

УДК: 502.51: 551.582.1

## **Климатологическая оценка ветроэнергетического потенциала Охотского и Японского морей**

*Р. П. Бернгардт, В. Ю. Агаширинова*<sup>1</sup>

В работе приводится краткое обобщение имеющихся сведений о ветроэнергетическом потенциале Охотского и Японского морей, а также разработка рекомендации по его использованию для повышения экономичности и безопасности мореплавания.

**Climatological evaluation of wind power potential of Okhotsk Sea and of Japan Sea.** *Robert P. Berngardt – Far East Federal University, Valentina Yu. Agashirina – Sakhalin division of Far East State Railway University, Yuzhno-Sakhalinsk.*

In article are presented the synthesis of available data on wind energy potential of Okhotsk Sea and of Japan Sea, and develop recommendations for its use to improve the efficiency and safety of navigation.

### **Введение**

Цель данной работы – обобщить имеющиеся сведения о ветроэнергетическом потенциале Охотского и Японского морей, а также разработать рекомендации по его использованию для повышения экономичности и безопасности мореплавания.

### **Инструментальные измерения скорости ветра**

Для расчетов ветроэнергетического потенциала необходимы сведения о пространственно-временных характеристиках поля ветра, которые рассчитываются по данным измерений скорости ветра на береговых гидрометеорологических станциях (ГМС) или на кораблях (судах) в периоды плавания в открытом море.

Таким образом, для достижения поставленной цели есть два способа. Первый использует материалы наблюдений скорости ветра в различных географических точках непосредственно в открытом море. Второй способ – распространяет имеющиеся данные наблюдений за ветром береговых гидрометеорологических станций на открытые акватории морей. Каждый из названных способов имеет свои положительные стороны и недостатки.

---

<sup>1</sup> *Бернгардт Роберт Павлович – заведующий кафедрой математики и инновационного моделирования Сахалинского филиала Дальневосточного Федерального университета, доктор географических наук; Агаширинова Валентина Юрьевна – преподаватель Дальневосточного государственного университета путей сообщения.*

Рассмотрим положительные слагаемые первого способа. Главное достоинство морских наблюдений – это непосредственные измерения в открытом море, которые лучше всего характеризуют пространственный и временной режим поля ветра.

К сожалению, воспользоваться таким преимуществом первого способа нелегко по следующим причинам – инструментальные наблюдения за ветром проведены на движущихся судах, имеющих разные технические характеристики, существенно отличающихся друг от друга измерительными приборами – анемометрами. Главный недостаток таких наблюдений – их пространственная и инструментальная неоднородность, устранить которую практически невозможно.

Применение второго способа, несмотря на кажущиеся трудности экстраполяции имеющихся данных с береговой кромки далеко в море, оказывается и проще, и надежнее. Однако и здесь нас ожидают значительные затруднения, также обусловленные неоднородностью данных инструментальных измерений ветра.

Например, примерно до 1980 г. на ГМС почти повсеместно применялись анемометры динамометрического типа – флюгеры Вильда. В процессе измерения ветра указанными приборами применялись периоды осреднения максимальной скорости в порыве длительностью 3–4 секунды и средней скорости длительностью две минуты, кроме того, значения скорости были автоматически приведены к стандартной плотности воздуха.

На рубеже 1980 г. на большинстве ГМС флюгеры Вильда были заменены «вращающимися» анемометрами типа М-47, М-63, М-63М, М-63М1 и т. д., на показания которых плотность воздуха влияние не оказывает [4]. Кроме того, увеличился в пять раз период времени осреднения скорости, с двух минут по флюгеру Вильда до 10 минут на вращающихся анемометрах. Обе причины привели к существенному нарушению однородности пространственно-временных полей ветра, которые можно проиллюстрировать изменениями критериев (табл. 1) для информации об опасных явлениях [3–4].

**Таблица 1**  
Критерии скорости ветра для информации об опасных явлениях

Способ определения критерия с учетом типа прибора или классификационного признака	Критерии скорости (м/с) для штормовой информации							
	Опасное явление при порывах					Особо опасное явление		
						По средней скорости		При порыве
По инструкции Росгидромета	12	15	20	25	30	30	35	40
По ФВТ, или заторможенному	12	16	20	24	28	28	34	40
По М-12, или чашечному	11	14	17	20	23	23	27	31
По М-63М1, или винтовому	11	13	16	18	20	20	23	27

## Районирование морских акваторий Сахалинской области

В соответствии с данными табл. 1 (по М-63М1, или винтовому анемометру) в работе [4] было проведено районирование территории Сахалинской области по критериям опасных и особо опасных явлений ежегодной повторяемости, показанное на рис. 1.

На карте (рис. 1) видно, что на акваториях Охотского и Японского морей ежегодно наблюдаются особо опасные явления. Губительное действие ветроэнергетического потенциала таких явлений находит подтверждение в статистике морских катастроф.

Так как российские моряки выполняют транспортные перевозки в акваториях сопредельных стран, полезно сравнить оценки экстремальных значений ветроэнергетического потенциала общих акваторий, например, Тихого и Северного ледовитого океанов в приграничной зоне Берингова и Чукотского морей. Сделать такое сравнение нам позволяют фрагменты климатических карт, показанные на рис. 2.

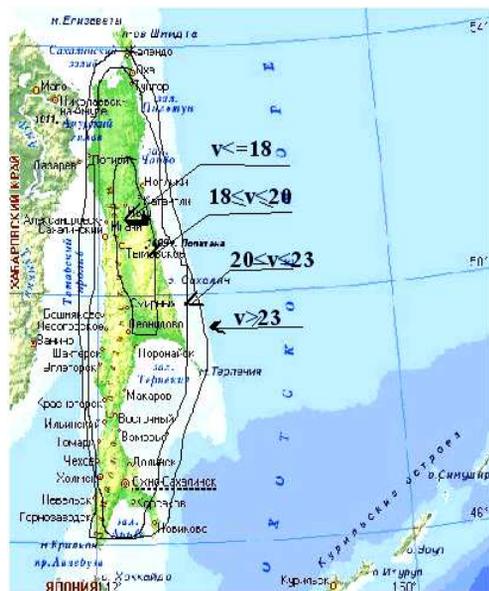


Рис. 1. Районирование территории Сахалинской области по критериям опасных и особо опасных явлений ежегодной повторяемости

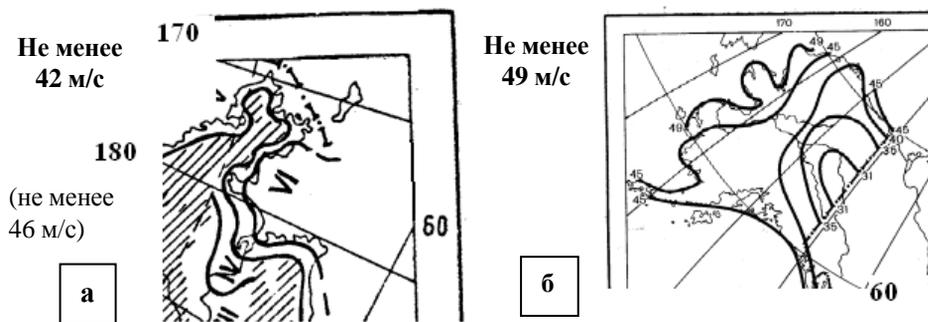
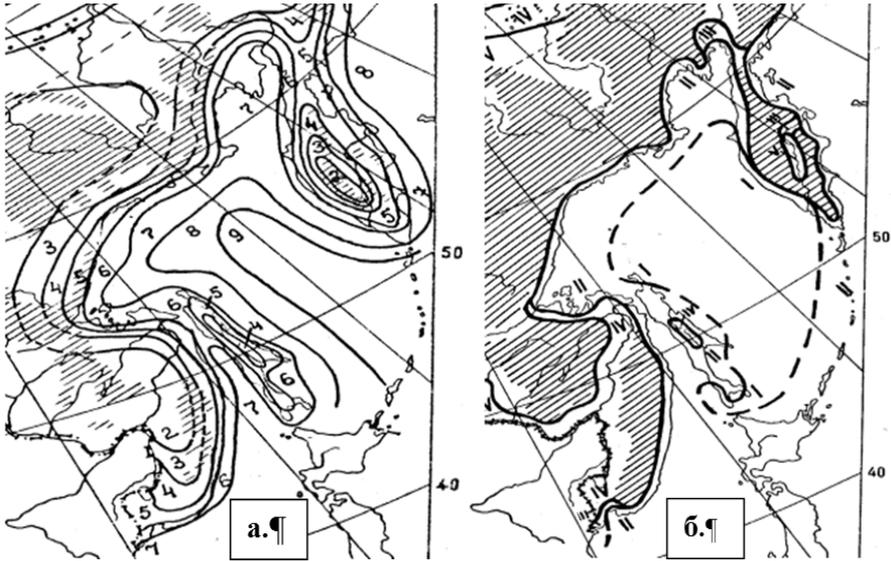


Рис. 2. Максимальные (наибольшие) скорости ветра (м/с), возможные один раз в 50 лет в России (а – по данным [1]), и в США (б – по данным [6])

Несмотря на применение разных методик построения климатических карт максимальных скоростей ветра в России и в Соединенных Штатах Америки, можно сделать вывод об общности ветрового режима в Беринговом мо-

ре Тихого океана и в Чукотском море Северного Ледовитого океана. Тем не менее, по оценкам климатологов США, в Беринговом и Чукотском морях наблюдается более высокий ветроэнергетический потенциал.

Для оценки ветроэнергетического потенциала принято [2, 5] использовать значения среднегодовой скорости ветра и среднегодовой повторяемости штилей, которые приведены в работе [1] и фрагментарно, применительно к акваториям Охотского и Японского морей, показаны на рис. 3.



**Рис. 3.** Карты характеристик ветра: а – среднегодовой скорости (м/с) на высоте 10 м над уровнем моря, б – среднегодовой повторяемости (I – 5 %; II – 10 %) штилей

Так как ось винта ветродвигателя корабля (судна) будет размещена выше 10 метров над уровнем моря, необходимо оценить среднегодовые скорости ветра на высоте установки оси винта ветродвигателя.

В работе [7] для морских условий рекомендуют рассчитывать скорость ветра на высоте установки винта ветродвигателя по формуле:

$$\frac{V_h}{V_{10}} = \left(\frac{h}{10}\right)^x, \quad (1)$$

где  $V_h$  – скорость ветра на высоте  $h$  метров,  $V_{10}$  – скорость ветра на высоте 10 метров над уровнем моря, а  $x = 0,13$  – показатель степени.

**Таблица 2**  
Среднегодовые скорости ветра на высоте установки оси ветродвигателя

Высота (м)	10	20	50	75	100
Скорость (м/с)	6	6,5	7,4	7,8	8,1
	7	7,7	8,3	9,0	9,6
	8	8,6	9,7	10,4	10,8
	9	9,7	11,1	11,7	12,2

В табл. 2 приведены значения скорости ветра, рассчитанные по формуле 1, применительно к Охотскому и Японскому морям.

Анализ данных табл. 2, показывающих профиль скорости ветра с изменением высоты, позволяет сделать вывод о высоком ветроэнергетическом потенциале Охотского и Японского морей, гарантирующем высокую экономическую эффективность применения ветродвигателей для осуществления морских транспортных операций в любое время года.

## **Литература**

1. Атласы ветрового и солнечного климатов России / Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. – СПб., 1997. – 173 с.
2. Безруких П. П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология. – М.: Колос, 2008. – 196 с.
3. Бернгардт Р. П. Развитие шкалы Бофорта применительно к современным характеристикам ветра. Морские исследования и технологии изучения природы мирового океана. – Владивосток: ДВО РАН, 2005. – Вып. 1. – С. 96–102.
4. Бернгардт Р. П. Климатологические обобщения и применение информации о скорости ветра и гололеде (на примере Сахалинской области): монография. – Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2003. – 96 с.
5. Борисенко М. М. и др. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок: руководящий документ. Зарегистрирован ЦКБ ГМП за № РД 52.04.275–89 от 16.08.90 г.
6. Заварина М. В. Строительная климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1976.
7. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. Женева. ВМО. 1983. – Обнинск: ВНИИГМЦ–МЦД, 1988. – 560 с.