

УДК: 551.466

## Методика оценки характеристик штормовых нагонов в различных районах океана

*Т. В. Белоненко, Г. В. Шевченко*<sup>1</sup>

Приведены сведения об ущербе от штормовых нагонов в различных районах океана и методах исключения приливной компоненты для оценки характеристик метеорологических колебаний уровня моря. Проанализированы многолетние ряды наблюдений на береговых станциях Японии. Возрастания интенсивности нагонов в последние годы (которое могло быть связано с глобальным потеплением), не выявлено.

**The method of storm surge characteristics estimation in different areas of world ocean.** *Tatiana V. Belonenko – Saint-Petersburg State University; Georgy V. Shevchenko – Tsunami lab. Institute of Marine Geology and Geophysics, Yuzhno-Sakhalinsk.*

The information about surge-caused damages and the methods of tide elimination for the characteristics of meteorological sea level elevations estimation is considered. Long-term sea level series obtained by the tide gauges of Japan were analysed. We did not found the surge intensity increase in last years (which may be connected with global warming).

### Введение

При прохождении над прибрежной областью моря атмосферных возмущений типа циклонов или тайфунов падение приземного атмосферного давления и воздействие на морскую поверхность сильного ветра приводят к значительным подъемам уровня моря – штормовым нагонам, которые вместе с сопровождающим их волнением представляют собой грозное стихийное явление. Величина нагона зависит от целого ряда факторов, таких как рельеф дна, конфигурация береговой линии, а также размер, интенсивность, направление и скорость движения циклона. Самые значительные нагоны бывают в заливах с широким устьем и резким уменьшением его глубины или ширины. Высота нагона при таких условиях может достигать 2–6 м, а его продолжительность – от нескольких часов до нескольких суток. Значительные штормовые нагоны, вызванные тайфунами, бывают во многих заливах на побережье Японии. Так, во время катастрофического нагона высотой в 3,4 м, вызванного

---

<sup>1</sup> *Белоненко Татьяна Васильевна* – доцент географического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, кандидат физико-математических наук, г. Санкт-Петербург; *Шевченко Георгий Владимирович* – заведующий лабораторией цунами Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, доктор физико-математических наук, г. Южно-Сахалинск.

тайфуном Вера (1959 г.), был затоплен город Нагоя, что привело к гибели около 5 тыс. человек [2].

## **Географические факторы**

Наличие низин, выходящих к мелководному побережью, при их затоплении приводило к более тяжелым последствиям. В Мексиканском заливе низменные берега затапливаются во время штормовых нагонов, высота которых достигает 5 м. Знаменитый Галвестонский ураган (штат Техас, США) в 1900 г. вызвал гибель по разным оценкам от 6 до 12 тыс. человек. Штормовые нагоны, несомненно, представляют разрушительный фактор колоссальной силы. 12 ноября 1970 г. произошло событие, являющееся, по общему мнению, природной катастрофой с самыми тяжелыми последствиями в истории человечества. Тропический циклон «Бхола» (давление в центре 940 гПа, скорость ветра до 62 м/с) вызвал в северной части Бенгальского залива 6–метровый подъем уровня моря, совпавший с высоким приливом. В результате наводнения погибло примерно 300 тыс. человек (еще около 200 тыс. умерло от голода и болезней), около 280 тыс. коров и другого крупного скота, затонуло 9000 морских судов и около 90 000 лодок, потери урожая оцениваются в 63 млн. долл. [22].

Среди недавних событий с особой наглядностью разрушительную силу штормовых нагонов продемонстрировал ураган «Катрина», разразившийся в конце августа 2005 года. Он стал причиной штормового нагона воды, вызвавшего массовые разрушения в 200–километровой прибрежной полосе в штатах Луизиана, Миссисипи и Алабама и затопившего Новый Орлеан, около 70 % территории которого находится ниже уровня моря. Погибло 1200 человек, суммарный ущерб составил 125 млрд. долларов (включая застрахованные убытки на сумму в 62 млрд. долларов). Это был самый крупный в истории ущерб, вызванный всего одним страховым случаем.

Более 300 раз с момента основания подвергался наводнениям Санкт-Петербург. Одним из самых трагических по своим последствиям был штормовой нагон в 1824 г., когда уровень воды в устье Невы поднялся выше четырех метров. Это наводнение А. С. Пушкин увековечил в поэме «Медный всадник».

На основании приведенного выше обзора ситуаций и обстоятельств, связанных со штормовыми нагонами, становится понятным, что для всего Мирового океана не существует универсальной методики оценки штормовых нагонов, поскольку в каждом конкретном случае играют существенную роль региональные особенности и факторы, связанные с внешними воздействиями и морфометрическими особенностями акватории. Для каждого региона характеристики штормового нагона воды, чреватого высокими потенциальными убытками, определяются, исходя из множества эмпирических факторов. В инструкции, разработанной в Главной геофизической обсерваторией им.

А. И. Воейкова «Критерии опасных гидрометеорологических явлений...» [3], указывается, что для штормовых нагонов критерии опасного гидрометеорологического явления устанавливаются индивидуально для каждого уровня поста.

В частности, в Санкт-Петербурге градации наводнений, в том числе вызванных штормовыми нагонами, были установлены гидрометеослужбой при подготовке к строительству дамбы. Наводнением в Санкт-Петербурге считается подъем воды выше 160 см над нулем Кронштадтского футштока (соответствует среднему уровню воды Балтийского моря на самописце уровня моря на о. Кронштадт) или ординара Невы (последний выше нуля на 11 см, соответствует среднему уровню Невы у Горного института). Наводнения делятся на опасные (161–210 см), особо опасные (211–299 см) и катастрофические (300 см и выше).

### **Гидродинамика штормовых нагонов**

В работе Хэмона и Хэннона штормовой нагон (storm surge) определяется как превышение уровня океана, вызванное ветром и низким атмосферным давлением, после исключения приливных составляющих [23]. В обзоре Wolf P. [31] штормовой нагон также определяется как разница между действительной максимальной высотой уровня воды и предсказанным астрономическим приливом. Данное определение лежит в основе множества существующих методик оценки штормовых нагонов для различных прибрежных акваторий. Как следует из сказанного выше, большинство существующих методик оценки штормовых нагонов, принятых для использования в различных гидродинамических моделях, учитывают региональные особенности акватории и климатические особенности. Они различаются как деталями, связанными с количеством учитываемых факторов: такими, как сила ветра, скорость перемещения циклона, направление его перемещения, глубина циклона и т. д., – так региональными особенностями, связанными с морфометрическими особенностями территорий и существующими береговыми и прибрежными сооружениями.

В открытом море величина штормовых нагонов обычно невелика – об этом свидетельствуют наблюдения над уровнем моря в пунктах, расположенных на островах с узким шельфом и большими глубинами в прилегающих районах. Изменения уровня моря в таких пунктах происходят в соответствии с «законом обратного барометра» – изменения приземного атмосферного давления на 1 гПа вызывают обратные по знаку изменения уровня моря приблизительно на 1 см. Хотя и здесь бывают исключения – например, на небольшом острове Матуа с приглубым шельфом (центральная часть Курильской гряды) за 18 лет наблюдений отмечено 11 нагонов с высотой более 1 м [17].

Во многих прибрежных районах «закон обратного барометра» не выполняется, прежде всего, из-за возрастания роли ветра. Тангенциальное на-

пряжение, возникающее в результате воздействия воздушного потока на морскую поверхность, вызывает дрейфовое течение, которое направлено под углом к направлению ветра в результате вращения Земли. Согласно теории Экмана, в поверхностном слое угол отклонения относительно направления ветра составляет  $45^\circ$  и увеличивается с глубиной. Полный поток направлен перпендикулярно направлению ветра, и в северном полушарии создает нагонный эффект в тех случаях, когда берег находится справа относительно действия ветра (так называемый бастистрофический эффект). Необходимо отметить, что для реализации данного механизма необходимо определенное время, поэтому необходимо, чтобы вдольбереговой ветер нужного направления дул продолжительное время. Подобная ситуация типична для Охотского моря, при выходе на акваторию которого скорость движения циклонов обычно замедляется. При таких условиях указанный эффект может проявляться на восточном побережье Сахалина, северном шельфе моря, западном побережье Камчатки и охотоморском побережье Курильских островов.

В мелководных акваториях угол отклонения течения от направления ветра уменьшается в зависимости от отношения глубины моря к глубине трения, связанного с напряжением ветра. При малых величинах этого отношения углом отклонения можно пренебречь, и штормовой нагон вызывается поперечным берегу ветром. Таким образом, в случае приглубого шельфа более важна роль вдольбереговой, а в мелководных районах – поперечной компоненты ветра.

Существуют и иные причины отклонения реакции уровня на атмосферные возмущения, не связанные с ветром. Первая из них связана со скоростью движения барического образования, впервые этот эффект был исследован Праудменом. Он показал, что при перемещении барической депрессии над длинным каналом постоянной глубины возникает динамическая поправка к реакции, отвечающей закону обратного барометра  $P_a / (1 - U^2/C^2)$ , где  $C^2 = gh$  – скорость распространения длинных волн в канале. В случае движения циклона вдоль берега в районе с протяженным мелководным шельфом эта поправка может быть весьма существенной.

Для Охотского моря при оценке штормовых нагонов применялась методика, основанная на определении параметров приливных волн методом наименьших квадратов 11 основных приливных волн, и вычитании из исходных рядов предвычисленного прилива [17, 18]. При этом сезонные вариации аппроксимируются годовой (SA) и полугодовой (SSA) приливными гармониками, параметры которых определяются для каждого годового ряда тем же методом. Эти гармоники также исключаются из исходных рядов наряду с приливными. Полученные в результате остаточные ряды рассматриваются как сгонно-нагонные колебания, обусловленные воздействием на морскую поверхность переменного поля атмосферного давления и напряжения ветра. Были проанализированы ряды наблюдений на следующих станциях (см. статью Като и др. в наст. сборнике). Для каждой станции определялась средняя

частота превышения соответствующих пороговых значений. При этом оказалось, что практически всегда штормовой нагон вызывает достаточно резкое – на 15–30 см – повышение средних суточных значений исходных рядов в течение 1–2 сут.

Для Японского моря применяется аналогичная методика выделения штормовых нагонов, разработанная ДВНИГМИ по проекту ЕСИМО (2004). Суть ее заключается в следующем: используются ежечасные наблюденные значения уровня моря за штормовые периоды, продолжительность которых определяется по синоптическим картам. Для того чтобы уточнить, наблюдался ли в исследуемом пункте нагон или нет, определяются разности между средними суточными уровнями моря за выбранный период и средним месячным уровнем за данный месяц. За штормовой нагон берется лишь тот случай, когда указанная разность превысит 20 см. После этого выбираются сутки с максимальной величиной разности и 2–3 суток до и после максимума (всего для выделения нагона используются, как правило, 5–7 суток ежечасных наблюдений). Штормовые нагоны определяются путем вычитания из суммарных ежечасных значений уровня моря предвычисленного прилива.

Другой метод, использованный для нескольких пунктов северной части Татарского пролива (Де-Кастри, Александровск-Сахалинский), основан на выделении штормовых нагонов из суммарных наблюденных уровней 25-часовым скользящим осреднением [1]. Поскольку при такой фильтрации прилива частично срезается и непериодическая составляющая, максимумы нагонов восстанавливались методом, предложенным в данной работе. Эта методика неплохо зарекомендовала себя для районов с преобладанием полусуточных приливов, к которым относится северная часть Татарского пролива. Но в районах, где роль суточных приливов более существенна, применение 25-часового скользящего среднего приводит к значительным ошибкам. Как было сказано выше, для точного определения характеристик штормовых нагонов большую роль играет алгоритм исключения приливных составляющих. Поэтому лучше всего использовать метод прямого предвычисления приливной компоненты по известным амплитудам и фазам основных приливных волн (для пунктов с постоянными наблюдениями за уровнем моря они определены с большой точностью).

В настоящее время существует глобальная система наблюдений за уровнем моря (GLOSS), проводящаяся под эгидой Совместной Технической Комиссии ВМО (Всемирная Метеорологическая Организация) и МОК (Межправительственная океанографическая комиссия). Центр уровня моря Гавайского университета (The University of Hawaii Sea Level Center – UHSLC) предоставляет свободный доступ к архиву данных наблюдений за уровнем на мареографных станциях. Архив данных The Joint Archive for Sea Level (JASL), который является совместной работой следующих центров: UHSLC, Мировой центр данных для океанографии (World Data Center-A for Oceanography), На-

циональный центр океанографических данных (The National Oceanographic Data Center – NODC), и Национальный центр развития прибрежных данных (The National Coastal Data Development Center – NCDDC). Нами были отображены данные наблюдений за уровнем моря по нескольким мареографным станциям, которые рассматривались как реперные.

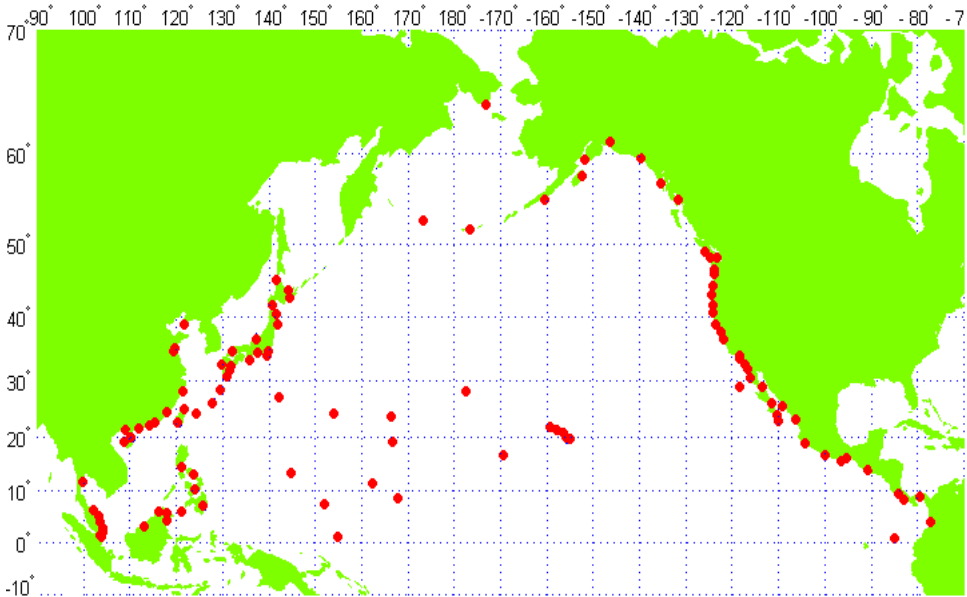


Рис. 1. Схема расположения мареографных пунктов массива JASL

Данные среднемесячных, среднесуточных и ежечасных значений уровня моря, измеренных на береговых станциях северной части Тихого океана опубликованы и постоянно пополняются на Интернет-сайте: <http://ilikai.soest.hawaii.edu>. Архив данных JASL собирает ежечасные данные от региональных и национальных сетей наблюдения за уровнем моря. Данные проверяются и исправляются очевидные ошибки, такие как выбросы и сдвиги во времени. Наблюдения различны по продолжительности, и многие из них имеют иногда значительные пропуски, связанные с различного рода причинами. Пропуски меньше чем 25 часов интерполируются. Количество более продолжительных пропусков можно узнать из показателя индекса полноты ряда (Completeness index – CI), представляющего собой процентное соотношение количества имеющихся данных к общей длине ряда, включающего в себя и пропуски. Карта расположения станций представлена на рис. 1. Массив исходных данных включает в себя среднемесячные значения уровня моря, измеренные на 130 береговых постах JASL с продолжительностью наблюдений до 100 лет.

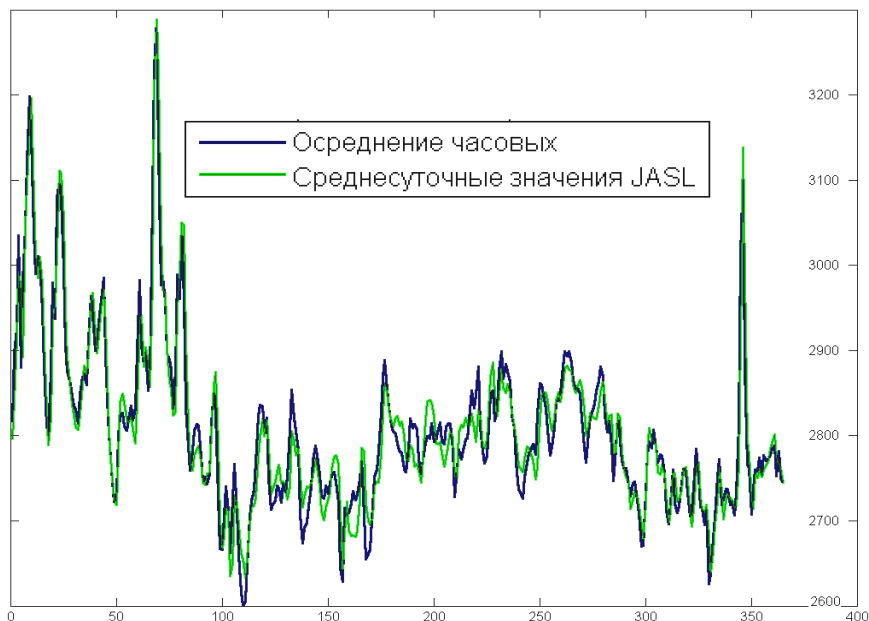
Данные, предоставляемые Гавайским центром (The University of Hawaii Sea Level Center – UHSLC), проходят две ступени обработки. Первый шаг заключается в исключении суточных и полусуточных приливов. Затем к дан-

ным применяется сверточный фильтр по 119 точкам (Bloomfield, 1976), центрированный относительно полудня.

Нами было проведено сравнение данных, которые были получены после исключения приливных составляющих из ежечасных наблюдений за уровнем по методу наименьших квадратов со среднесуточными данными Гавайского центра UHSLC. Результаты сравнения отражены на рис. 2: в отдельные моменты времени различия достигают 50 мм, однако в целом наблюдается хорошее соответствие этих данных.

Один из подходов к оценке штормовых нагонов основан на методе спектральной регрессии [10]. Этот подход был принят в нормативных документах Государственного комитета РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (СП 11–114–2004). Рассматривается два метода расчета сгонно-нагонных колебаний уровня, в том числе и штормовых нагонов, базирующиеся на корреляционном анализе временных рядов наблюдений, из которых с помощью линейных фильтров исключены долгопериодные изменения уровня (сезонный и многолетний ход) и приливная компонента:

- метод, основанный на установлении связей сгонно-нагонных колебаний уровня в исследуемом пункте и пункте-аналоге;
- метод, основанный на установлении связей сгонно-нагонных колебаний уровня с обуславливающими их факторами.



**Рис. 2.** Уровень океана на станции № 551 архива JASL: координаты 37,8 с. ш. 122,47 з. д. (Сан-Франциско). Осреднение часовых значений по алгоритму МНК (темная линия) и осредненные по методике UHSLC среднесуточные значения архива JASL (светлая линия)

Сгонно-нагонные колебания выделяются из суммарных колебаний уровня моря с помощью методов линейной фильтрации временных рядов. Для определения возможных величин нагонов и сгонов средние, наибольшие значения, а также повторяемость и обеспеченность подсчитывают за весь ряд наблюдений: по месяцам (для определения внутригодовой повторяемости сгонов и нагонов) и за весь год.

Если в исследуемом пункте имеется только короткий ряд наблюдений над уровнем моря, то для приближенного определения средних и экстремальных характеристик сгонно-нагонных колебаний используются зависимости этих колебаний от гидрометеорологических факторов, в первую очередь, от атмосферного давления и ветра.

Если коэффициенты корреляции между колебаниями уровня моря и атмосферным давлением и ветром достаточно велики, то по наибольшим величинам изменений атмосферного давления и скорости ветра в данном районе за многолетний период по уравнению регрессии приближенно определяется наибольшая величина сгонно-нагонных колебаний уровня в исследуемом пункте.

Существуют также различные методики оценки штормовых нагонов и связанных с ними рисками наводнений на прибрежных площадках АЭС, утвержденные Международным агентством по атомной энергии. Эти методики учитывают конкретные характеристики площадки и геометрию сооружений АЭС, включают в себя множество инженерных расчетных параметров и программных модулей, описание которых выходит за рамки данной задачи. Общие принципы и подходы по этим вопросам можно найти в руководствах, разработанных в МАГАТЭ, приведенных в списке литературы.

Heidorn [24], исследуя штормовой нагон, показывает, что среди топографических факторов, влияющих на высоту штормового нагона, большую роль играют наклон морского дна на расстоянии от берега, наклон береговой линии непосредственно, форма береговой линии, то есть ориентация и размер углублений, таких как заливы и устья, а также наличие впадин, островов или барьеров. Некоторые из них могут иначе направить надвигающийся штормовой нагон и увеличить его высоту, поскольку уменьшится его ширина. Такие региональные особенности могут усилить высоту штормового нагона больше чем на 50 % и также увеличить его скорость распространения.

Madsen и Jakobsen [27] для оценки штормовых нагонов и риска наводнений в Бенгальском заливе используют гидродинамическую модель, учитывающую силу ветра, атмосферного давления, направление движения циклона, а также морфометрические особенности акватории. Подобная модель штормовых нагонов и наводнений в низменных прибрежных зонах рассматривается и Wolf [31] для различных акваторий.

Webster и Stiff [29], на основании исследований штормовых нагонов и межгодовых вариаций уровня моря на побережье Канады указывают, что, согласно моделям изменения климата, глобальное повышение уровня океана в

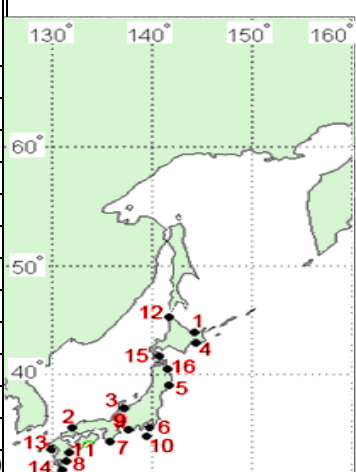


XXI веке на 80 см вызовет увеличение частоты штормовых нагонов и площади прибрежных территорий, подверженных риску наводнений.

Чтобы проверить, не началась ли реализация данного сценария уже в настоящее время, нами было предпринято исследование многолетних рядов уровня моря, полученных на побережье Японии и представленных в архиве JASL. Всего было проанализировано 16 станций – их расположение представлено на рис. 3, а сведения о продолжительности измерений – в табл. 1.

**Таблица 1**  
Мареографные станции в северо-западной части Тихого океана

№	№ в JASL	Название станции	Широта (° сш)	Долгота (° вд)	Период(года) наблюдений	СИ
1	347	Abashiri	44,02	144,28	1968–2005	97
2	348	Hamada	34,90	132,07	1984–2005	96
3	349	Toyama	36,77	137,22	1967–2005	98
4	350	Kushiro	42,97	144,38	1963–2005	97
5	351	Ofunato	39,02	141,75	1965–2005	99
6	352	Mera	34,92	139,83	1965–2005	94
7	353	Kushimoto	33,47	135,78	1961–2005	97
8	354	Aburatsu	31,57	131,42	1961–2005	97
9	356	Maisaka	34,67	137,62	1968–2005	96
10	357	Miyakejima	34,06	139,48	1964–2003	98
11	358	Hosojima	32,42	131,68	1933–1975	86
12	360	Wakkanai	45,42	141,68	1967–2005	99
13	362	Nagasaki	32,73	129,87	1985–2005	100
14	363	Nishinoomote	30,72	131,00	1965–2003	98
15	364	Nakodate	41,78	140,73	1964–2005	93
16	375	Hachinohe	40,53	141,53	1980–2005	99

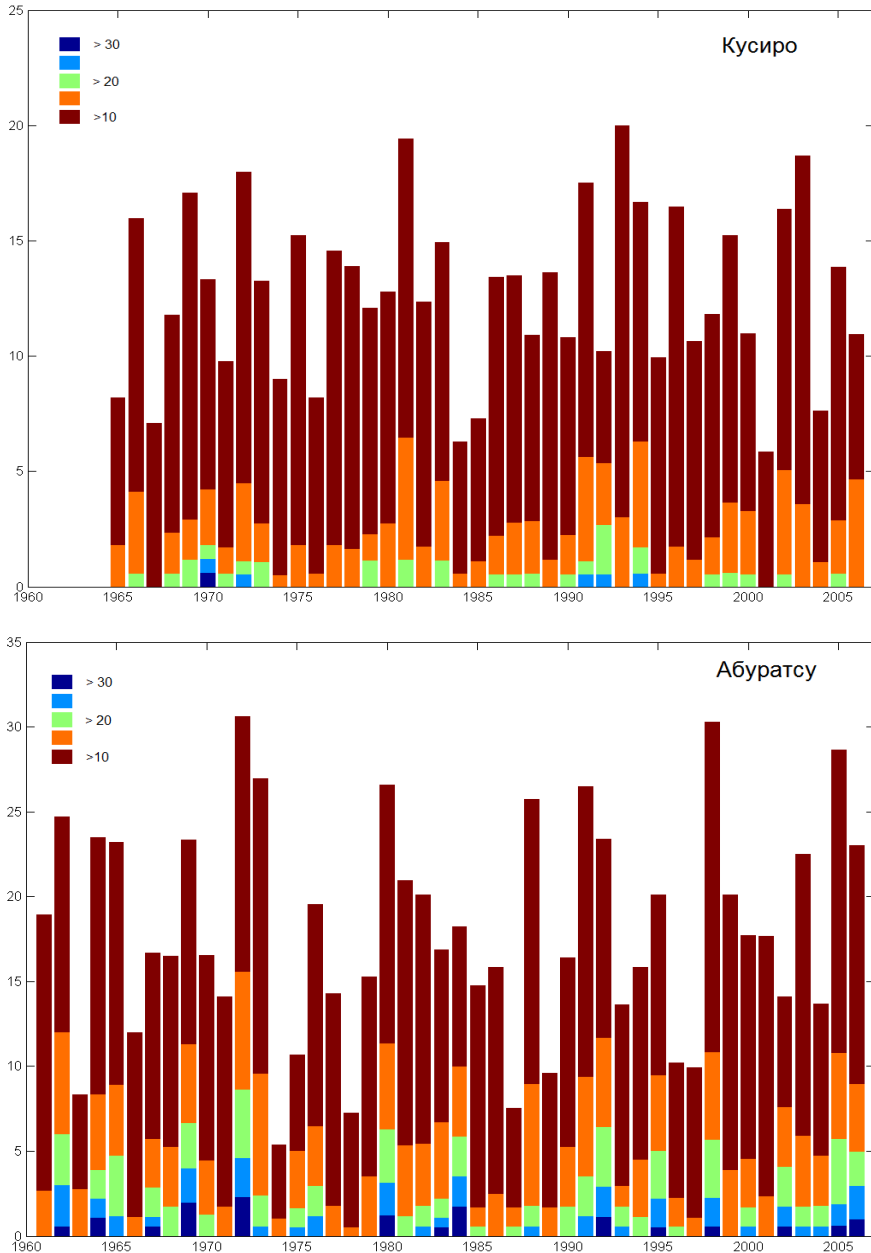


**Рис. 3.** Мареографные пункты системы на побережье Японии

Для характеристики интенсивности сгонно-нагонных колебаний рассматривалась повторяемость (в %) отклонений среднесуточных значений непериодической составляющей уровня от общего среднего за год. Как отмечалось выше, умеренные нагоны вызывают отклонение среднесуточного значения на 15–20 см, а более сильные – 25–30 см.

На рис. 4 представлены графики изменений данных отклонений повторяемости различных градаций на станциях Кусиро (о. Хоккайдо на севере Японии) и Абуратсу в южной части о. Хонсю. Из графика видно, что повторяемость отклонений метеорологической составляющей уровня от среднего заметно колеблется в различные годы, но закономерного увеличения интенсивности нагонов в последние годы (чего можно было бы ожидать как проявления влияния глобального потепления) не наблюдается. Более того, на станции Кусиро число заметных отклонений (выше 20 см) наоборот, в последнее десятилетие сократилось. В целом вариации повторяемости, скорее, носят квазипериодический характер, хотя период этих колебаний определить доста-

точно сложно. Аналогичный характер вариаций интенсивности сгонно-нагонных колебаний отмечен и на других станциях.



2

**Рис. 4.** Повторяемость (в %) числа дней с различными значениями отклонений среднесуточных значений от среднего уровня на станциях Кусиро и Абуратсу в различные годы

## **Заключение**

Приведенные примеры показывают, что штормовые нагоны относятся к числу самых опасных природных явлений, приводящих к серьезному материальному ущербу и человеческим жертвам. Обзор различных методов выделения сгонно-нагонных колебаний показывает, что наиболее предпочтительным является прямое предвычисление приливной компоненты и ее вычитание из исходных рядов уровня моря.

Анализ многолетних рядов уровня моря, представленных в архиве JASL, не выявил заметного возрастания интенсивности штормовых нагонов в последние десятилетия, которое можно было бы ожидать в результате глобального потепления на планете Земля.

## **Литература**

1. Баскаков Г. А. Выделение непериодической составляющей из суммарных колебаний уровня // Проблемы Арктики и Антарктики. – 1973. – Вып. 41. – С. 17–23.
2. Григоркина Р. Г., Фукс В. Р. Воздействие тайфунов на океан. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 243 с.
3. Инструкция. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения: РД 52.04.563–2002 / Приказ Росгидромета от 23.08.2002. – 12 с.
4. Като Э., Любичкий Ю. В., Шевченко Г. В. Оценка экстремальных значений сгонно-нагонных колебаний уровня моря на юго-восточном побережье о. Сахалин. // Колебания уровня в морях: сборник научных трудов. – СПб., 2003. – С. 111–128.
5. Като Э., Миськов О. А., Шевченко Г. В. Штормовые нагоны на побережье острова Сахалин в конце XX века // Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2001. – С. 160–176.
6. Международное агентство по атомной энергии. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Серия норм безопасности № NS-R-1, МАГАТЭ. – Вена (2003).
7. Международное агентство по атомной энергии. Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС. Серия норм безопасности № NS-G-3.6, МАГАТЭ. – Вена (2005).
8. Международное агентство по атомной энергии. Рассеяние радиоактивных материалов в воздухе и воде и учет распределения населения при оценке площадки для атомных электростанций. Серия норм безопасности № NS-G-3.2, МАГАТЭ. – Вена (2004).
9. Международное агентство по атомной энергии. Учет метеорологических явлений при оценке площадок для атомных электростанций. Серия норм безопасности № NS-G-3.4, МАГАТЭ, – Вена (2005).
10. Савельев А. В., Герман В. Х. Расчет штормовых нагонов в Охотском море методом спектральной регрессии // Океанология. – Т. XXVI. – М., 1986. – С. 409–415.
11. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Оценка риска наводнения на прибрежных площадках АЭС. Руководство по безопасности. № NS-G-3.5. IAEA. Международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2008. – 99 с.

12. СП 11–114–2004. «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений» / Госстрой России. – М.: Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ФГУП «ПНИИИС») Госстроя России, 2004.
13. Суховой В. Ф. Моря Мирового океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 287 с.
14. Фирсов П. Б. О механизме формирования штормовых нагонов в северной части Японского моря // Труды ДВНИГМИ. – Вып. 132. – Владивосток, 1988. – С. 3–21.
15. Фирсов П. Б. К вопросу об изменчивости непериодических колебаний уровня моря на побережье Японского моря // Труды ДВНИГМИ. – Вып. 39. – Владивосток, 1989. – С. 86–97.
16. Фирсов П. Б. Расчет экстремальных подъемов уровня в северной части Японского моря // Труды ДВНИГМИ. – Вып. 145. – Владивосток, 1992. – С. 21–38.
17. Шевченко Г. В. Статистические характеристики штормовых нагонов в южной части о. Сахалин // Изв. РГО. – 1997. – Т. 129. – Вып. 3. – С. 94–107.
18. Шевченко Г. В. Штормовые нагоны на Курильских островах // Цунами и сопутствующие явления. Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – С. 106–117.
19. Шевченко Г. В., Любицкий Ю. В., Като Э. Проявления штормовых нагонов в южной части острова Сахалин. – Препринт. – Южно-Сахалинск, 1994. – 48 с.
20. Bloomfield, P. (1976). Fourier analysis of time series: An introduction. New York: John Wiley & Sons. – 258 pp.
21. Cameron D. S., Bevena K. J., Tawnb J., Blazkovic S., Nadend P. Flood frequency estimation by continuous simulation for a gauged upland catchment (with uncertainty). Journal of Hydrology. Vol. 219, Issues 3–4, 8 July 1999, – Pages 169–187.
22. Frank, N. L. and S. A. Husain (1971) “The Deadliest Tropical Cyclone in History?” Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 52, № 6. – P. 438–445.
23. Hamon B. V., Hannan E. J. Estimating relations between time series // Journ. Geophys. Res. Vol. 68, № 21. 1963. – P. 6033–6042.
24. Heidorn Keith C. STORM SURGE. The Weather Doctor's Weather Almanac Storm Surge September 1, 2004, updated October 3, 2005.  
<http://www.islandnet.com/~see/weather/almanac/arc2004/alm04sep.htm>
25. International atomic energy agency, Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS–G-3.3, IAEA. – Vienna (2003).
26. International atomic energy agency, External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS–G-1.5, IAEA, Vienna (2003). International atomic energy agency, Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Standards Series No. NS–R-3, IAEA. – Vienna (2003).
27. Madsen H., Jakobsen F. Cyclone induced storm surge and flood forecasting in the northern Bay of Bengal. Coastal Engineering. Volume 51, Issue 4, June 2004. – Pages 277–296.
28. Sousounis P., Kafal C. Insured loss estimation from wind and storm surge for a recurrence of typhoon Vera. AIR Worldwide Corporation, Boston, MA. 29th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. – 12 May 2010.

29. Webster T., Stiff D. The prediction and mapping of coastal flood risk associated with storm surge events and long-term sea level changes. Applied Geomatics Research Group, Centre of Geographic Sciences, Nova Scotia Community College, Canada WIT Transactions on Information and Communication, Vol 39, 2008. – P 129–138.
30. Wolf Judith. Coastal flooding: impacts of coupled wave–surge–tide models Earth and Environmental Science. Natural Hazards. Vol. 49, No 2, 2009. – P. 241–260.
31. Wolf P. “1953 U.K. Floods. 50-year Retrospective. Risk Management Solutions”. – 2003. – 11 p.