

УДК 627.08

ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ В АМУРСКОМ ЛИМАНЕ

© 2015 П.А. Соколова, Т.Г. Пономарева

Дальневосточный Федеральный университет, г.Владивосток

Поступила в редакцию 11.05.2015

В работе рассмотрен один из возможных способов решения проблемы улучшения судоходных условий Амурской водной системы; рассмотрены особенности формирования ветровых колебаний волн в Амурском лимане, дан расчет высоты волн вдоль судоходного фарватера лимана при различных ветровых условиях с учетом приливов.

Ключевые слова: Амурский лиман, поля ветра, высота волн, приливы, профиль дна

Актуальность темы связана с проблемой судоходства в мелководном Амурском лимане. Мелководность судоходного Южного фарватера, соединяющего Татарский пролив с р. Амур, препятствует прохождению судов в реку в период отлива. Войдя в лиман, суда вынуждены простаивать 5-6 часов в ожидании прилива из Японского моря. Широко применяемые в настоящее время дноуглубительные работы не дают ожидаемых результатов из-за быстрой заносимости прорезей, поэтому поиск наиболее оптимальных решений весьма актуален. Примером такого решения мог бы служить проект канала, соединяющего р. Амур с Татарским проливом через озера Большое и Малое Кизи, по которому предполагалось осуществить проводку судов, минуя мелководный Амурский лиман. Но проект этот пока неосуществим. С другой стороны, проводка судов через судоходный фарватер допустима при определенных ветровых и приливных условиях. Для этого необходимы знания условий формирования ветро-волнового режима в Амурском лимане.

Проблема улучшения условий судоходства в устье Амура еще не решена. Предлагаются несколько различных мер по углублению и выправлению фарватеров в устье реки. И.А. Соловьев [9] предлагает на мелководье вблизи западных берегов лимана прорыть искусственные судоходные каналы и защитить их дамбами. Видимо, и эта мера не приведет к желаемым результатам, так как дамбы будут разрушаться волнением и льдом. Радикально проблема судоходства через устье Амура может быть решена, по-видимому, путем сооружения судоходного шлюзованного канала Амур – оз.Кизи – Татарский пролив. По предложениям Гидропроекта объем канала составит 2,5 млн.м³, шлюза – 62500 м³, количество шлюзований

предполагается до 20 раз в сутки. Месячный объем воды, забираемый в теплый период года на шлюзование, составляет 0,0375 км³, т.е. менее 1% месячного стока в самый мелководный период.

Более значительные изменения гидрологического режима предполагаются в прибрежной зоне Татарского пролива (в зоне смешения речных и морских вод) за счет притока речных вод. По предварительным расчетам теплоотдача реки в Татарский пролив составляет 3,37·10¹⁵ Дж, что приведет к повышению температуры воды в этой зоне на 2-2,5°C и уменьшению солености вод до 20‰. Эти предполагаемые изменения, учитывая небольшую зону смешения вод, не скажутся на режиме всего Татарского пролива в целом. Учитывая, что зимой канал работать не будет, изменение гидрологических условий зимой ожидать не следует. Строительство канала может перенести существенную экономическую выгоду и разрешить многие затруднения транспортной проблемы.

В настоящее время, как указывалось выше, проводка судов, через главный судоходный фарватер (южный) допустима при определенных ветровых условиях. Амурский лиман представляет собой мелководный бассейн (средняя глубина около 5 м), соединяющий Японское и Охотское моря (рис. 1). Большая часть лимана заполнена отмелями и банками, среди которых проходят узкие судоходные фарватеры с глубинами от 5 до 20 м. [5]. Близкое соседство с Тихим океаном определяет муссонный характер климата, что оказывает большое влияние на рельефообразующие процессы и режим лимана в целом. В летний период над бассейном создаются благоприятные условия циклогенеза. Преобладающими являются ветры южных направлений. Наиболее часто повторяются слабые ветры (до 5 м/с) и умеренные (6-10 м/с). Максимальные скорости ветра не превышают 25 м/с. Летом в муссонную циркуляцию могут вносить коррективы тайфуны [1, 4]. Ветровые колебания волн в Амурском лимане формируются на фоне приливных явлений, вызванных приливными волнами Охотского и Японского морей. Величина прилива слабо

Соколова Полина Алексеевна, аспирантка
Пономарева Тамара Гавриловна, кандидат географических наук, доцент кафедры океанологии и гидрометеорологии Школы естественных наук. E-mail: ptamara24@gmail.com

Таблица 1. Повторяемость скорости ветра и средние параметры волн по направлениям

Характеристики ветра			Повторяемость скоростей ветра, Р %					Средние характеристики волны, h м								
Направление ветра	Гравитация поля ветра	Значение ветра в т. Ут, м/с	VI	VII	VIII	IX	X	м. Лазарев			м. Пронге			м. Джаоре		
								продолжи- тель- ность с	Высота h, м	Длина, м	продолжи- тель- ность с	Высота h, м	Длина, м	продолжи- тель- ность с	Высота h, м	Длина, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
СЗ	0-5		2,2	2,5	2,8	3,7	6,5									
	6-10	6	2,1	1,4	1,1	5,3	10	2,6	0,3	10,4	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5
	11-15	11	0,33	-	0,33	0,9	3,2	3,1	0,5	15,7	2,8	0,4	12,0	2,8	0,4	12,0
	16-20	16	-	-	-	0,33	0,57	3,8	0,8	23,6	3,5	0,7	19,7	3,2	0,6	16,1
	21-25	21	0	0	0	0	0	4,2	1,0	28,7	3,9	0,9	24,7	3,6	0,8	21,6
С	0-5		5,8	7,0	7,1	6	5,4									
	6-10	6	4,4	4,0	2,9	7,6	11	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5
	11-15	11	1,8	0,66	0,41	2,1	4,1	3,1	0,5	15,7	2,8	0,4	12,0	3,1	0,5	15,7
	16-20	16	0,41	0,16	0,08	0,16	0,57	3,5	0,7	19,7	3,2	0,6	16,1	3,5	0,7	19,7
	21-25	21	-	-	-	0,08	0,25	4,2	1	28,7	3,6	0,8	22,0	4,2	1	28,7
СВ	0-5		2,8	3,3	3,9	3,7	2,5									
	6-10	6	3,5	3,3	2,1	3,6	3,4	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5
	11-15	11	0,98	0,82	0,41	0,9	0,66	3,1	0,5	15,7	2,8	0,4	12,0	3,1	0,5	15,7
	16-20	16	0,08	-	-	0,33	0,16	3,8	0,8	23,3	3,2	0,6	16,1	3,5	0,7	18,7
	21-25	21	-	-	-	0,08	-	4,2	1	28,7	3,6	0,8	21,6	4,2	1	27,8
В	0-5	6	2,7	3,9	4,2	1,2	0,74	2,0	0,2	6,5	2,0	0,2	6,5	2,6	0,3	10,4
	11-15	11	-	0,33	0,33	0,66	0,57	3,5	0,6	19,2	2,8	0,4	12,0	2,8	0,4	12,0
	16-20	16	0,08	-	-	0,16	0,08	3,5	0,7	19,7	2,9	0,5	23,8	3,5	0,7	19,7
	21-25	21	-	-	-	0,08	-	4,2	1	28,7	3,2	0,7	17,6	3,9	0,9	24,7
ЮВ	0-5	4	5,0	9,4	7,5	5,4	1,5	2,2	0,2	7,7	2,2	0,2	7,7	2,2	0,2	7,7
	6-10	8	1,5	3,5	4,2	3,6	0,57	2,9	0,4	13,4	2,4	0,3	9,0	2,9	0,4	13,4
	11-15	15	0,66	0,25	0,16	0,33	0,41	3,8	0,7	22,3						
	16-20	20	0,25	-	0,08	-	-	4,4	1,1	30,8	3,7	0,8	22,0	4,2	1,0	28,4
	21-25	25	0,16	-	-	-	-	4,9	1,4	40,0	4,0	1,0	25,6	4,5	1,2	32,5
Ю	0-5	4	11	14	16	11	2,9	2,2	0,2	7,7	1,4	0,1	3,4	2,2	0,2	7,7
	6-10	8	11	10	12	8,2	3	2,9	0,4	13,4	2,4	0,3	9,3	2,4	0,3	9,3
	11-15	14	3,8	1,7	1,5	1,6	0,49	3,4	0,6	17,6	2,9	0,5	14,1	2,9	0,5	14,1
	16-20	20	0,41	0,16	-	0,16	0,08	3,8	0,9	24,8	3,7	0,8	22	3,4	0,7	18,4
ЮЗ	0-5	5	6,1	5,6	9	4,1	4,6				1,4	0,1	3	1,4	0,1	3
	6-10	10	8,6	7,1	8,9	6,5	8,7	1,1	0,1	2,1	2,4	0,3	8,9	2,4	0,3	8,9
	11-15	15	2,2	1,5	1,6	0,82	0,49	1,5	0,2	3,8	2,9	0,5	14	2,9	0,5	14
	16-20	20	0,08	-	0,33	0,08	-	2,2	0,4	8,4	3,4	0,7	18,4	3,4	0,7	18,4
	21-25	25	-	-	0,08	-	-	2,7	0,6	12,5	3,2	0,8	17,5	3,2	0,8	17,5
З	0-5	6	1,6	2,5	2,3	4,2	7,6	1,3	0,1	2,8	1,3	0,1	2,8	1,3	0,1	2,8
	6-10	11	1,2	1,2	2,1	5,5	10	1,8	0,2	5,2	1,8	0,2	5,2	1,8	0,2	5,2
	11-15	16	0,33	0,08	0,1	1,3	1,2	2,4	0,4	10,2	2	0,3	6,4	2,4	0,4	10,2
	16-20	21	-	-	-	-	0,25	2,5	0,5	10,6	2,5	0,5	10,6	2,9	0,6	14,1
Шт иль			12	14	9,3	7,6	9,4									

Таблица 2. Основные характеристики в расчетных точках

Характеристики	Пункты		
	м.Пронге	м.Джаоре	м.Лазарев
средняя глубина в точке, приведенная к теоретическому нулю глубин, Н м.	10	5	10
наибольшая величина прилива над теоретическим нулем глубин, А м.	1,0	1,4	1,8

Полученные в результате статистической обработки характеристики волн и ветра можно экстраполировать для получения экстремальных значений этих характеристик на период до 50 лет. При этом наибольшее значение скоростей ветра и высот волн, возможные один раз в n лет, отвечают обеспеченности, определяемой по формуле

$$F_n = \frac{25}{N_n}, \quad (1)$$

где N – число дней в интервале, для которого построены кривые распределения (для месячных кривых $N = 30$ дней); n – заданное число лет ($n = 1; 5; 10; 20; 50$).

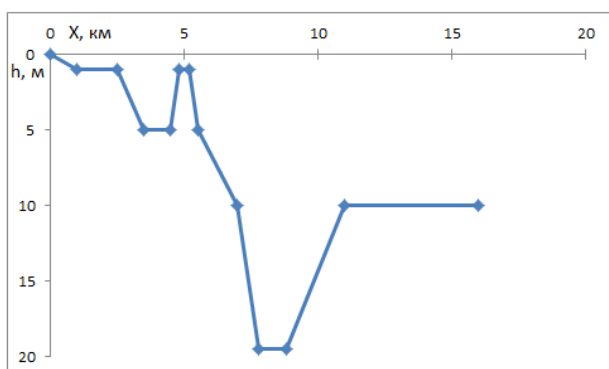


Рис. 2. Профиль дна вдоль юго-восточного направления ветра от подветренного берега до расчетного створа (м. Лазарев)

Иногда практику гидрометеорологического обеспечения различных морских работ интересуют высоты волн заданной обеспеченности, чаще всего при обеспеченности $P=3\%$ в квазистационарном ряду волн. Такие высоты получают с помощью функции распределения Реллея (K_n), числовые значения которой представляют известные коэффициенты [7] при различных соотношениях высоты волны к глубине в расчетной точке. Умножением этого коэффициента на рассчитанную среднюю высоту волны получают волны заданной

обеспеченности, т.е. $h_F = h K_n$. Аналогично получают длину волны (λ) и ее продолжительность (τ) $\lambda_F = \lambda K(\lambda)$ и $\tau_F = \tau K(\tau)$. Параметры волн в расчетных пунктах при обеспеченности 3% приведены в табл. 3. Расчетные данные табл. 1 (графы 10, 13, 16) показывают, что средняя высота волн изменяется от 0,1 м при западных ветрах скоростью до 5 м/с до 1,4 м при юго-восточных ветрах скоростью 21–25 м/с. Ее наибольшие значения формируются у м. Лазарев. Уменьшение этих величин у м. Джаоре до 1,2 м. и у м. Пронге до 1,0 м происходит в результате значительного придонного трения на мелководье. Расчетные характеристики высоты волны, при обеспеченности 3%, полученные с помощью функции распределения Реллея и достигают 2,7 м у м. Лазарев, уменьшаясь до 2,0 м у м. Пронге (табл. 3).

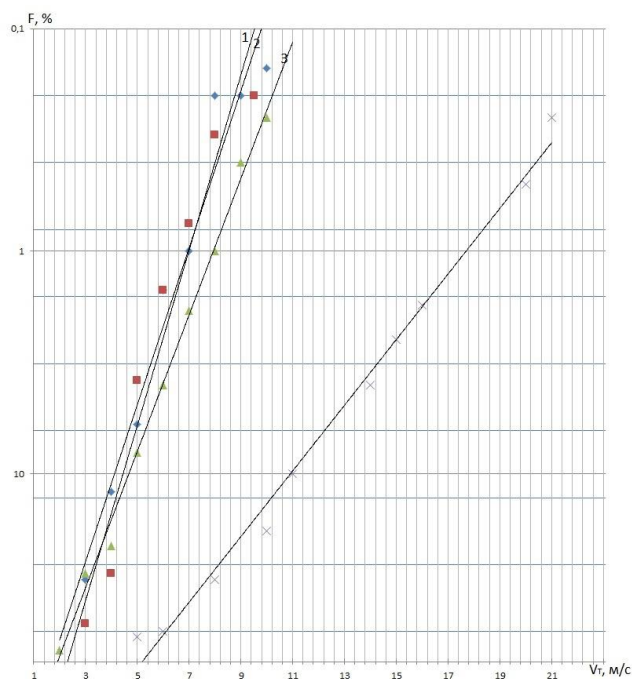


Рис. 3. Кривые распределения скорости ветра в точке (VT) и средней высоты волны ($\bar{h}$) в расчетных пунктах (сентябрь). 1 – м.Лазарев, 2 – м.Джаоре, 3 – м.Пронге

Таблица 3. Параметры волн 3%-ой обеспеченности в расчетных пунктах Амурского лимана

м. Лазарев			м. Джаоре			м. Пронге		
высота волны h , м	период τ	длина λ , м	высота волны h , м	период τ	длина λ , м	высота волны h , м	период τ	длина λ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,7	7,5	75	2,3	6,9	54,0	2,0	6,2	52
2,2	6,8	58	1,9	6,5	50,0	1,8	6,0	50
2,0	6,5	58	1,7	6,0	44,0	1,6	5,5	4
1,8	5,9	50	1,6	5,5	39,0	1,4	5,1	38
1,6	5,7	48	1,4	5,2	34,0	1,2	4,9	34
1,4	5,5	42	1,2	4,9	32,0	1,0	4,5	29
1,2	5,1	36	1,0	4,6	28,0	0,8	4,2	25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	4,6	31	0,8	4,3	24,0	0,6	3,7	19
0,8	4,0	23	0,6	3,7	20,0	0,4	3,1	12
0,6	3,4	16	0,4	3,1	14,0	0,2	2,2	6
0,4	3,1	13	0,2	2,2	6,0			
0,2	1,8	4						

Выводы: проведенные исследования полей ветра и волн позволили получить исчерпывающие характеристики волнения в Амурском лимане по судоходному Южному фарватеру и могут быть использованы в практике пропуска судов через Амурский лиман.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гидрология морских устьев рек Дальнего Востока. – Труды ДВНИИГМИ. 1989. Вып. 38, 182 с.
2. Давидан, И.Н. Ветровое волнение в мировом океане / И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А. Рожков. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. 255 с.
3. Методические указания. Расчет режима морского ветрового волнения. Вып. 42. – М.: 1979. 96 с.
4. Михайлов, В.Н. Гидрология устьев рек. – М.: издательство МГУ, 1998. 176 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 18. Дальний Восток. Вып. 2. Нижний Амур. – М.: Гидрометеиздат, 1970.
6. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устье рек при инженерных изысканиях. – М.: Гидрометеиздат, 1973. 535 с.
7. Руководство по расчету параметров ветрового волнения. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. 140 с.
8. Справочник по климату СССР. Вып.25: Хабаровский край и Амурская область. Части 1 – 6. – СПб: Гидрометеиздат, 1992.
9. Соловьев, И.А. Амуро-лиманский русловой процесс и водные пути. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН; ПФРГО-ОИАК, 1995. 269 с.

WIND WAVES IN AMURSKIY LIMAN

© 2015 P.A. Sokolova, T.G. Ponomareva

Far Eastern Federal University, Vladivostok

In the paper we consider one of the possible ways of improving navigation conditions in Amur water system; we also focuses on the features of formation the wind-wave oscillations in Amurskiy liman, methods and examples of calculating the wave heights along the navigable channel of liman under the different wind conditions and tides.

Key words: *Amurskiy liman, wind fields, wave height, tides, bottom profile*