

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И РЕЖИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 556.54(282.252.9:265.72)

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ р. ХОНГХА (КРАСНАЯ)¹

© 2011 г. М. В. Исупова*, В. Н. Михайлов**

*Институт водных проблем Российской академии наук
119333 Москва, ул. Губкина, 3

**Московский государственный университет
119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы

Поступила в редакцию 18.05.2010 г.

Рассмотрены основные особенности гидрологических процессов в устьевой области р. Хонгха во Вьетнаме. Дана краткая характеристика географо-гидрологических условий в бассейне р. Хонгха и в ее приемном водоеме – зал. Бакбо Южно-Китайского моря. Выявлены основные особенности устьевой области р. Хонгха как специфического географического объекта. Дана подробная характеристика гидрологического режима дельты и устьевого взморья р. Хонгха. Рассмотрены водный баланс дельты, стоковые уровни воды и затопление дельты, распределение стока воды и наносов по дельтовым рукавам, влияние на режим дельты приливов, тайфунов и штормовых нагонов. Кратко рассмотрены современные проблемы использования и охраны природных ресурсов устья р. Хонгха.

Ключевые слова: река, море, дельта, водный баланс, приливы, тайфуны, штормовые нагоны, наводнения.

Устьевая область (УО) р. Хонгха – вторая по величине во Вьетнаме после устья р. Меконг. Эта УО имеет сложное морфологическое строение (рис. 1). Важная часть УО – сложноразветвленная дельта. УО р. Хонгха обладает сложным гидрологическим режимом, на который одновременно влияют муссонные колебания стока реки, приливы, тайфуны и штормовые нагоны.

Устье р. Хонгха играет важную роль в экономике Вьетнама; ее природные ресурсы широко используются сельским и рыбным хозяйством страны, водным транспортом. Дельта р. Хонгха – один из самых плотно населенных районов не только во Вьетнаме, но и во всей Юго-Восточной Азии.

До последнего времени УО р. Хонгха и ее гидрологический режим были изучены недостаточно. Однако в последние десятилетия специалистами Вьетнама и других стран получены новые обширные и интересные данные о процессах, происходящих в этой УО [6, 19–21, 24, 25, 27–30]. В России об устье р. Хонгха и ее современном режиме почти ничего не известно. Поэтому приведенный в настоящей статье обзор результатов научных исследований в УО этой реки может иметь для российских специалистов в области водных ресурсов и их использования как общепознавательный, так и специальный научный интерес. Особый интерес может

представлять анализ приливных процессов в рассматриваемой УО, еще слабо изученных в устьях рек нашей страны.

ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА р. ХОНГХА

Общие сведения о реке и ее бассейне

Р. Хонгха (Hong Na) или Сонгхонг, получила свое название от вьетнамского слова “hong”, что означает красный цвет. В мировой географической литературе эту реку чаще называют Красной. Название реки обязано своим происхождением красноватому оттенку ее воды, насыщенной мелкими взвесями такого цвета.

Р. Хонгха берет начало на Юньнаньском нагорье (провинция Юньнань, Китай), где ее называют р. Юаньцзян, что означает “первоначальная” (первородная) река [12]. В верховьях река течет в глубоких ущельях главным образом в юго-восточном направлении, совпадающем с простираем горных хребтов и направлением главных тектонических разломов. Только в нижнем течении река приобретает равнинный характер. Впадает р. Хонгха в зал. Бакбо (Тонкинский) Южно-Китайского моря.

Основные притоки р. Хонгха: правый – р. Да (в переводе Черная) и левый – р. Ло (Светлая). Приток Да, именуемая в верхнем течении (на территории Китая) Бабяньцзян – наиболее крупный, его

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-00061, 11-05-00199).

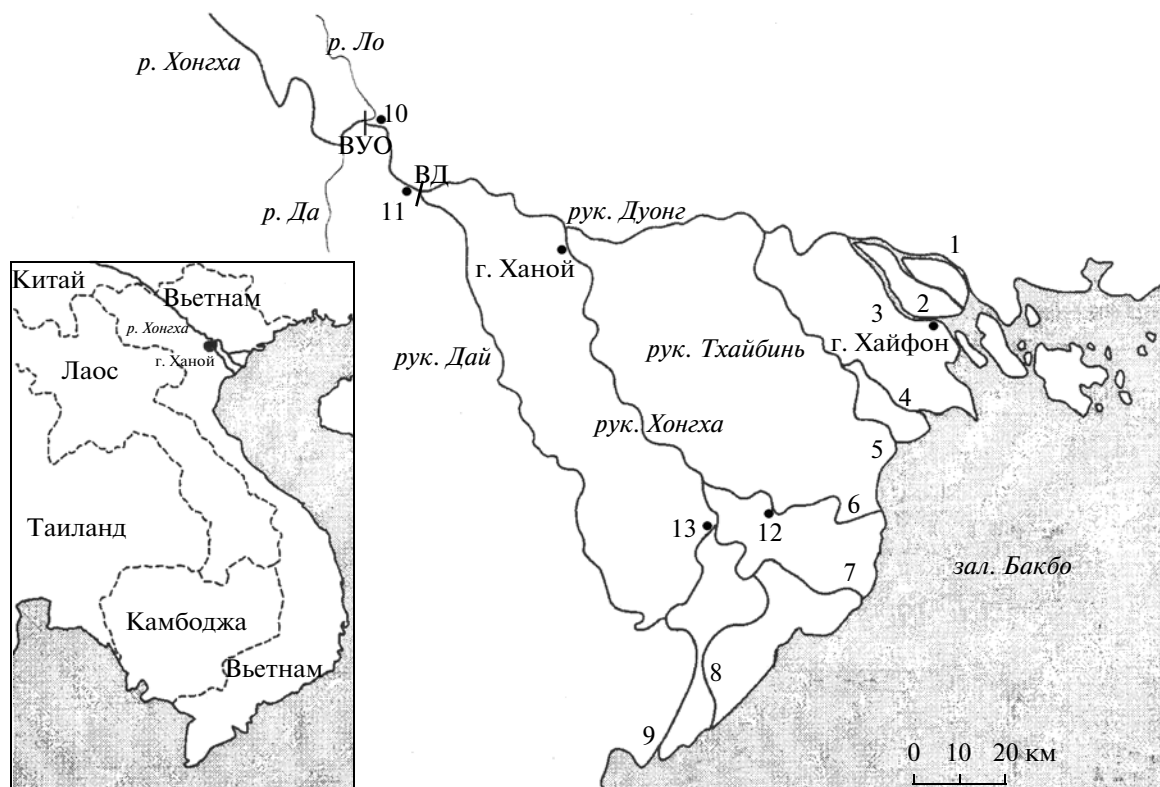


Рис. 1. Карта-схема устьевой области р. Хонгха по [25, 26]. Устья рукавов дельты: 1 – Латьхуен, 2 – Намчьеу, 3 – Киньтхай, 4 – Ванук, 5 – Тхайбинь, 6 – Чали, 7 – Балат, 8 – Нинько, 9 – Дай. Населенные пункты: 10 – Вьетчи, 11 – Шонтэй (Шонтай), 12 – Тхайбинь, 13 – Намдинь. ВД – вершина дельты, ВУО – вершина устьевой области.

длина 1010 км. Р. Хонгха выше впадения притока Да иногда во Вьетнаме называется Тхао [6, 19].

Согласно большинству и наиболее достоверным сведениям длина р. Хонгха составляет 1183 [11, 12, 23] или ~1200 км [7, 26], а площадь бассейна 158 [11, 12] или ~160 тыс. км² [23]. Но в литературе встречаются и другие данные: длина реки 1138.5 [19], 1800 км [18], а площадь бассейна 143.6 [6], 143.9 [15], 145 [7], 155 [30], 156.4 тыс. км² [19]. Протяженность реки в пределах Вьетнама равна 510 км [3, 17]. Уклон реки довольно велик – 29.9‰ [19].

Климат

Регион, охватывающий среднюю и нижнюю части бассейна р. Хонгха (на территории Вьетнама), находится в тропическом и субтропическом климатических поясах и относится к зоне действия муссонов. Для региона характерны два главных сезона – влажное жаркое лето (преобладание южного и юго-западного влажного муссона) и сухая мягкая зима (северо-восточный сухой муссон) [3, 7, 16, 18].

В равнинных частях бассейна средняя температура воздуха в зимний период (ноябрь–март) составляет 17–20, минимальная <5°C. В окрестностях г. Ханой в наиболее прохладное время года (январь) воздух прогревается до 14–16°C, ночью температу-

ра может понижаться до 2.7°C. Такие низкие температуры воздуха в зимний период – явление не типичное для тропиков, поэтому некоторые географы считают климат низовьев р. Хонгха не тропическим, а субтропическим [3, 18]. В летний период максимальная температура воздуха составляет в среднем 29–32°C (г. Ханой), а зарегистрированный абсолютный максимум 42.8°C.

Согласно [1] годовая сумма осадков в бассейне р. Хонгха изменяется в пределах 1500–3000 мм, в среднем составляя ~1700 мм. В горах осадков больше, чем на равнинах. Максимальные осадки наблюдаются в мае–августе, минимальные – в ноябре–апреле. Испарение составляет ~800 мм; испаряемость ~1250 мм в год. Индекс сухости по М.И. Будыко, равный отношению испаряемости к осадкам, составляет ~0.7. Это свидетельствует о том, что бассейн р. Хонгха может быть отнесен к областям достаточного увлажнения.

По более новым данным [27] годовая величина осадков в бассейне р. Хонгха изменяется в пределах 1200–4800 мм. Примерно 80% осадков приходится на период с мая по октябрь. В июле и августе (самые дождливые месяцы) в зависимости от района выпадает по 270–450 мм ежемесячно. В ноябре–декабре (самые сухие месяцы) выпадает лишь по 10 мм осадков.

Таблица 1. Внутригодовое распределение среднемесячных величин расходов воды Q и мутности воды s р. Хонгха по [6]

Характеристика	Водоток, г/п	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Q , м ³ /с	р. Хонгха,	1520	1070	896	1080	1680	4680	8290	9230	5990	4200	3090	1850	3631
%	Шонтэй	3.5	2.5	2.1	2.5	3.9	10.7	19.0	21.2	13.7	9.6	7.1	4.2	100.0
s , г/м ³	рук. Хонгха,	194	167	146	255	476	950	1220	1418	991	838	571	332	630
%	Ханой	2.6	2.2	1.9	3.4	6.3	12.6	16.1	18.8	13.1	11.1	7.5	4.4	100.0

Таблица 2. Распределение стока воды и взвешенных наносов р. Хонгха по сезонам по [6] (в скобках – доля стока рук. Хонгха, % стока всей реки)

Водоток, г/п	Сток воды					Сток взвешенных наносов				
	год, км ³	половодье (VI–X)		межень (XI–V)		год, млн. т	половодье (VI–X)		межень (XI–V)	
		км ³	%	км ³	%		млн. т	%	млн. т	%
р. Хонгха, Шонтэй	114.6	85.0	74.2	29.6	25.8	116.7	107.5	92.1	9.2	7.9
рук. Хонгха, Ханой	85.44 (74.6)	63.48 (74.7)	74.3	21.96 (74.2)	25.7	74.98 (64.3)	68.46 (63.7)	91.3	6.52(70.9)	8.7

Во время смены муссонов во второй половине влажного сезона в низовьях р. Хонгха нередки тайфуны, сопровождающиеся сильными ливнями. Максимальная скорость ветра в этот период может достигать 33–50, а в редких случаях 60–80 м/с.

Гидрологический режим р. Хонгха

Водный режим р. Хонгха зависит, прежде всего, от особенностей климатических условий бассейна, которые характеризуются достаточным увлажнением. Это способствует большому коэффициенту стока и повышенной водоносности реки. Муссонный характер климата с двумя хорошо выраженными влажным и сухим сезонами определяет большую неравномерность водного стока в течение года. Питание реки преимущественно дождевое.

Составляющие годового водного баланса бассейна р. Хонгха [7] следующие: атмосферные осадки 1690 мм (245 км³ при площади бассейна 145 тыс. км²), испарение 807 мм (117 км³), сток воды 883 мм (128 км³); коэффициент стока 0.52.

Опубликованные сведения о среднем стоке воды р. Хонгха в вершине дельты (ВД) противоречивы. Среднегодовое расхождение воды р. Хонгха в ВД на гидрологическом посту (г/п) Шонтэй (Шонтай) (185 км от моря), упоминающийся в литературе, составляет от 3600 до ~3910 м³/с [6, 11, 12, 14, 15], а сток воды – от 115 до 137 км³/год [3, 6, 7, 22, 27]. Различия в оценках величины стока воды реки, возможно, объясняются недостаточной ее гидрологической изученностью, а также тем, что авторы статей в своих оценках и расчетах использовали относительно ненадежную информацию или ряды

наблюдений разной длительности. По мнению авторов настоящей статьи наиболее достоверны данные многолетних наблюдений за 1902–1986 гг. на г/п Шонтэй, приведенные в [6] (табл. 1). Эти данные позволяют оценить величину среднегодового стока и объема стока воды: 3631 м³/с и 114.6 км³/год.

В многолетних изменениях среднегодовых расходов воды р. Хонгха можно выделить многоводные (1906–1952, 1967–1973 гг.) и маловодные (1953–1966, 1974–1985 гг.) периоды; при этом наибольший среднегодовой расход воды реки наблюдался в 1947 г. (4120 м³/с), а наименьший – в 1902 г. (930 м³/с) [6].

Р. Хонгха отличается очень неравномерным распределением стока воды в течение года (табл. 1). На период половодья (июнь–октябрь) приходится >74% годового стока (табл. 2), а на межень (ноябрь–май) ~26%. Наиболее многоводные месяцы – август и июль (21.2 и 19.0% годового стока соответственно), самые маловодные – март, февраль и апрель (2.1–2.5%) (табл. 1). Водность самого многоводного месяца превышает водность самого маловодного более чем в 10 раз. По оценкам [25] средний расход воды в ВД р. Хонгха в сухой сезон равен 1200, а во влажный 14600 м³/с. Максимальный расход воды, зарегистрированный в низовьях р. Хонгха, составляет 38000 м³/с (историческое половодье в августе 1971 г.), минимальный 368 м³/с [6, 27].

Характер внутригодового распределения стока воды, выявленный для р. Хонгха (г/п Шонтэй), свойственен и рукавам дельты реки (табл. 2). Важно отметить, что половодье в низовьях и дельте р. Хон-

гха начинается на 1–2 мес. позже наступления влажного (дождливого) сезона в бассейне реки. Волна половодья обычно складывается из ряда паводков, обусловленных сильными ливневыми дождями (рис. 2).

Уровни воды в период половодья в низовьях реки могут подняться на 7–10 м (рис. 2), а в особенно многоводные годы — и на 13 м [11, 18]. На режим расходов и уровней воды в низовьях реки большое влияние оказывают колебания стока на многоводных притоках Ло и особенно Да, который увеличивает сток р. Хонгха в ~2 раза [6].

Р. Хонгха имеет довольно большой сток наносов, что объясняется, во-первых, слабой противоэрозивной устойчивостью грунтов в бассейне, а во-вторых, — большой неравномерностью водного стока и высокими скоростями течения в период половодья. В последние десятилетия эрозию в бассейне усилила массовая вырубка лесов [25].

Сведения о стоке наносов р. Хонгха в литературе еще более противоречивые, чем данные о стоке воды. По разным источникам среднегогодовой сток взвешенных наносов на г/п Шонтэй составляет 100 [24], 114–117 [6], 125–130 [11, 23, 28] и 160 млн. т [22]. Причины столь больших различий в оценках стока наносов реки те же, что и упомянутые выше причины, касающиеся различий в величинах стока воды. Если принять по [6] среднегогодовую величину мутности воды на г/п Шонтэй, равной 1018 г/м^3 , а величину стока воды $114.6 \text{ км}^3/\text{год}$ (табл. 2), то величина стока взвешенных наносов реки составит 116.7 млн. т/год. Схожая величина (116 млн. т/год) приведена в одной из недавних работ, посвященных дельте р. Хонгха [25].

Распределение стока взвешенных наносов в течение года еще более неравномерно, чем внутригодовое распределение стока воды. Это объясняется тем, что в период половодья на фоне повышенных расходов воды заметно возрастает и мутность воды (до $2\text{--}3 \text{ кг/м}^3$, а по некоторым данным [6] и больше) (табл. 1). Поэтому в период половодья в реке доля стока взвешенных наносов больше, чем доля стока воды (табл. 2). На этот период приходится 91–92% годового стока взвешенных наносов, а на межень — всего 8–9% (табл. 2). В стоке наносов р. Хонгха преобладают частицы ила и глины, содержащие большое количество железа и придающие кирпично-красный цвет речной воде [16].

Сток растворенных веществ, поступающих в море с водами р. Хонгха, составляет ~70 млн. т/год [23, 28]. По степени содержания в воде биогенных веществ воды р. Хонгха и ее притоков оцениваются как мезотрофные [19]. Некоторые данные о содержании растворенных веществ в водах реки и их стоке приведены в табл. 3.

По данным [25] сооружение в конце 1980-х гг. на самом крупном притоке — р. Да — водохранилища Хоабинь привело к некоторому внутригодовому пе-

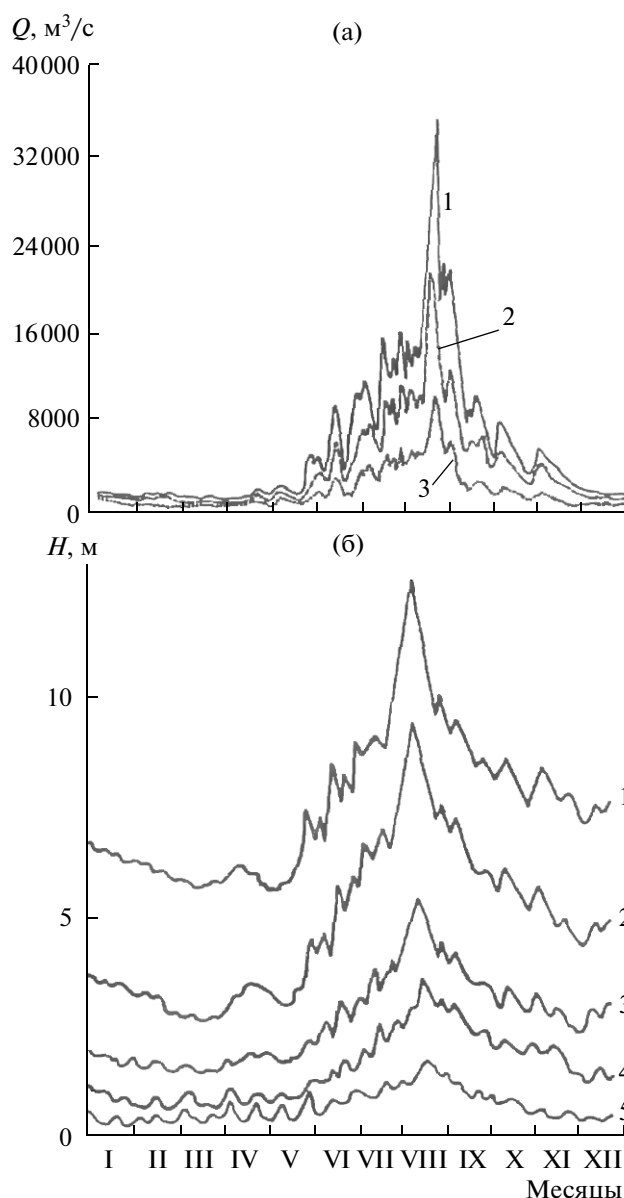


Рис. 2. Графики внутригодового изменения расходов (а) и уровней воды (б) в УО р. Хонгха в 1982 г. по [6] на г/п: 1 — Шонтэй (185 км от моря), 2 — Ханой (140 км), 3 — Фухао (46 км), 4 — Балат (3 км), 5 — на МКД.

рераспределению стока воды и заметному сокращению стока наносов. Это объясняется, во-первых, важной ролью притока Да в стоке наносов на устьевом участке и в дельте р. Хонгха (эта доля составляет ~55%) [6], а во-вторых, — большой наносозадерживающей способностью водохранилища Хоабинь. К сожалению, данные об изменении стока наносов р. Хонгха ниже впадения в нее р. Да после сооружения водохранилища Хоабинь в литературе отсутствуют. Поэтому все сведения о стоке наносов, приведенные как в настоящей статье, так и в цитируе-

Таблица 3. Концентрация и сток растворенных веществ в низовьях р. Хонгха в 2003–2004 гг. по [19]

Водоток	Кислород, мг/л	Общий азот		Общий фосфор	
		мг/л	тыс. т/год	мг/л	тыс. т/год
р. Хонгха выше устья р. Да	4.9	0.2	15	0.16	57
р. Да	5.4	0.6	61	0.18	274
р. Ло	5.4	0.6	55	0.29	128
рук. Хонгха (Ханой)	5.8	1.2	146	0.27	475

мых в ней публикациях, относятся к периоду до заполнения водохранилища.

Природные ресурсы бассейна р. Хонгха, их использование и охрана

К основным природным ресурсам бассейна р. Хонгха относятся плодородные почвы, лесные и водные ресурсы. Несмотря на то, что климат района бассейна реки, строго говоря, не типично тропический (размах колебаний температуры воздуха в течение года составляет 14–16°), почвы, растительность и животный мир имеют отчетливо тропический характер. В северной части Вьетнама сохранились участки первичных тропических лесов, в которых деревья достигают высоты 50–55 м. К зональным почвам бассейна реки относятся различные типы латеритов (красноземы, желтоземы, горные латериты), самые плодородные из которых формируются на вулканических породах. Наибольшее сельскохозяйственное значение имеют аazonальные аллювиальные почвы равнин, распространенные в низовьях реки и особенно в ее дельте.

Значительная часть территории бассейна р. Хонгха покрыта древесной растительностью, особенно велика доля лесов в бассейне р. Да (табл. 4). Это, в основном, вторичные влажные вечнозеленые тропические леса. Здесь произрастает >30 ви-

дов бамбука, много ценных древесных пород: железное, черное, розовое, камфорное, эбеновое, сандаловое дерево и др., используемые для получения ароматических и красильных веществ, танина, масла. Сырьем для различных отраслей промышленности служат красный шеллак, корица, анис, сосновый экстракт.

В горных районах бассейна реки, кроме широтной зональности растительности, выражена и ее высотная поясность. Влажные тропические вечнозеленые леса, покрывающие подножия горных хребтов, сменяются широколиственными субтропическими, а выше – смешанными лесами.

Животный мир бассейна р. Хонгха насчитывает ~170 видов млекопитающих, ~970 видов птиц, 270 видов пресмыкающихся [3, 18]. В зоне тропических лесов бассейна встречаются пантеры, леопарды, тигры, обезьяны, медведи, древесные виверры, летяги, белый и зеленый попугаи, фазаны, павлины, многочисленные пресмыкающиеся (крупные вараны, змеи, черепахи, ящерицы). Р. Хонгха и ее притоки богаты рыбой (>1000 видов).

В целях сохранения животного мира и редких растений (в том числе лекарственных) во Вьетнаме создано 87 особо охраняемых территорий общей площадью 7500 км² (национальные парки, заказники, заповедники) [3].

Главные отрасли экономики, использующие природные ресурсы бассейна р. Хонгха, это сельское и водное хозяйство. Сельское хозяйство – основа экономики Вьетнама, обеспечивающее продовольственную безопасность страны [12, 16, 18]. Основные обрабатываемые земельные площади в бассейне р. Хонгха (17%) заняты под рисовые плантации (на равнинах – поливной рис, на горных склонах и холмах – суходольный) (табл. 4). В низовьях и дельте реки урожайность риса достигает 10–15 т/га, при этом обычно снимают два урожая в год. Помимо выращивания риса и других сельскохозяйственных культур (текстильных, сахаристых, масличных, стимулирующих, смоловых, плодовых, овощных) (~20% земель), сельское население, сосредоточенное в низовьях и дельте р. Хонгха, зани-

Таблица 4. Данные об использовании земель и плотности населения в бассейне р. Хонгха (1997 г.) по [19]

Характеристика	Бассейны рек			Дельта	Бассейн реки в целом
	Хонгха выше устья р. Да	Да	Ло		
Земли, занятые под посевы риса, %	18.7	12.5	8.1	63.0	17.0
Земли, занятые под другие с/х культуры, %	14.4	3.0	58.6	3.9	19.8
Степи, %	7.2	3.6	3.9	2.6	5.0
Леса, %	54.2	74.4	22.4	17.8	51.6
Горные участки, %	4.1	6.2	6.4	5.9	5.4
Города и населенные пункты, %	1.4	0.3	0.6	6.8	1.2
Плотность населения, чел/км ²	150	101	132	1174	192

Таблица 5. Характеристика волнения в прибрежной зоне зал. Бакбо по [24]

Характеристика	Направление ветра								
	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю
Средняя высота волн, м	1.22	1.60	2.05	1.47	1.35	1.15	1.54	1.99	1.73
Средний период волн, с	5.0	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	7.0

мается рыболовством, разведением креветок в специальных водоемах, выращиванием аквакультуры, добычей соли на особых площадках.

Водные ресурсы реки используются главным образом на орошение земель в сухой период года. Начато использование вод притоков р. Хонгха и в целях получения электроэнергии. На одном из главных притоков реки – р. Да – при содействии СССР была сооружена крупнейшая во Вьетнаме ГЭС Хоабинь. Одноименное водохранилище, заполненное в 1987–1989 гг., имеет площадь 208 км² и полный объем 9.5 км³ [25]. Сама р. Хонгха, по данным [3], обладает значительным энергетическим потенциалом – не менее 1.5–2 млн. кВт. Разрабатываются проекты зарегулирования р. Хонгха в ее среднем течении и ее главных притоков с целью снижения вероятности наводнений на равнинах, а также улучшения условий орошения земель. Однако имеется опасность быстрого заиления водохранилищ вследствие высокого содержания илистых наносов в речных водах [18].

Р. Хонгха – важная транспортная артерия северной части Вьетнама. В дельте находится крупный промышленный, культурный и портовый центр страны и ее столица – г. Ханой (140 км от моря), до которого поднимаются морские суда [11, 12]. Другие города на реке – Кунминг (Китай), Лаокай, Вьетчи и Йенбай (Вьетнам). В дельте в устье рук. Киньтхай находится крупный морской порт Хайфон.

ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЕМНОГО ВОДОЕМА

Общие сведения о зал. Бакбо

Приемным водоемом р. Хонгха служит зал. Бакбо (Тонкинский) – часть Южно-Китайского моря Тихого океана. Зал. Бакбо полностью входит в состав обширной материковой отмели Южно-Китайского моря, от которого он отделен п-овом Лэйчжоу и о. Хайнань. Длина залива составляет 330 км, ширина на входе 241 км. Залив мелководен: максимальные глубины – до 70–80 м [2], в центральной части 52 м [4]. Рельеф дна зал. Бакбо плоский, дно сложено выносами р. Хонгха. Берега залива в районе УО р. Хонгха главным образом равнинные дельтовые, сложены аллювиальными отложениями, которые формируются преимущественно под действием

не волновых факторов и покрывают более древние осадочные сцементированные породы [2, 5].

Климат и гидрологический режим

Климатические и гидрологические условия зал. Бакбо во многом определяются муссонным характером циркуляции атмосферы. С ноября по март над заливом дуют устойчивые и сильные ветры зимнего северо-восточного муссона. С мая по сентябрь преобладают более слабые ветры южного муссона [2, 4, 10, 11]. В прибрежной зоне наибольшей повторяемостью обладают также северо-восточные и южные ветры [25]. Согласно [15] повторяемость ветра, направленного к берегу дельты, составляет 30%, от берега – 15, вдоль берега к югу – 29, к северу – 26%.

Ветры создают довольно сильные дрейфовые течения. Хотя в Южно-Китайском море в целом в период зимнего северо-восточного муссона преобладают течения, направленные к югу, а в период летнего южного циклона – к северу, в зал. Бакбо схема циркуляции вод более сложная [30]. В сухой сезон (зимний северо-восточный муссон) здесь у берега также преобладает течение южного направления, и в заливе формируется один круговорот течений циклонического типа (против часовой стрелки). Во влажный же сезон (летний южный муссон) образуются два круговорота, разделяющиеся как раз в районе морского края дельты (МКД) р. Хонгха: северная ветвь вдольберегового течения следует на север, южная – на юг [30].

Ветер создает в прибрежной зоне зал. Бакбо умеренное и сильное волнение, при этом наибольшая высота волн отмечается при СВ и ЮЮВ ветре (табл. 5). По некоторым данным при ветре с моря высота волн может достигать 3–4 м, а во время тайфунов даже до 8–9 м [4].

Уровень Южно-Китайского моря, как и всего Мирового океана, в постледниковую эпоху повысился не менее чем на 100 м [6, 30]. При низком положении уровня моря зал. Бакбо не существовало: на его месте была суша. Наиболее быстро уровень моря рос в периоды 15–8 тыс. лет назад (л.н.), когда интенсивность его повышения составляла от 8 до 20 мм/год. Затем (с начала 7 тыс. л.н.) подъем уровня резко замедлился, приблизился к современным отметкам, а в период 6.5–3 тыс. л.н. даже превышал их на 2–2.9 м. В последние 3 тыс. лет уровень моря,

постепенно снижаясь, вновь приблизился к современному.

Согласно [13] в XX в. уровень Мирового океана медленно повышался со скоростью 1–2 мм/год. Приблизительно так же вел себя и уровень Южно-Китайского моря. По прогнозам [13] в XXI в. уровень Мирового океана в условиях потепления климата может повыситься на величину до 1 м. Такую же величину повышения уровня моря к концу XXI в. прогнозируют в [25].

Сезонные колебания уровня в зал. Бакбо невелики – в пределах 10–30 см. Значительно большее воздействие на современные уровни воды в заливе оказывают приливные и сгонно-нагонные явления (особенно во время тайфунов). Приливы в зал. Бакбо неправильные суточные. При периоде ~24 ч время роста уровня ~11 ч, а время падения ~13 ч [30]. Приливные явления в зал. Бакбо осложнены влиянием рельефа и конфигурацией водоема и характеризуются здесь сложной интерференцией и резонансом. Согласно данным, приведенным в [30], амплитуда главной лунной суточной волны O_1 вдоль побережья дельты р. Хонгха возрастает с юга на север от 75 до 85 см; в этом же направлении увеличивается амплитуда лунно-солнечной суточной волны K_2 от 65 до 75 см. Амплитуда же главной лунной полусуточной волны M_2 составляет всего 5–17 см. Вдоль западного берега залива величина приливов увеличивается с юга на север в среднем с 2 до 4 м [30]. На взморье вблизи устья рук. Балат (средняя часть морского края дельты (МКД) р. Хонгха) величина приливов составляет от 1.9 до 2.6 м; при этом их средняя величина за 1972–1990 гг. равна 1.92 м, а максимальная зафиксированная – 3.64 м (23 декабря 1987 г.) [25]. Согласно [30] в районе устья рук. Балат величина квадратурных и сизигийных приливов составляет 0.5 и 2.5 м соответственно. В районе же порта Хайфон (северная часть МКД р. Хонгха), по данным Государственного океанографического института, величина квадратурных и сизигийных приливов равна соответственно 1.1 и 2.7 м.

Западный берег зал. Бакбо подвержен воздействию тайфунов, вызывающих сильные ветры и волнение, ливневые осадки и нагонные повышения уровня воды. Тайфуны либо возникают над самим Южно-Китайским морем, либо приходят с Тихого океана. Наиболее часты тайфуны в летние и осенние месяцы. Ежегодно в зал. Бакбо действует 10–11 тайфунов продолжительностью от 5 до 12 сут [4, 6]. Вблизи МКД р. Хонгха повторяемость нагонов высотой >2, 1.5–2, 1–1.5 и 0.5–1 м составляет соответственно 1, 1–3, 8–9 и 15–17% в году [25]. Максимальная величина нагонных подъемов уровня достигает 2.5–3 м.

Температура воды на поверхности в зал. Бакбо изменяется от 18°C в феврале (выше температуры воздуха на 2–3°C) до 28°C в августе (близкая к температуре воздуха) [2, 4].

Средняя соленость воды в заливе в поверхностном слое составляет зимой ~34.5‰, летом под действием притока речных вод она понижается до 30.5–31‰ [4].

Природные ресурсы зал. Бакбо

Активные ветровая циркуляция вод и волновое перемешивание в море способствуют насыщению вод кислородом и большому биоразнообразию. Зал. Бакбо богат рыбой (>750 видов), представленной видами, распространенными как в тропической зоне Тихого океана, так и в теплых водах умеренных широт. Промысловое значение имеют в основном придонные виды рыб: рифтовый окунь, морской карась, горбыль, ставрида, угорь. В прибрежной зоне обитают крабы, креветки, моллюски, также являющиеся объектами промысла. Потенциальные годовые уловы рыбы оцениваются в ~3 млн. т, а креветок – в 65 тыс. т. Значительны запасы моллюсков, морской капусты и других морепродуктов.

На шельфе зал. Бакбо обнаружены богатые залежи нефти и газа. По некоторым данным [3] запасы нефти здесь оцениваются в 2.5 млрд. т. В последнее время возросло загрязнение вод залива нефтепродуктами [4].

Зал. Бакбо, его побережье и острова широко используются для туризма, рекреации, любительского рыболовства. Особая достопримечательность Вьетнама – бух. Халонг (глубиной <20 м) в зал. Бакбо, расположенная севернее дельты р. Хонгха и признанная ЮНЕСКО одним из чудес света [18]. На лазурном пространстве этого залива разбросаны >1600 небольших островов и скал причудливых форм, напоминающих бойцовых петухов, лягушек, ритуальные вазы и т.п. Острова имеют карстовое происхождение (так называемый башенный карст) и образовались вследствие затопления части побережья залива несколько тысяч лет тому назад.

ОСНОВНЫЕ ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УО р. ХОНГХА

Гидрография и рельеф

УО р. Хонгха относится к эстуарно-дельтовому типу. Она состоит из четырех частей: устьевого приливного участка реки (части ее нижнего течения), обширной многорукавной приливной дельты, небольших эстуариев на нижних участках некоторых дельтовых рукавов и открытого приглубого приливного устьевого взморья (рис. 1).

Вершина УО р. Хонгха находится в ~210 км от ее МКД около г. Вьетчи и устья притока Ло, где выклиниваются в межень приливные и нагонные колебания уровней воды. В 25 км ниже по течению (в 185 км от моря) около г. Шонтэй в месте отделения от реки рук. Дай находится вершина дельты р. Хонг-

ха. Длина устьевого участка реки между вершинами УО и ВД составляет, таким образом, 25 км.

Ниже ВД начинается главный рукав дельты длиной 185 км — продолжение р. Хонгха в пределах дельты, имеющий то же название (рис. 1). В нижней своей части этот рукав носит название Балат. От главного рукава дельты влево и вправо отходит ряд рукавов. В настоящее время воды р. Хонгха втекают в зал. Бакбо через 9 устьев [30] (рис. 1), расположенных с севера на юг вдоль МКД: Латьхуен (5% суммарного речного стока в море), Намчьеу (10), Киньхай (5), Ванук (19), Тхайбинь (6), Чали (9), Балат (21), Нинько (6) и Дай (19%). Наиболее водоносны в своих устьях рукава Ванук, Балат и Дай. В их устьях находятся устьевые бары, активно выдвигающиеся в море.

В нижних приморских частях трех упомянутых выше рукавов находятся эстуарные расширения (их образование объясняется большими приливами в этой части МКД и небольшим стоком наносов рукавов).

Рельеф дельты р. Хонгха низменный и плоский. По данным [30] средний уклон поверхности дельты 5.9×10^{-5} (~6 см/км). Согласно [27] >50% поверхности дельты имеет отметки <2 м над уровнем моря (у.м.). В [25] приведены несколько иные данные: 56% поверхности дельты имеет отметки <5 м над у.м., 36% — <2.5 м над у.м., 1% — ниже у.м. Если бы дельта находилась в естественном состоянии, то большая ее часть заливалась бы во время половодья. В последние 500 лет дельту р. Хонгха “защищает” система продольных речных дамб. Согласно [27] их общая длина составляет ~3000 км. Приморские районы дельты защищают от нагонов (особенно во время тайфунов) ряды “морских” дамб, суммарная длина которых равна ~1500 км [27].

В дельте существует до 30 оросительных систем, обеспечивающих поля водой в сухой сезон [27].

Устьевое взморье р. Хонгха занимает прибрежную зону зал. Бакбо, выделяется по характеру рельефа (ограничено изобатой 20 м) и опресняющему воздействию речных вод в период половодья. Ширина устьевого взморья ~30 км [6]. На эрозионных участках взморья (например, севернее устья рук. Нинько) уклон дна ~2‰ [24]. Вблизи устьев рукавов Балат и Дай уклон дна значительно больше. Так, на морском склоне бара в устье рук. Балат в диапазонах глубин 5–10, 10–15 и 15–20 м уклоны дна составляют соответственно 3.5, 5.5 и 5‰. Такой уклон дна позволяет классифицировать взморье р. Хонгха как очень приглубое [8], при этом в устьях рукавов речная струя отрывается от дна (например, от гребня устьевого бара).

В ряде мест вблизи МКД р. Хонгха имеются песчаные дюны (на суше) и приливные отмели (в прибрежной зоне моря).

Данные об основных морфометрических характеристиках дельты (ее площади F_d , длине главного

рукава $L_{г.р.}$, длине морского края $L_{МКД}$, числа устьев рукавов N) в литературе очень противоречивы. Это, по-видимому, объясняется различием в выделении боковых границ дельты, особенно в ее северной части. В [6] указаны две величины F_d — 13.8 и 15.64 тыс. км². В других публикациях приведены значения F_d 11.4 [15], 12.1 [14], 15 [3, 11, 16–18], 17 [28], 22 тыс. км² [27]. По измерениям с помощью космических снимков В.И. Кравцовой (МГУ) получена величина $F_d = 14.6$ тыс. км².

Длина главного рукава дельты (Хонгха) $L_{г.р.}$ по измерениям авторов настоящей статьи, составляет 185 км (за ВД принято место ответвления правого рук. Дай). По [6] $L_{г.р.} = 150$ км (за ВД принято место ответвления левого рук. Дуонг в 10 км от г. Ханоя). Для $L_{г.р.}$ встречаются и другие сведения, например, 175 км [27]. Длина МКД $L_{МКД}$ составляет, по разным данным, от 165 [24] и 180 [6] до 200 км [28]. Удивительнее всего противоречие в данных о числе устьев рукавов дельты N . По [6] $N = 9$, по [15] — 12, по [25] — 6, по [24] — 9 (из них 6 крупных). Такое несоответствие связано с тем, что в различных работах в число рукавов дельты включается разное количество ответвлений русловой системы рук. Тхайбинь.

Авторы настоящей статьи, опираясь на рис. 1, измерения В.И. Кравцовой (МГУ) и собственные расчеты, считают, что в современных условиях для дельты р. Хонгха можно принять $F_d = 14.6$ тыс. км², $L_{г.р.} = 185$ км, $L_{МКД} = 200$ км. При ширине взморья ~30 км и длине МКД 200 км площадь устьевого взморья составит ~6 тыс. км².

Климат и ландшафты дельты

Климат дельты р. Хонгха, как и почти всего бассейна реки, субтропический муссонный с двумя четко выраженными влажным (май–октябрь) и сухим (ноябрь–апрель) сезонами. Среднегодовая температура воздуха в г. Ханой равна 23.7°C [6]. Согласно [2] в пределах дельты годовое количество осадков составляет от 1600 до 2000 мм. В г. Ханой годовая сумма осадков по [2] 1778, по [6] 1783 мм. На влажный сезон приходится 1516 (85%), сухой — 267 мм (15%) [6]. Годовое испарение в дельте составляет >800 мм (максимальное в мае–сентябре), испаряемость >1250 мм [2].

С сентября по март преобладают ветры СВ направления (повторяемость 60–70%), с апреля по август — ЮВ (70–80%). Штили бывают редко (в основном в летне-осенний период). Однако в этот же сезон велика вероятность тайфунов.

Естественные ландшафты дельты р. Хонгха типичны для приморских равнин в условиях тропического и субтропического климата. Это обширные болота (называемые в современной мировой литературе ветлендами), наполняющиеся водой во время дождей, половодья и нагонов с моря. В настоя-

Таблица 6. Распределение стока воды и взвешенных наносов в устьях рукавов дельты р. Хонгха (прочерк – отсутствие данных)

Рукав	Сток воды			Сток взвешенных наносов, млн. т/год	
	км ³ /год [6]	%		[6]	[25]
		[30]	[25]		
Латьхуен	—	5.0	—	—	—
Намчьеу	—	10	—	—	—
Киньгхай	—	5.0	—	—	—
Ванук	—	19	26	—	—
Тхайбинь	5.79	6.0	11	16.3	15–20
Чали	14.6	9.0	10	13.2	15–20
Балат	26.7	21	25	21.3	23
Нинько	1.87	6.0	6	6.21	18
Дай	27.3	19	22	15.6	12

шее время большинство болот в дельте осушено, разливы во время половодья уменьшились после сооружения защитных дамб. Естественные мангровые заросли сохранились в приморской части дельты; здесь высота мангровых деревьев достигает 2–3 м, а занятая ими площадь составляет ~1000 км². Часть почв в приморской зоне дельты засолена [3, 18]. Большая же часть дельты занята сельскохозяйственными угодьями: под посевы риса отведено 63% площади дельты, других культур ~4% (табл. 4). На долю лесов в дельте приходится лишь ~18% площади дельты, а городов и населенных пунктов ~7%, что значительно больше, чем в других частях бассейна р. Хонгха. Животный мир дельты чрезвычайно богат и типичен для условий субтропических ландшафтов.

Социально-экономические условия дельты

Сельскохозяйственный потенциал дельты р. Хонгха очень велик. Главная продукция – это рис. Согласно [25, 27] до 20% всего урожая риса во Вьетнаме получают в дельте р. Хонгха с 75 тыс. га заливаемых водой рисовых чеков. На орошение земель в дельте используется ~0.36 км³ воды в год [6]. По оценкам Н.В. Кы [6] сельскохозяйственное использование земель дельты при наличии орошения может быть существенно расширено. Каждые 5 лет в дельте может выделяться до 20 тыс. га новых земель на сельскохозяйственные нужды. При этом должны учитываться и интересы рыбного хозяйства.

На долю сельскохозяйственной продукции приходится 35% национального дохода, получаемого экономикой дельты. На промышленное производство приходится 24%, сферу сервиса – 41% [27]. В дельте (по состоянию на начало XXI в.) проживало ~17 млн. человек [25, 27], что составляет ~70% жи-

телей всего бассейна р. Хонгха (25 млн. человек) и ~23% населения Вьетнама (~75.1 млн. человек). При этом 83% населения в дельте – сельское, 17% – городское. Здесь находятся два крупных города: столица страны Ханой и порт Хайфон.

Дельта р. Хонгха – один из самых густонаселенных районов в Азии. По разным оценкам плотность населения в дельте составляет от 1000 [25] до 1174 чел/км² [19], что в 6 раз больше, чем в бассейне реки в целом (табл. 4), и в 5 раз больше, чем в среднем во Вьетнаме (225 чел/км²) [25].

ВЛИЯНИЕ РЕЧНОГО СТОКА НА РЕЖИМ ДЕЛЬТЫ

Водный баланс дельты и распределение стока по ее рукавам

Приближенная оценка водного баланса дельты р. Хонгха была впервые дана в [8, 9]. При этом было использовано простое уравнение $\Delta W = (x - z)F_d \times 10^{-6}$, где ΔW – изменение стока воды реки (в данном случае увеличение) в пределах дельты, км³/год; x – осадки на поверхность дельты, мм; z – потери воды на испарение, принятые равными величине испаряемости, мм; F_d – площадь дельты, км². Величины x и z были взяты по [1], равными 1900 и 1200 мм соответственно, F_d – 15.6 тыс. км². В результате расчета получено, что в условиях превышения на 700 мм осадков над испарением в пределах дельты р. Хонгха происходит заметное добавление водного стока в размере 10.9 км³/год, что составляет 9.5% стока воды реки, принятого равным 115 км³/год.

Более детальный расчет водного баланса дельты р. Хонгха сделан в [6]. Расчет проведен по формулам $\Delta W = X - Z$ и $\Delta W = V_p + V_{\text{мест}} - \Sigma V_i$, где X и Z – величины осадков и испарения, V_p – сток воды реки в ВД, $V_{\text{мест}}$ – сток боковых притоков (местный сток), ΣV_i – суммарный сток воды в устьях рукавов при их впадении в море. Все величины в обоих уравнениях выражены в км³/год. В [6] средние величины слоев осадков и потерь на испарение приняты равными соответственно 1920 и 1200 мм, площадь дельты – равной 13.8 тыс. км². При расчете водного стока по рукавам в море ΣV_i учтены отдельно усредненные за год величины стока в отливную и приливную фазы. Для каждого рукава рассчитан годовой сток воды в море по формуле $V_i = V_{i,\text{отл}} - V_{i,\text{прил}}$ (средние результирующие величины V_i для некоторых рукавов дельты приведены в табл. 6).

Величины V_p и $V_{\text{мест}}$ в [6] приняты равными соответственно 114.6 и 6.1 км³/год, а величина ΣV_i получена в результате расчета: $136.93 - 2.94 = 133.99$ км³/год. Расчеты по первой из приведенных выше формул дают величину $\Delta W = 9.94$ км³/год (26.5–16.56), по второй 13.29 км³/год (133.99–114.6–6.1). Таким образом, в дельте р. Хонгха добав-

Таблица 7. Приближенные величины годового стока воды и взвешенных наносов в рук. Балат по [6]

Расстояние гидро- створа от моря, км	Месяцы с отсутстви- ем обратных течений	Сток воды, км ³ /год			Сток взвешенных наносов, млн. т/год		
		в отлив	в прилив	резльтирующий	в отлив	в прилив	резльтирующий
46	VI–X	39.63	–0.56	39.07	30.36	–0.07	30.29
3	VII–IX	28.44	–1.72	26.72	21.57	–0.29	21.28

ление стока воды составило в среднем от 8.7 до 11.5% стока реки в ВД. Дельта реки, находящаяся в условиях достаточного увлажнения, относится к дельтам субэкваториального и экваториального поясов, в пределах которых сток воды не уменьшается вследствие больших потерь на испарение, а увеличивается (так же как в дельтах рек Амазонки, Нигера, Иравади, Меконга) [9].

Безвозвратное изъятие водного стока в пределах дельты на хозяйственные нужды (прежде всего на орошение земель), равное 0.36 км³/год [6], заметного влияния на водный баланс дельты не оказывает, так как составляет не более 0.3% водного стока реки и <3–4% величины “климатического” добавления стока в самой дельте.

Распределение стока воды и наносов по странству дельты р. Хонгха изучено пока недостаточно. По данным [6] после отделения от реки маловодного в своей верхней части правого рук. Дай и более крупного левого рук. Дуонг (Тхайбинь) в главном рук. Хонгха остается в среднем 74–75% стока воды реки (табл. 2). К устью рук. Балат – продолжения главного рукава дельты – после отделения ряда водотоков остается в среднем 26.7 км³/год [6], что составляет ~23% водного стока реки. По другим данным через устье рук. Балат в море поступает в среднем 21–25% стока реки [25, 30]. Приближенные данные о распределении стока воды и взвешенных наносов в устьях рукавов дельты р. Хонгха приведены в табл. 7. Как и в других дельтах [8], распределение стока взвешенных наносов по рукавам приблизительно пропорционально распределению стока воды.

Многолетнее перераспределение стока воды по рукавам дельты р. Хонгха сопутствует процессам дельтообразования. Надежных данных в литературе о таком перераспределении стока нет. В [6], правда, отмечен факт уменьшения среднего стока рук. Балат на 10% во второй половине XX в. вследствие сильного удлинения его русла и отвлечения части стока в смежные рукава. Сезонное перераспределение стока воды по рукавам дельты невелико, о чем свидетельствуют, в частности, данные табл. 2. Кратковременные процессы перераспределения водного стока по водотокам дельты связаны с влиянием приливных и сгонно-нагонных явлений.

Стоковые колебания уровней воды и затопление дельты

Устья рек характеризуются довольно быстрым распластыванием волны половодья (паводка) [8]. Основные причины этого процесса – многорукавность русловой сети дельты, регулирующая роль дельтовой поймы, стабилизирующее влияние уровня моря, повышенная шероховатость поверхности дельты.

Распластывание волны половодья и уменьшение размаха колебаний уровня воды в УО р. Хонгха отражены на графиках изменения расходов и уровней воды в течение года (рис. 2). Размах внутригодовых стоковых колебаний уровня воды р. Хонгха в среднем уменьшается от 6.5 м на верхней границе устьевого участка (210 км от моря) до 0.5 м вблизи МКД (3 км от моря). В приморской части дельты на уровне воды заметное влияние оказывают приливы, воздействие которых усиливается в меженьный период и постепенно уменьшается вверх по течению.

Основная причина затопления дельты р. Хонгха – это высокие уровни воды в половодье. Несмотря на наличие дамб обвалования, построенных вдоль устьевого участка реки и рукавов дельты, во время значительного половодья большая часть дельты заливается речной водой. Согласно схеме затопления дельты, составленной в [6], во время половодья обычно затопляются участки дельты, прилегающие к левобережью в средней части рук. Хонгха, в верхних частях рукавов Дай и Дуонг (Тхайбинь). Площадь затопления и характер наводнения зависят от многих факторов, в частности, от высоты уровня воды в половодье, интенсивности атмосферных осадков во время летнего муссона, состояния защитных дамб, степени зарастаемости поверхности дельты и др.

Значительное затопление дельты было вызвано, например, экстремальным половодьем в августе 1971 г. [27]. В это время уровень воды в г. Ханое на рук. Хонгха достиг отметки 14.8 м, что заметно больше, чем в обычное половодье (10–12 м). К сильному затоплению дельты может привести прорыв защитных дамб, как, например, произошло в 1945 г., когда было затоплено ~70% площади дельты [6]. Приводят к затоплению дельты и крупные тайфуны, сопровождающиеся не только большим нагоном, но и обильными дождями. Согласно [6] к сильному затоплению приморской части дельты привел, например, тайфун 8 августа 1959 г.

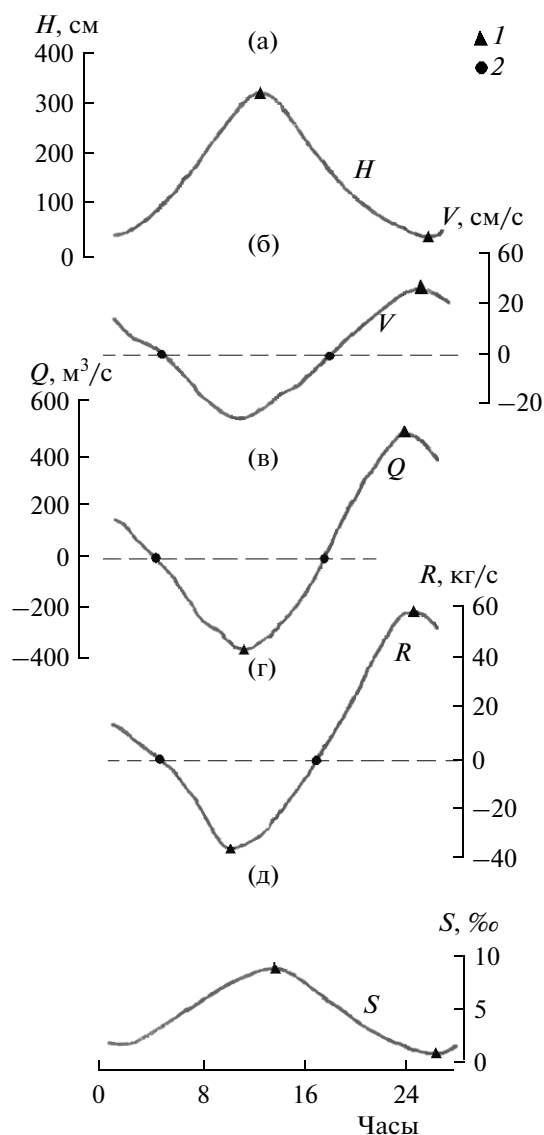


Рис. 3. Графики изменения уровня воды H (а), скорости течения V (б), расхода воды Q (в), расхода взвешенных наносов R (г) и солёности воды S (д) за приливный цикл на г/п Фухао (46 км от моря) (рук. Хонгха) 3 марта 1979 г. по [6]. 1 – экстремальные, 2 – нулевые величины характеристик.

ВОЗДЕЙСТВИЕ МОРСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЖИМ ДЕЛЬТЫ

Приливные явления в дельте

На устьевом взморье р. Хонгха средняя величина приливных колебаний уровня воды составляет ~ 2.1 м, возрастая в сизигию до 4.5 м [6]. В межень приливные колебания уровня распространяются на расстояние до 210 км (на 25 км выше г/п Шонтэй). Согласно [6] характер затухания приливных колебаний уровня зависит от расхода воды р. Хонгха Q . При $Q \sim 10000$ м³/с дальность распространения при-

ливов не превышает 50 км, при $Q = 5000$ м³/с она составляет ~ 100 км, при $Q = 1000$ м³/с – ~ 180 км.

В водотоки дельты р. Хонгха, как и во всех приливных устьях рек, колебания уровня в приливную фазу проникают относительно беспрепятственно, особенно в меженный период. Распространению же отливного понижения уровней препятствуют многорукавность дельты и, особенно, мелководные устьевые бары. В водотоках дельты приливные колебания уровня воды асимметричны вследствие уменьшения времени роста уровня и увеличения времени его падения. В рук. Балат время роста уровня в суточный прилив составляет 6 ч, время падения ~ 19 ч [25]. В межень время распространения приливной волны от моря до ВД составляет ~ 12 ч, а скорость распространения в рук. Хонгха достигает 5.3 м/с (19 км/ч), в рук. Тхайбинь – 6.1 м/с (22 км/ч) [6].

В рукавах дельты р. Хонгха во время приливного цикла отмечаются закономерные изменения всех характеристик потока: уровня H и расхода воды Q , скорости течения V , расхода взвешенных наносов R , мутности s и солёности воды S (до предельного места распространения осолоненных вод) (рис. 3). Эти изменения состоят в следующем:

- моменты максимальных скоростей прямого (отливного) и обратного (приливного) потоков несколько опережают наступление экстремальных уровней соответственно минимального (малой воды (МВ)) и максимального (полной воды (ПВ));

- нулевые значения скорости течения наблюдаются за приливный цикл дважды: немного позже ПВ (смена приливного течения на отливное) и немного позже МВ (смена отливного течения на приливное);

- максимальный положительный расход воды в отливную фазу отмечается перед МВ, а максимальный отрицательный расход воды в приливную фазу – перед ПВ;

- нулевые значения Q и R совпадают с моментами нулевых скоростей течения;

- мутность воды во время приливного цикла имеет два максимума (перед моментами максимальных прямой и обратной скоростей течения) и два минимума при переходе скоростей течения через нулевое значение;

- солёность воды имеет максимум перед моментом смены обратного течения на прямое и минимум перед моментом смены прямого течения на обратное.

Выявленные для дельты р. Хонгха закономерности приливной изменчивости гидрологических характеристик в целом соответствуют результатам теоретического анализа приливной кинематики, выполненного путем исследования на экстремумы уравнений неустановившегося движения воды и транспортирующей способности потока для приливных устьев рек России [8].

Важное следствие анализа приливной изменчивости гидрологических характеристик в устье

р. Хонгха — подтверждение наличия как довольно сильных течений в отливную фазу, когда “складываются” стоковые и отливные потоки, так и обратных течений в приливную фазу (рис. 4). Скорости течения возрастают в сторону моря, при этом в отливную фазу они могут существенно превышать скорости течения, обусловленные стоком рукава (особенно в межень). Это — следствие “сработки” объема так называемой приливной призмы, в которой во время приливной фазы накапливается как речная, так и вошедшая в рукав дельты морская вода. Большие скорости отливного течения способствуют размыву приморских участков рукавов и образованию так называемых устьевых эстуарных расширений русла.

Интересные данные об изменениях стока воды на подверженном воздействию приливов приморском участке рук. Балат приведены в табл. 7. Данные таблицы свидетельствуют, прежде всего, о том, что годовые величины “обратного” стока воды и наносов заметно возрастают в сторону моря. На нижнем гидростворе они составляют соответственно 6.4 и 1.4% результирующих величин стока; на гидростворе, расположенном в 46 км от моря, эти доли уменьшаются соответственно до 1.4 и 0.2%. На нижнем гидростворе обратные течения не наблюдаются лишь в течение трех наиболее многоводных месяцев в году, а на верхнем — отсутствуют в течение всего половодья (5 мес.). Данные табл. 7 указывают также на заметное уменьшение как стока воды, так и стока наносов вдоль участка: к устью рук. Балат доходит лишь 68% стока воды и 70% стока наносов, зафиксированных на верхнем гидростворе. Причина этого — растекание вод по небольшим боковым рукавам и протокам.

Согласно [6] дальность распространения в рукава дельты р. Хонгха обратных течений в приливную фазу в условиях межени достигает 52 км.

Нагонные явления в дельте

Побережье Вьетнама относится к районам земного шара с повышенной частотой тайфунов [6]. Тайфуны оказывают сильнейшее воздействие на дельту, ее гидрологический режим, хозяйство и население. По данным [27] опасному воздействию тайфунов подвержены 250 тыс. га земель в приморских районах дельты с населением >2 млн. человек. На берега дельты р. Хонгха в среднем в год обрушивается 4.7 тайфунов [25]. Но в последние десятилетия частота и сила тайфунов возросла. В каждый год из 1964, 1973, 1989 гг. было отмечено >10 тайфунов. Во время тайфуна Пат 23 октября 1988 г. скорость ветра достигала 35 м/с, нагонное повышение уровня воды составило 2.05 м, высота волн ~2 м [20, 25]. Тайфун привел к гибели 90 человек, 0.5 млн. человек осталось без крова. Тайфун Дот 12 июля 1989 г. нанес большой ущерб посевам риса, рыбному хозяйству, предприятиям по добыче соли [25]. Соглас-

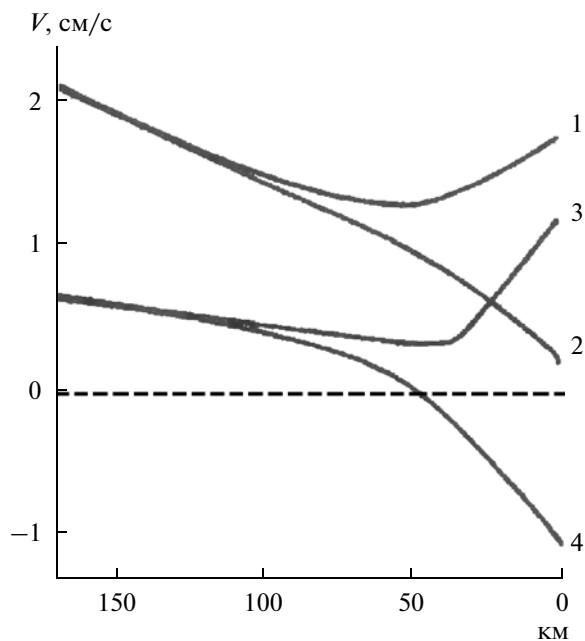


Рис. 4. Продольные изменения скоростей течения вдоль рук. Хонгха во время приливного цикла в половодье (1, 2) и межень (3, 4) по [6]. 1 — отлив 25.08.1971 г., 2 — прилив 25.08.1971 г., 3 — отлив 02.02.1971 г., 4 — прилив 02.02.1971 г.

но [20] в 2005 г. на побережье дельты обрушилось 8 тайфунов, из которых самым сильным и разрушительным за последние 50 лет оказался тайфун Дамрей 27 сентября 2005 г. Скорость ветра во время этого тайфуна достигала 118–133 км/ч (33–37 м/с), высота волн в прибрежной зоне 3–4 м. Тайфун привел к разрушению “морских” защитных дамб на протяжении 25 км, затоплению 130 тыс. га (1.3 тыс. км²) рисовых полей, разрушению транспортной инфраструктуры, части оросительных систем, нарушению электроснабжения. Морская соленая вода проникла в глубь дельты на 3–4 км. Было разрушено ~1200 и повреждено 11 600 домов. Ущерб от этого тайфуна был оценен в 430 млн. долларов США [20]. По данным [20] за 1976–2005 гг. в приморской зоне дельты во время тайфунов погибло >1000 человек, было разрушено 7 тыс. домов, утонули 100 рыбацких судов. Пострадали 40 тыс. га (0.4 тыс. км²) сельскохозяйственных угодий, которые были затоплены водой (в том числе соленой), места добычи соли и креветок. С защитных дамб оказалось смыто 1.9 млн. м³ земли и 1 млн. м³ каменной наброски.

Максимальные величины штормовых нагонов, как правило, наблюдаются на устьевом взморье реки вблизи МКД. Проникая в водотоки дельты, нагоны распространяются вверх по течению в виде затухающей волны на довольно значительное расстояние — более чем на 200 км [27], т.е. приблизительно на столько же, сколько и приливные волны. Прилив

способствует усилению действия нагона, отлив оказывает противоположное воздействие. При совпадении по времени штормового нагона и сизигийного прилива уровень воды на устьевом взморье реки резко повышается. Величина нагона, равная например 3.6 м, под воздействием прилива может увеличиваться до 4.2 м [6]. Зона максимальных скоростей течения в этом случае расположена также на взморье, а у берегов образуется стоячая волна (как, например, во время тайфуна Уэнди в 1968 г.) [6]. Величина нагонного повышения уровня воды в устье р. Хонгха обычно составляет 2.15–3.70 м. При совпадении штормового нагона с сизигийным приливом подъем уровня может достичь 5–6 м [28]. По данным наблюдений, представленных в [6], средняя интенсивность роста уровня при штормовом нагоне, вызванном тайфуном, составляет 17.5 см/ч (максимальная 26 см/ч), а средняя интенсивность спада – 16.8 см/ч (максимальная 24 см/ч).

Уменьшение величины нагонного повышения уровней воды вдоль водотоков дельты р. Хонгха в [6] может быть описано, как и для ряда других дельт [8], формулой $\Delta H_x / \Delta H_m = \exp(-kx)$, где ΔH_m и ΔH_x – величины нагона в море и в рукаве на расстоянии x от моря, k – декремент затухания, зависящий от расхода воды рукава ($k = aQ + b$). Для водотока системы рук. Тхайбинь в [6] получено $k = 2.52 \times 10^{-4}Q + 0.032$, а для рук. Хонгха (Балат) $k = 1.46 \times 10^{-4}Q + 0.026$.

Как и во время приливов, при нагонах возникают обратные течения, которые тем сильнее, чем меньше расход воды реки в ВД, больше величина нагона у МКД и меньше расстояние гидроствора от моря.

Смещение речных и морских вод в водотоках дельты

Смещение речных и морских вод в водотоках дельты р. Хонгха обычно происходит по типу «солёного клина», т.е. в условиях сильной стратификации потока. В среднем дальность распространения осолоненных вод в дельту реки по данным [6] составляет 24 км. В рук. Балат в межень клин осолоненных вод распространяется на 21 км. При этом в слое скачка (на границе раздела пресных речных и солёных морских вод) вертикальный градиент солёности воды может достигать 15% на 1 м. В сухой сезон (декабрь–июнь) под действием северо-восточного муссона в сизигийный прилив осолоненные воды могут проникать в глубь дельты на расстояние до 32 км от моря. В период половодья (июль–ноябрь) речной поток «выталкивает» солёный клин в сторону моря, и верхняя граница зоны смешения вод в это время находится примерно в 5 км от моря. В северной части дельты, на гидрологический режим которой преимущественное влияние оказывают морские приливы, верхняя граница зоны смешения речных и морских вод расположена на ~10 км выше по течению по сравнению с южной частью [21].

ВЫВОДЫ

Устьевая область р. Хонгха – один из важнейших в экологическом и экономическом отношении регион Вьетнама. Дельта, входящая в состав УО, – самый густонаселенный район страны, природные ресурсы которого используют сельское и рыбное хозяйство, водный транспорт. В дельте находятся два крупнейших города Вьетнама – столица Ханой и крупный морской порт Хайфон.

При освоении и охране природных ресурсов УО р. Хонгха важное значение приобретает учет водного фактора. Вода здесь, с одной стороны, служит основой ряда отраслей экономики и жизни людей в целом, а с другой – часто представляет большую опасность и для хозяйства, и для населения. Поэтому исследованию гидрологии УО р. Хонгха в последнее время уделяется большое внимание.

Гидрологический режим УО р. Хонгха определяется сочетанием значительных муссонных колебаний стока воды реки и сильного воздействия морских факторов: приливов и штормовых нагонов, в основном вызванных тайфунами. Наиболее опасное гидрологическое явление – затопление дельты может вызываться как высоким муссонным половодьем, так и тайфуном, сопровождающимся штормовым нагоном, сильным волнением и ливневыми осадками. Воздействие половодья и тайфунов нередко приводит к прорыву защитных «речных» и «морских» дамб, усугубляющему наводнения и приносимый ими ущерб.

В последние десятилетия частота и сила тайфунов в УО р. Хонгха возросли; увеличился и ущерб, наносимый ими экономике, населению и экосистемам дельты. Усиление в устье р. Хонгха экстремальных гидрометеорологических явлений, в том числе тайфунов, – возможно, общая тенденция в изменении современного климата [13]. Также усилилось воздействие антропогенных факторов на режим УО: сооружены новые защитные дамбы, углублены подходные каналы к порту Хайфон, построено крупное водохранилище на притоке Да.

Рассмотренные в статье основные закономерности гидрологических процессов в УО р. Хонгха – результат обобщения итогов проведенных во Вьетнаме исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас мирового водного баланса. М.; Л.: Гидрометеоздат, 1974. 65 л.
2. Атлас океанов. Тихий океан. Л.: ГУ навигации и океанографии МО СССР, 1977. 302 с.
3. География Вьетнама // <http://www.bigpi.biysk.ru/encicl/articles>
4. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
5. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. М.: Мысль, 1991. 479 с.

6. *Кы Н.В.* Устьевые области рек Вьетнама. Одесса: Астропринт, 2004. 360 с.
7. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 638 с.
8. *Михайлов В.Н.* Гидрология устьев рек. М.: Изд-во МГУ, 1998. 175 с.
9. *Михайлов В.Н.* Влияние дельт на среднесуточный водный сток рек // Вод. ресурсы. 2004. Т. 31. № 4. С. 389–394.
10. Океанографическая энциклопедия. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 631 с.
11. Р. Хонгха (Красная) // <http://bse.sci-lib.com>
12. Хонгха // <http://wikipedia.org>
13. Climate Change 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers // <http://www.ipcc.ch>
14. *Coleman J.M., Huh O.K.* Major world deltas. A perspective from space // <http://www.geol.esu.edu>
15. *Coleman J.M., Wright L.D.* Modern river deltas: variability of processes and sand bodies // Deltas-models for exploration. Houston: Houston Geol. Soc., 1975. P. 99–149.
16. *Couët T.* Le Vietnam: nourrir les homes et maîtriser l'eau. Sources qui ont permis l'élaboration de ce dossier // <http://pedagogie.ac-toulouse.fr>
17. *Guillemont F.* Fiche pays "Viêt-Nam" // <http://asia-centre.sciences-po.fr>
18. *Hong Ha (Red River)* // <http://vietnameserepublic.com/blogcategory/geografiya-vietnama>
19. *Le T.P.Q., Garnier J., Billen G. Et al.* La qualité des eaux du Fleuve Rouge (Vietnam): observation et modélisation // Actes des JSIRAUF. Hanoi, 2007. P. 1–6.
20. *Mai C.V., Stive M.J.F., Selder P.H.A.J.M.* Coastal protection strategies for the Red River delta // J. Coastal Research. 2009. V. 25. № 1. P. 105–116.
21. *Mathers S., Zalasiewicz J.* Holocene sedimentary architecture of the Red River // Jour. Coastal Research. 1999. V. 15. № 2. P. 314–325.
22. *Meade R.H.* River-sediment inputs to major deltas // Sea-level rise and coastal subsidence. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1966. P. 63–85.
23. *Milliman J.D., Rutkowski Ch., Meybeck M.* River discharge to the sea // Global River Index (GLORI). LOICZ Reports and Studies. 1995. 125 p.
24. *Pruszek Z., Nink P.V., Szmytkiewicz M. et al.* Coastal processes in the Red River delta area, Vietnam // Coastal Engin. Jour. 2002. V. 44. № 2. P. 97–126.
25. *Pruszek Z., Nink P.V., Szmytkiewicz M. et al.* Hydrology and morphology of two river mouth regions (temperate Vistula delta and subtropical Red River delta) // Oceanologia. 2005. V. 47. № 3. P. 365–385.
26. Red River // <http://www.britannica.com>
27. *Son L.H.* Summary of background paper on the Red River delta // Report of the Workshop on the planning and management of modified megadeltas. The Hague, 2003. P. 51–55.
28. *Thanh T. D., Saito Y., Huy D. V. et al.* Coastal erosion in Red River Delta: current status and response // www.megadelta.ecnu.edu.cn
29. *Thao N.T.Ph., Nam N.K.* Application of remote sensing delta to study coastal plain zone of the Red River delta // Bull. Com. Fr. Cartogr. 1991. № 127–128. P. 159–165.
30. *Van Maren D.S.* Morphodynamics of a cyclic prograding delta: the Red River, Vietnam // Proefschrift Universiteit Utrecht, 2005 // <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2005>