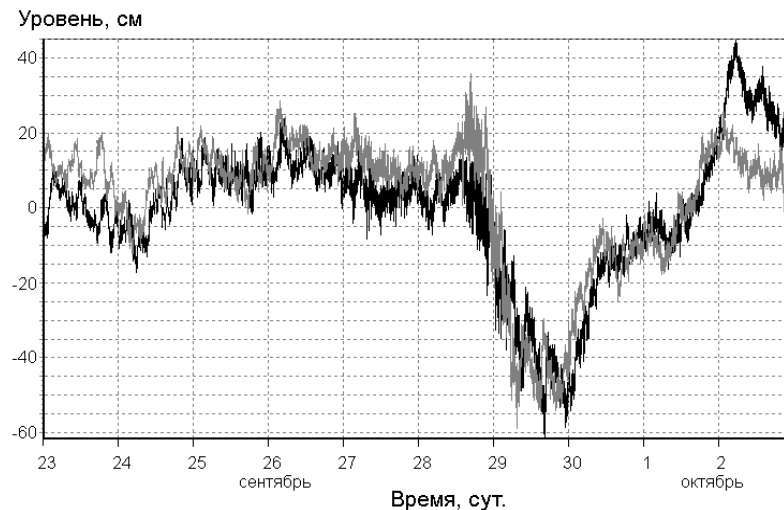


Рис.1. Временной ход колебаний уровня моря на ст. № 24 (серый цвет) и № 38 (темный).

Для оценки проявления сгона на побережье также были привлечены данные измерения уровня моря со станций пос.Стародубск и Поронайск Российской службы предупреждения о цунами. На этих станциях хорошо выделяется существенный сгон: в пос.Поронайск его величина составила около 50 см, в пос.Стародубск – около 30 см. Однако данные характерны минутной дискретностью и большими пробелами в записях, особенно сильно проявившихся в период существования сгона.

Согласно данным прежних лет, значительные нагонные явления на юго-восточном побережье о.Сахалин обычно наблюдаются в районе г.Поронайска, что связано, по-видимому, с преимущественным прохождением циклонов через южную часть острова [3]. Величины сгонов редкой повторяемости и их доверительные интервалы для г.Поронайска и пос.Стародубское, которое находится в 40 км южнее пос.Взморье, приведены в табл.1.

Из приведенной таблицы и сравнительной оценки хорошо видно, что зарегистрированный сгон у пос.Взморье величиной около 60 см является крайне редким явлением с периодом повторяемости приблизительно раз в 100 лет.

Таблица 1

**Величины сгонов редкой повторяемости и их доверительные (68 %) интервалы (в см), рассчитанные по материалам наблюдений [1]**

Пункт (поселок)	Период повторяемости, годы		
	25	50	100
Поронайск	66.6±5.4	73.2±6.5	79.8±7.6
Стародубское	48.1±3.6	51.9±4.3	55.5±4.0

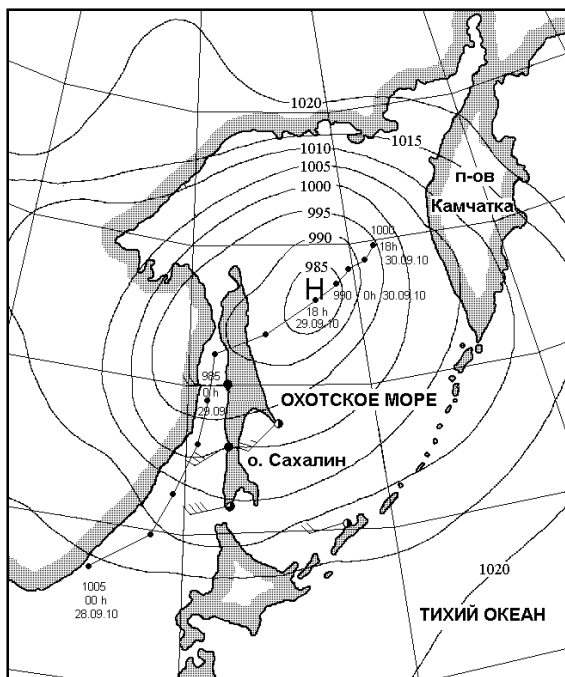


Рис.2. Карта региона и путь циклона по данным ГУ Сахалинское УГМС. Изобары и данные по ветру относятся к синоптической ситуации на 18 ч 29.09.2010 (GMT). Линия с точками – путь циклона, точки нанесены через 6 ч.

наблюдается возрастание энергии в достаточно широком диапазоне периодов – от 14 до 80 ч с максимумом около 55 ч. При затухании сгонной волны максимум раздваивается и образуются пики с периодами около 64 и 45 ч, что подтвердил и расчет энергетических спектров колебаний уровня моря.

Как правило, сгоны формируются в тыловых секторах циклонов, смещающихся через юг о.Сахалин в направлении Сев.Курил или южной части п-ова Камчатка. Для рассматриваемого сгона по данным Сахалинского управления гидрометеослужбы была построена карта прохождения циклона и направления ветров (рис.2). Видно, что циклон проходил над северной частью о.Сахалин, и поэтому направление ветра в южной части острова не изменялись в течение почти двух суток, что и явилось причиной сильного сгона. Следует отметить, что скорость движения циклона, как и в случае прохождения аналогичных атмосферных возмущений, при выходе его в Охотское море замедлялась. Это и способствовало продолжительным ветрам отмеченного направления.

Для оценки параметров длинных волн были рассчитаны СВАН-диаграммы (спектрально-временной анализ) колебаний уровня для времени существования сгона в диапазоне периодов от 2 до 102 ч (рис.3). Видно, что во время существования сгона

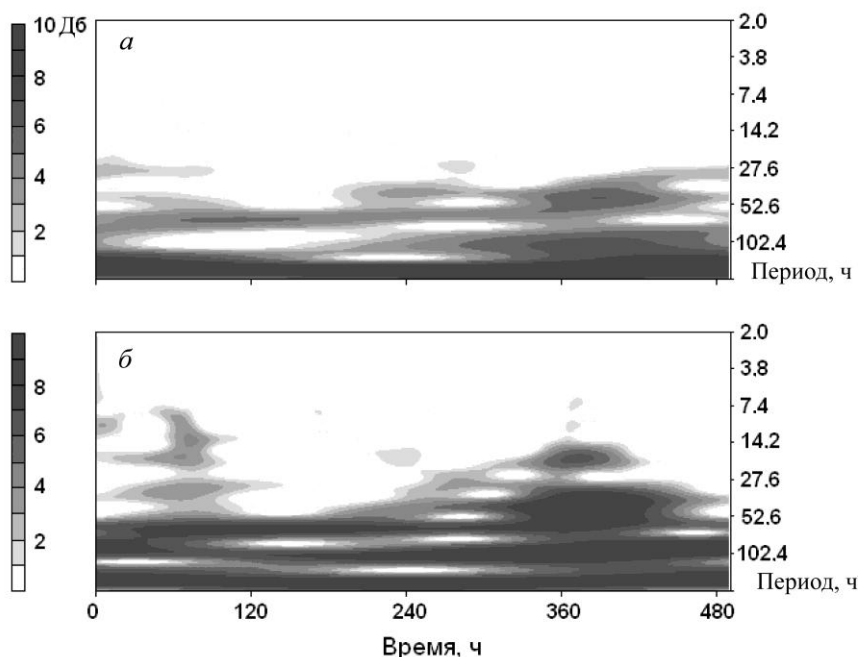


Рис.3. СВАН-диаграммы колебаний уровня для времени сгона. Датчики: а – ст. № 38, б – ст. № 24.

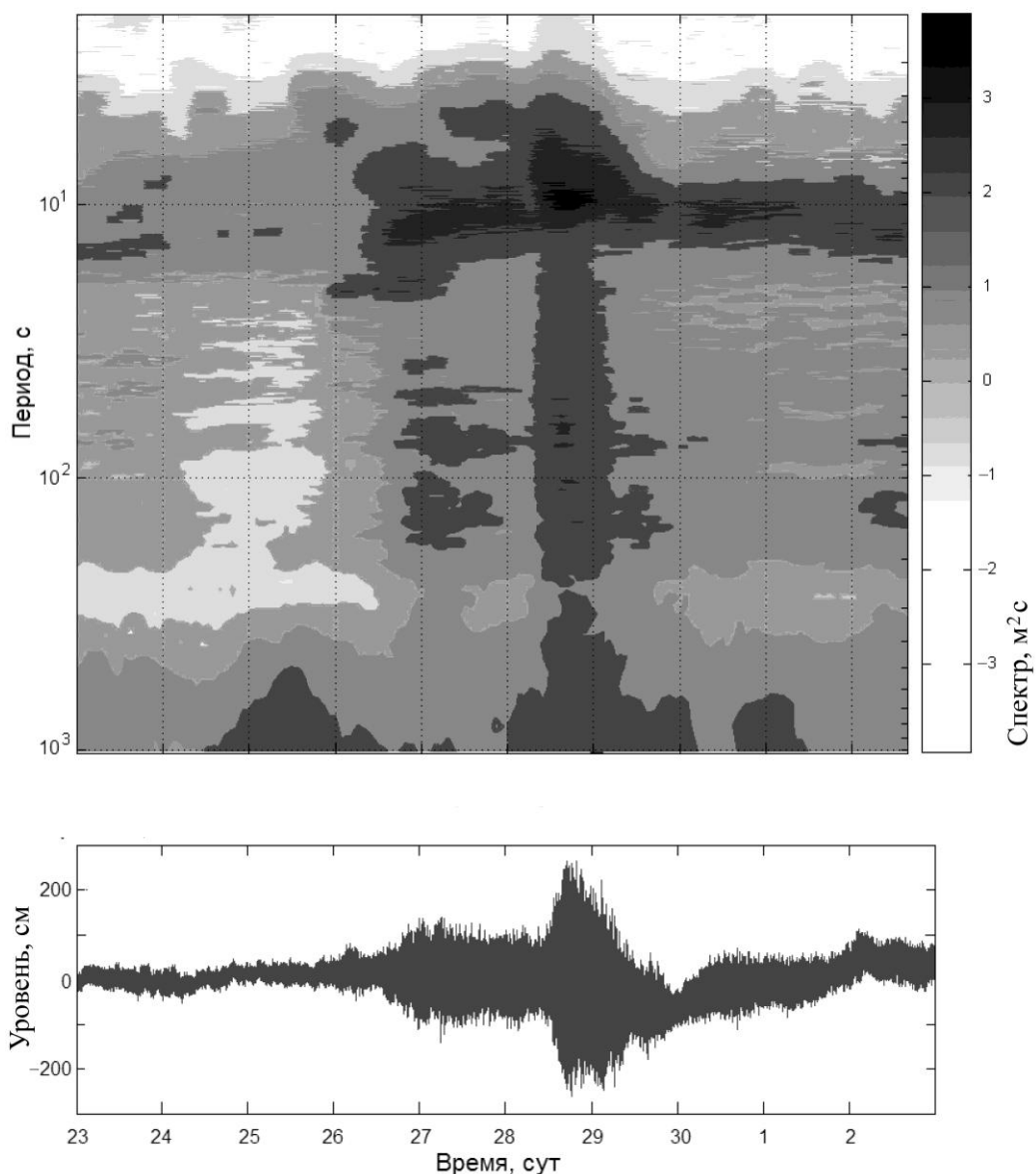


Рис.4. Текущий спектр и временной ход колебаний уровня моря с секундной дискретностью и вычтенным приливом.

Полученные во время сгона данные по волнению моря с целью обнаружения аномальных колебаний были подвергнуты спектральному и спектрально-временному анализу. На рис.4 представлен текущий спектр для ст. № 38 за период с 23 сентября по 2 октября 2010 г. Видно, что при подходе циклона резко возрастает энергия ветрового волнения и зыби в диапазоне периодов от 5 до 15 с (максимум во второй половине суток 28 сентября). После выхода циклона в северную часть Охотского моря наблюдается только зыбь с периодами примерно от 8 до 12 с, при сгоне – существенное уменьшение амплитуд волнения вплоть до окончания сгона, после чего замечен некоторый подъем. Это связано, по-видимому, с тем обстоятельством, что встречный ветер гасит ветровые волны и зыбь, идущие ему навстречу.

В начале шторма и при максимальном ветровом волнении и зыби 28 сентября наблюдается эффективное формирование инфрагравитационных (ИГ) волн в диапазоне периодов 20–250 с. При сужении диапазона волн зыби до 9–11 с, т.е. при переходе к установившемуся режиму волнения, наблюдается уменьшение уровня энергии в диапазоне существования ИГ волн, что позволяет сделать вывод об интенсивном формировании этих волн в условиях наличия широкого спектра ветровых волн и зыби.

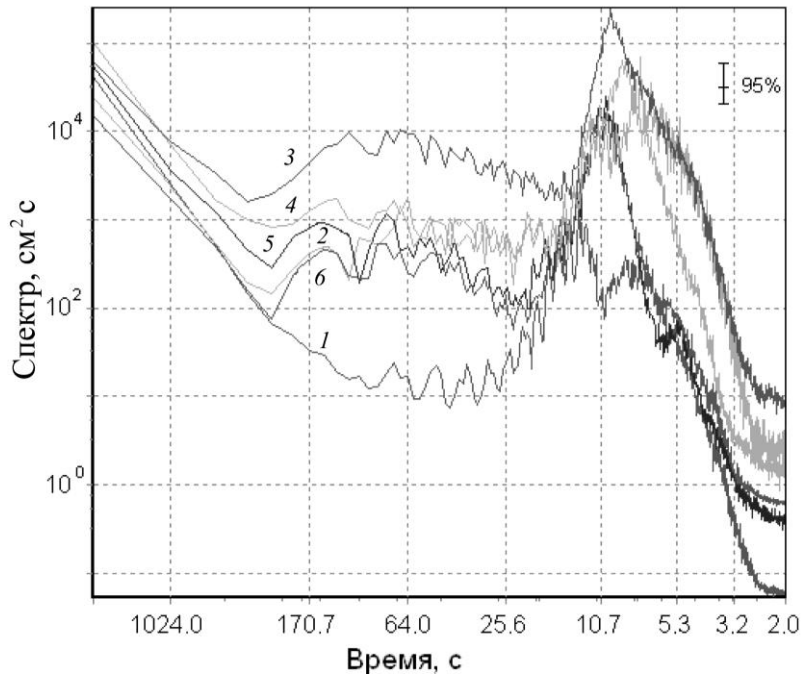


Рис.5. Энергетические спектры колебаний уровня в течение сгона и при тихой погоде.  
 1 – 25.09 с 0 до 6 ч (тихая погода); 2 – 28.09 с 0 до 6 ч; 3 – 28.09 с 18 до 24 ч;  
 4 – 29.09 с 6 до 12 ч; 5 – 29.09 с 18 до 23 ч; 6 – 30.09 с 18 до 24 ч.

Для более детального анализа высокочастотной части спектра волнения были рассчитаны спектры волнения по 6-часовым отрезкам в течение сгона. Результаты расчета приведены на рис.5.

При тихой погоде наблюдается смешанное волнение – в спектрах отчетливо выделяются пики с периодами, соответствующими зыби и ветровому волнению. С приходом шторма энергия колебаний в диапазоне ветровых волн и зыби возрастает на полтора порядка и ветровое волнение иногда несколько преобладает над зыбью. При дальнейшем развитии шторма существенно возрастает энергия волн зыби и почти на полтора порядка превышает энергию ветрового волнения. С началом и при развитии сгона энергия волнения постепенно уменьшается с преобладанием волн зыби. К окончанию сгона на фоне волн зыби в спектре начинает проявляться пик, соответствующий ветровому волнению. Такая схема развития спектра ветрового волнения во времени характерна для диссипативной модели генерации ветровых волн, описанной в [4].

В диапазоне инфрагравитационных волн [5] с приходом шторма энергия колебаний резко возрастает на 1.5–2 – по сравнению с тихой погодой и при максимальном волнении увеличивается почти на 3 порядка. Кроме того, происходит расширение диапазона генерируемых ИГ-волн. При тихой погоде периоды генерируемых ИГ-волн находятся в диапазоне от 16 до примерно 100 с (развитое волнение 16–250 с), причем низкочастотная граница очень хорошо выражена.

Прослеживается еще одна особенность формирования ИГ-волн при различной активности моря. С возрастанием высоты волн при общем подъеме энергии инфрагравитационных волн уменьшаются пики, соответствующие отдельным модам, т.е. начинает нарушаться четко выраженная модовая структура и при максимальном волнении приближается к «шумовому» в широком диапазоне. С понижением высоты волн модовая структура ИГ-волн опять начинает прослеживаться (энергетические пики на 77 и 150 с), что также хорошо заметно и на текущем спектре (рис.4). Данный эффект связан, по видимому, со стохастизацией ветрового волнения и зыби.

Был также проанализирован диапазон более длинных периодов волнения – от 2 мин до 5 ч. Его энергетические спектры не содержат выраженных пиков для тихой погоды, первых суток шторма и после окончания сгона, почти не различаются энергией в диапазоне периодов от примерно 7 мин и длиннее. Для шторма в начале сгона энергия колебаний в этом же диапазоне на 0.5 порядка выше.

\*\*\*

Обнаружено, что прохождение циклона над северной частью о.Сахалин, в отличие от обычного пути прохождения над югом острова, и снижение его скорости движения при выходе в Охотское море способствуют развитию длительных ветров западного направления, а это, в свою очередь, может быть причиной сильного сгона на юго-восточном побережье острова.

Впервые по точной цифровой записи колебаний уровня моря удалось определить параметры длинных волн при экстремальном сгоне редкой повторяемости. Зарегистрированные в районе пос.Взморье длинные волны имеют достаточно широкий спектр в диапазоне периодов от 14 до 80 ч с максимумом около 55 ч. При затухании сгонной волны максимум раздваивается и образуются пики с периодами около 64 и 45 ч, что подтвердил и расчет энергетических спектров колебаний уровня моря.

Установлено, что при сгоне наблюдается существенное уменьшение амплитуд волнения, вплоть до окончания сгона, после чего заметен некоторый подъем. Это связано, по-видимому, с тем обстоятельством, что встречный ветер гасит ветровые волны и зыбь, распространяющиеся ему навстречу. Это обстоятельство способствует резкому уменьшению интенсивности генерации инфрагравитационных волн при сгоне.

#### Литература

1. *Като Л.Н., Любичкий Ю.В., Шевченко Г.В.* Оценка экстремальных значений сгонно-нагонных колебаний уровня моря на юго-восточном побережье о.Сахалин // Колебания уровня в морях. СПб.: РГГМУ, 2003. С.111–128.
2. *Ковалев П.Д., Ковалев Д.П.* Техника исследования опасных морских явлений в прибрежной зоне океана. Владивосток: «Дальнаука» ДВО РАН, 2010. 152 с.
3. *Шевченко Г.В., Любичкий Ю.В., Като Л.Н.* Проявления штормовых нагонов в южной части острова Сахалин. Препринт. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1994. 44 с.
4. Ветер, волны и морские порты / Под ред. Ю.М.Крылова. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 264 с.
5. *Рабинович А.Б.* Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 325 с.

Статья поступила в редакцию 17.05.2012 г.

