

© 1993 г. В. Н. МИХАЙЛОВ, В. Н. КОРОТАЕВ, В. Ф. ПОЛОНСКИЙ,
М. М. РОГОВ, Н. А. СКРИПТУНОВ

ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ВОЛГИ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Устьевая область Волги (рис. 1), включающая дельту площадью 12000 км², массивы западных (5900 км²) и восточных (2600 км²) подстепных ильменей и устьевое взморье (28000 км²) [1—4], представляет собой уникальный природный объект, обладающий огромными земельными, водными, биологическими (рыба, тростник, лес) ресурсами и полезными ископаемыми (запасы нефти и газа). Дельта Волги — огромный зеленый оазис среди сухих и практически лишенных растительности сопредельных пустынь и полупустынь. В формировании природного комплекса устьевой области Волги участвуют гидрологические, геоморфологические, гидрохимические и гидробиологические процессы. Ведущими среди них являются процессы гидролого-морфологические, под которыми понимаются взаимосвязанные динамика вод и наносов и динамика рельефа дельты и дна устьевого взморья. Все остальные природные процессы развиваются уже на фоне гидролого-морфологических.

Развитие устьев рек как природных объектов подчиняется закономерностям, довольно хорошо изученным на примере многих дельт России и мира [5—10]. Среди этих объектов устье Волги занимает специфическое место благодаря нескольким существенным особенностям, что требует нестандартного подхода при его изучении. Специфику устьевой области Волги придают как особенности внешних условий на речной и морской границах устья, т. е. режима стока воды и наносов реки и уровня моря, так и своеобразие внутренних гидролого-морфологических процессов, свойственных устью Волги как сложной природной системе.

Средний многолетний сток воды в вершине дельты Волги (Верхне-Лебяжье) составляет ~245 км³/год (7780 м³/с). Многолетние колебания годового стока имеют в основном естественный (климатический) характер. За период наблюдений начиная с 1881 г. многоводными были, например, 1881—1889, 1978—1991 гг., маловодными — 1930—1940, 1971—1977 гг. В отдельные экстремально многоводные годы, к числу которых относятся 1888, 1926, 1928, 1947, 1979, 1991, 1992, сток Волги увеличивался до 280—360 км³/год (9000—11500 м³/с), в экстремально маловодные годы (1921, 1936—1939, 1973, 1975) сток снижался до 150—170 км³/год (4700—5400 м³/с) (рис. 2, а). На многолетние колебания стока Волги наложились и антропогенное воздействие. Изъятие стока и его потери на испарение с поверхности водохранилищ Волжско-Камского каскада достигали начиная с 1961 г. 13—20 км³/год, а в период заполнения крупных водохранилищ (1956—1960 гг.) — 26 км³/год [11].

Более заметное влияние хозяйственная деятельность и регулирование стока каскадом водохранилищ оказали на внутригодовое распределение стока в вершине дельты. В естественных условиях в половодье (май — июнь) на каждый месяц приходилось по 20—26% годового стока воды; сейчас эта доля уменьшилась до 14—20% (сток половодья сократился в 1,3—1,4 раза). Ранее на каждый месяц зимней межени (декабрь — февраль) приходилось по 3—4% годового стока, теперь — по 6—7% (зимний сток возрос почти вдвое). В летне-осеннюю межень (август — ноябрь) сток в результате зарегулирования изменился мало. Половодье в новых условиях (попуск в нижний бьеф Волгоградского гидроузла) стало начинаться раньше, максимальный сток уменьшился, а время его наступления сдвинулось с первой декады июня на

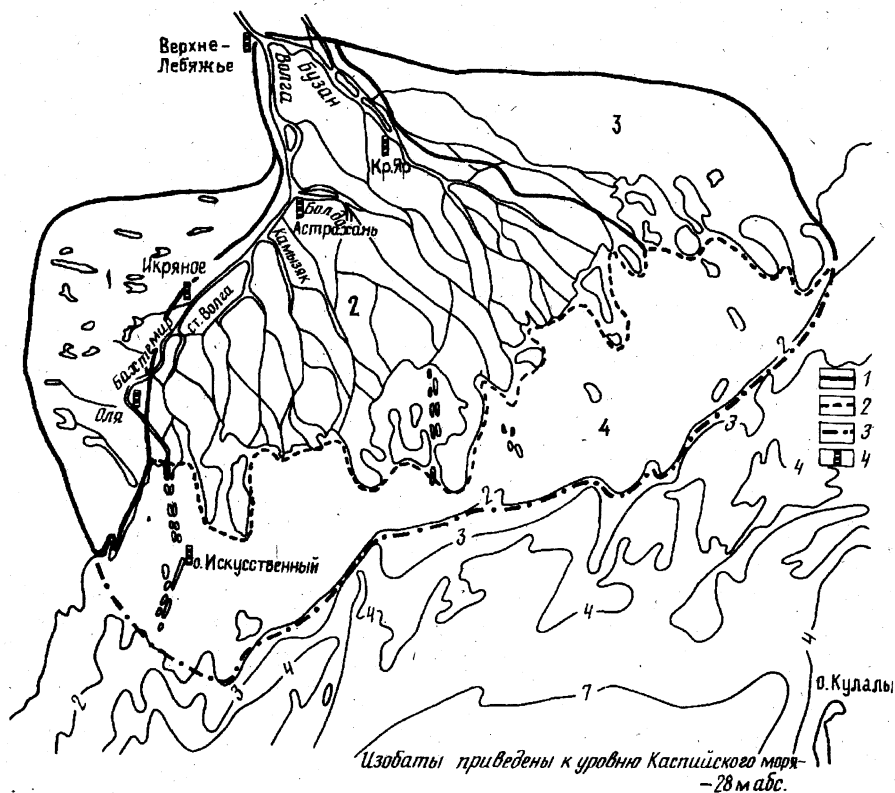


Рис. 1. Устьевая область Волги

Цифрами на Карте обозначены: 1 — западные подступные ильмени, 2 — собственно дельта, 3 — восточные подступные ильмени, 4 — отмеляя зона устьевого взморья; 1 — границы основных районов дельты; 2 — морской край дельты; 3 — мористая граница отмелей зоны взморья; 4 — опорные гидрологические посты

последнюю декаду мая. Продолжительность половодья заметно сократилась, а подъем и спад стали более резкими.

Изменения внутригодового режима стока Волги оказали заметное влияние на водный режим дельты: уровни воды в половодье (весеннее) уменьшились, зимние уровни возросли. Степень влияния зарегулирования стока воды быстро уменьшается от вершины дельты к ее морскому краю.

После сооружения каскада водохранилищ средний годовой сток взвешенных наносов Волги сократился с 14 (1942—1955) до 8,4 млн. т/год (1956—1974) [7]. В дальнейшем, по данным ГОИНа, сток наносов продолжал уменьшаться до 7,4 млн.т/год (1961—1970) и 4,5 (1971—1977). Однако он несколько возрос в многоводные 1978—1989 гг. до 8,3 млн.т/год [10].

Уровень Каспийского моря служит для Волги главным базисом эрозии. За последние 2—3 тыс. лет фоновый (средний годовой) уровень моря, определяющийся водным балансом водоема [12], снижлся до —32 м абс. в XIV в. и поднимался до —24,5 ÷ —25 м абс. в конце XVIII — начале XIX в. В начале XX в. уровень стоял на отметках около —26 м абс. (рис. 2, б). В период 1930—1941 гг. уровень моря резко упал на 1,8 м и в 1941—1977 гг. продолжал медленно снижаться (на 1,2 м); в 1977 г. он достиг минимальной за последние 300 лет отметки (—29 м абс. по посту Махачкала). В 1978—1992 гг. фоновый уровень Каспия резко повысился почти на 2 м.

Внутренние особенности устьевой области Волги, существенно отличающие этот объект от других устьев рек мира, были детально исследованы

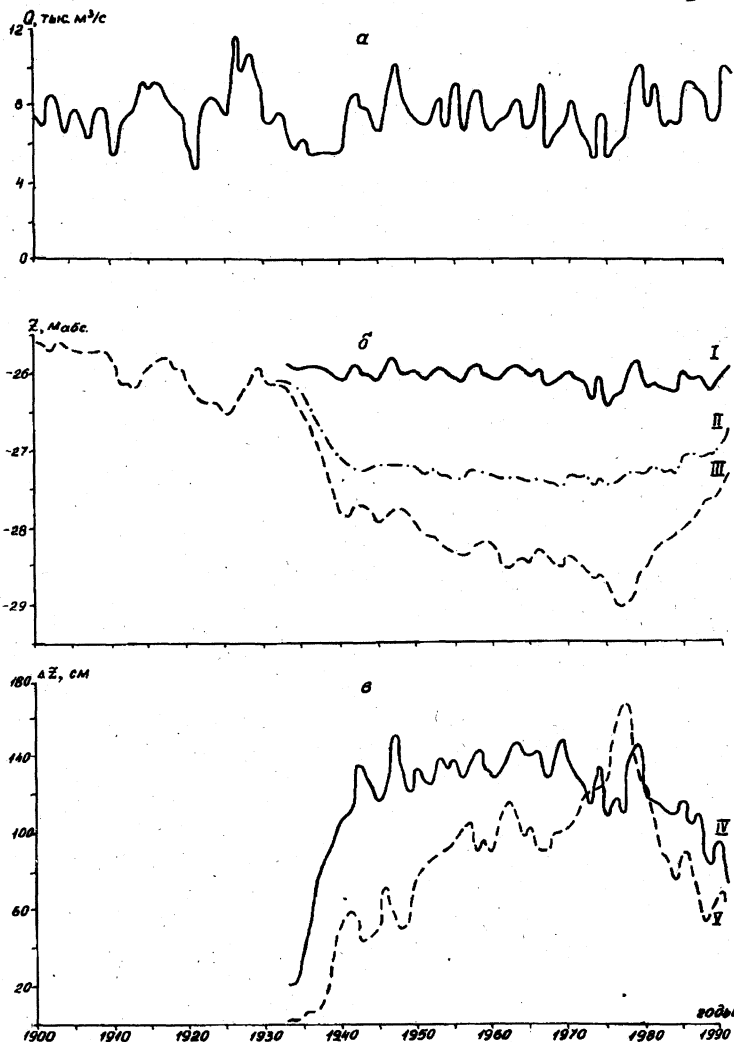


Рис. 2. Изменения среднегодовых величин за период 1900—1990 гг. *a* — расходов воды Волги у Верхне-Лебяжьего, *б* — уровня воды в нижней части дельты (I, Оля), в отмелой зоне устьевого взморья (II, о. Искусственный) и в море (III, Махачкала), *в* — перепадов уровней воды на участках Оля — о. Искусственный (IV) и о. Искусственный — Махачкала (V)

специалистами ГОИНа [1—3, 6, 7, 12—15], МГУ [5, 8, 16], Астраханского заповедника [4, 17]. Основные особенности следующие: 1) на устьевом взморье Волги имеется обширная отмелая зона глубиной менее 1—2 м и площадью до 10 000 км². Эта «буферная» зона — плоская и слабо наклоненная к морю платформа, при уровнях моря ниже $-27,5 \div -28$ м абс. разрывает непосредственную гидравлическую связь дельты и моря. В пределах этой зоны гасятся как многолетние и сезонные колебания речного стока, так и многолетние, сезонные и сгонно-нагонные колебания уровня моря; 2) дельта Волги обладает исключительно сложной гидрографической сетью; в отдельные периоды развития дельты число водотоков возросло до 1000 и более. Степень раздробленности водотоков увеличивается к морскому краю дельты и также является следствием мелководности устьевого взморья; 3) поверхность дельты Волги и ее русловая сеть в сильной степени преобразованы человеком: обвалование и распашка островов, сооружение вододеливателя в вершине дельты

Период	Изменение уровня моря, м	Характер прироста дельты	Прирост площади, км ²		Линейный прирост, км	
			суммарный	средний за год	суммарный средний	средний за год
1927—1937	-0,69	Общий	1800	180	9,5	0,95
		Дельтовый	1100	110	5,8	0,58
		Островной	700	70	3,7	0,37
1937—1960	-1,31	Общий	555	24,1	2,9	0,13
		Дельтовый	65	2,8	0,34	0,015
		Островной	490	21,3	2,6	0,11
1960—1982	0	Общий	50	2,3	0,26	0,012
1960—1977	-0,78	Дельтовый	50	2,3	0,26	0,012
1977—1982	+0,78	Островной	0	0	0	0

(для перераспределения стока реки в пользу восточной части дельты), сооружение судоходных (Волго-Каспийский, Белинский) и многочисленных рыбоходных каналов через отмелую зону взморья; 4) несмотря на малое количество наносов гидрографическая сеть дельты Волги весьма динамична. Эта динамика и сопутствующее ей перераспределение стока между рукавами — следствие естественных процессов развития дельты, уменьшения стока воды и наносов реки в половодье в результате зарегулирования, многолетних колебаний уровня моря и дноуглубительных работ в рукаве Бахтемире и в Волго-Каспийском канале, а также в других каналах на взморье.

Среди гидролого-морфологических процессов, формирующих природный облик устьевой области Волги, наиболее важными являются: 1) динамика поверхности дельты, ее морского края и дна устьевого взморья; 2) динамика гидрографической сети дельты и русловые процессы; 3) перераспределение стока воды и наносов по водотокам дельты; 4) изменение уровней воды в дельте и на взморье; 5) динамика вод и наносов на взморье. Рассмотрим эти процессы и влияние на них колебаний уровня моря более подробно.

Динамика поверхности дельты, ее морского края и дна устьевого взморья

В настоящее время дельта Волги представляет собой слабо наклоненную к морю равнину с перепадом высот ~ 7 м (рис. 3). У вершины дельты отметка поверхности около -20 м абс., у морского края дельты — около $-26,5 \div -27$ м абс. Поверхность дельты медленно наращивается в высоту. По приближенным оценкам [3, 14] ежегодный вертикальный прирост составил в среднем за последние 1,5 века 3—4 мм/год на востоке и 2 мм/год на западе дельты.

Таким образом, с момента первой достоверной съемки дельты штурманом А. Колодкиным в 1809—1817 гг. по настоящее время поверхность дельты повысилась в среднем не более чем на 0,5 м (чуть больше вблизи рукавов и на востоке дельты, чуть меньше на удалении от рукавов и на западе дельты). В связи с уменьшением весеннего заливания дельты и мутности воды после зарегулирования стока обвалованием многих островов дельты вертикальный прирост ее поверхности в последние десятилетия резко уменьшился.

Положение морского края дельты Волги в основном определяется высотой уровня моря: в регрессии морской край дельты смещается в сторону моря, в трансгрессии — в сторону суши. Дополнительной причиной выдвигания морского края дельты в море служит отложение речных наносов. Формирование дельты Волги в последние 200 лет шло в основном на фоне понижающегося

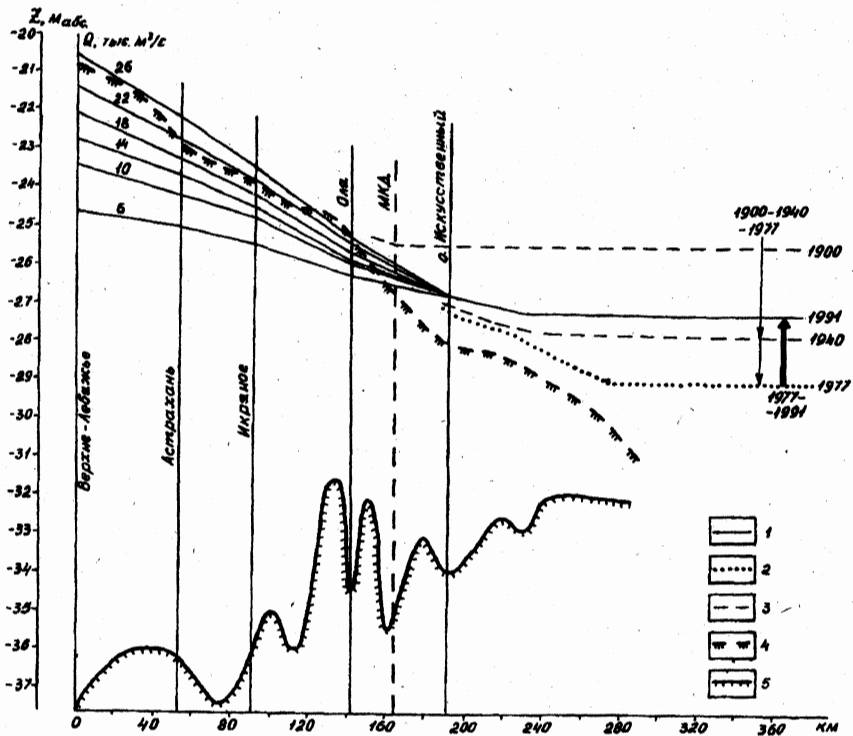


Рис. 3. Продольные профили водной поверхности и дна устьевой области Волги

1 — уровни воды на подъеме половодья в многоводном 1991 г. при различных расходах воды Волги у Верхне-Лебяжьего, 2 — уровень воды в 1977 г., 3 — уровни воды в 1900 и 1940 гг., 4 — современная поверхность западной части дельты Волги и дно западной части устьевой взморья (вне каналов), 5 — современное дно Волги, Бахтемира и Волго-Каспийского канала (средние отметки); МКД — современное положение морского края дельты

уровня моря. За 1807—1870 гг. при снижении уровня моря на величину немногим более 1 м выдвигание дельты (главным образом пассивное) составило в восточной части дельты 42 км, в центральной ~30 км, в западной — 13 км. С 1870 по 1960 г. уровень моря упал почти на 3 м, однако дельта выдвинулась меньше, чем в предыдущем случае, что объясняется особенностями рельефа обнажающейся части взморья [14].

Роль рельефа хорошо прослеживается по материалам более надежных съемок дельты в 1927, 1937, 1960 гг. и аэрофотосъемки дельты в 1982 г. (таблица). Общее выдвигание дельты при одинаковом снижении уровня моря обычно больше, чем меньше уклон и чем больше расчлененность дна взморья островами и отмелями. Однако террасы отмелого устьевое взморья в некоторых случаях могут играть роль затопленного водослива. Поэтому, например, при большей величине снижения уровня моря в 1937—1960 гг. по сравнению с периодом 1927—1937 гг. приращение дельты даже при приращении к ней крупных островов оказалось существенно меньшим. В последующий период (1960—1982 гг.) выдвигание дельты резко замедлилось и ее морской край стабилизировался. Это объясняется тем, что большая часть современной отмелой зоны устьевое взморья расположена выше отметки —29 м абс., и поэтому контуры морского края дельты при уровнях моря ниже —29,5 ÷ —28 м абс. определялись уже не высотой уровня моря, а величиной затопления этой части взморья волжскими водами, подобно затоплению водами половодья широкой поймы. Возникла специфическая «буферная» зона между дельтой и морем (рис. 3). И лишь новое повышение уровня моря до отметок

—27,5 ÷ —27,0 м абс. привело в 1991—1992 гг. к некоторому подтоплению морского края дельты и смещению его в сторону суши.

Динамика морского края дельты Волги в периоды трансгрессий моря пока не исследована. Эта проблема приобретает в настоящее время большую актуальность. По предварительным расчетам, в случае повышения уровня моря до отметки —25 м абс. морской край дельты из-за подпора речных вод будет находиться на 10—20 км севернее изогипсы —25 м абс. на поверхности дельты и затоплению подвергнется полоса шириной от 15 км на западе до 45—50 км на востоке дельты.

Данных об изменении отметок дна взморья не имеется. За 50—70-е годы в связи с формированием «буферной» зоны (уменьшением динамической активности вод и развитием водной растительности) здесь отложился слой ила толщиной 15—25 см. В последние годы при повышении уровня моря до отметок выше —27,5 м абс. этот слой стал постепенно вымываться.

Динамика гидрографической сети дельты и русловые процессы

В дельте Волги, как и во многих других дельтах, происходит естественный процесс отмирания гидрографической сети в верхней части и возникновения и развития новой сети водотоков в нижней (приморской) части. Однако в дельте Волги на этот процесс накладывается сильное влияние изменений уровня моря. При интенсивном падении уровня сток речных вод сосредоточивается в наиболее крупных бороздинах или каналах на взморье и соответственно наиболее крупных рукавах в приморской части дельты. Например, в конце XIX в. Волга впадала в море через 200 водотоков, в 1930 г. (до значительного снижения уровня моря) речные воды втекали на взморье через 475 рукавов, протоков и ериков; после же падения уровня моря их число сократилось до 230 [3]. При стабилизации уровня моря или замедлении его падения число водотоков в результате их ветвления увеличивается. К 1960 г. число устьев рукавов возросло до 800, к 1980 г. до 1000.

В последние десятилетия выявлены следующие изменения гидрографической сети дельты [7, 10, 14, 15]. Система Бузана находится в целом в стабильном состоянии с некоторой тенденцией перераспределения стока воды из восточных водотоков системы в западные. Наиболее активны водотоки Шмагина и последующие звенья направления Шмагина — Шага-Бушма — Белинский банк — Белинский канал, а также главное русло Иголкинского банка. Активизации этих водотоков, несомненно, содействовало сооружение на взморье Белинского и Иголкинского каналов соответственно в 1961 и 1965 гг. В последние годы отмечена некоторая активизация Бузана в его истоке, что, видимо, объясняется подпором от плотины даже неработающего вододелителя, построенного в 1973 г.

Общее отмирание боковых водотоков характерно и для системы Большой Болды. Здесь также отмечено перераспределение стока с востока на запад системы. Система Камызяка, находившаяся ранее в стадии активизации, в последние годы стабилизировалась, а система Старой Волги продолжает отмирать. Система Бахтемира характеризуется наибольшей активностью, связанной с дноуглубительными работами в Волго-Каспийском канале, начатыми еще в прошлом веке и особо интенсивными в 30-х годах и в последние десятилетия. Боковые рукава в этой системе отмирают.

В большинстве магистральных рукавов дельты Волги (в первую очередь в Бахтемире, Камызяке и Бузана) происходит естественный процесс углубления русла, что связано одновременно с несколькими причинами — реакцией на падение уровня моря в предшествующее время, сосредоточением стока в этих рукавах, дноуглубительными работами в устьях рукавов, размывом, компенсирующим уменьшение мутности воды Волги в результате заре-

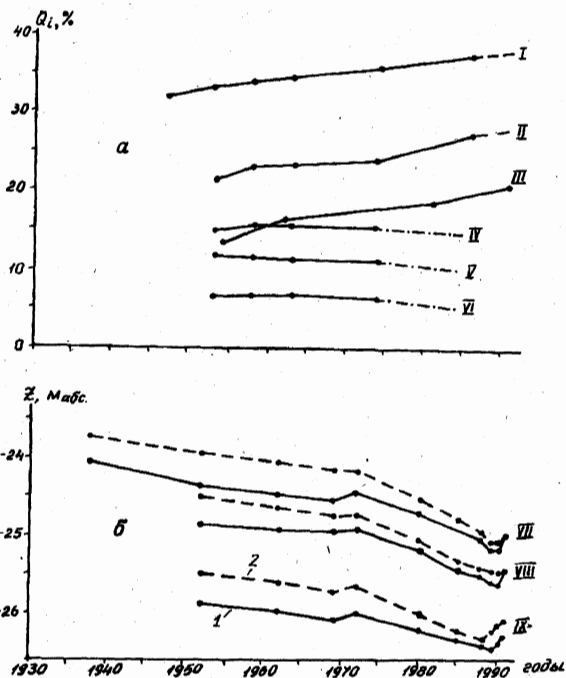


Рис. 4. Изменение во времени

a — распределение стока Волги по рукавам дельты (в %) при расходе воды в Волге у Верхне-Лебяжьего 18000 м³/с (I — Бузан, исток; II — Бахтемир, исток; III — Бахтемир, Федоровка; IV — Камызяк, исток; V — Старая Волга, исток; VI — Большая Болда, Началово). *б* — уровень на постах Астрахань (VII), Икраное (VIII), Оля (IX); 1 — на спаде, 2 — на подъеме половодья при расходе воды в Бахтемире 2500 м³/с

гулирования ее стока. В Бахтемире, например, размыв русла составил за 40—50 лет не менее 1 м.

Продолжающееся ныне повышение фонового уровня моря может не только изменить характер динамики гидрографической сети в приморской части дельты, но и привести к более существенным изменениям во всей дельте. Так, возможна значительная активизация Бузана в результате как повышенного стока реки (без чего невозможен подъем уровня моря), так и относительного сокращения длины этой системы вследствие более сильного затопления приморской зоны дельты в ее восточной части.

Перераспределение стока воды и наносов по водотокам дельты

Данные о распределении и перераспределении стока воды по основным рукавам дельты (рис. 4) подтверждают только что приведенные сведения о динамике гидрографической сети дельты. Наблюдения [1, 3, 5, 15, 18] свидетельствуют о неуклонном повышении доли стока Бахтемира за последние 150 лет. Главные причины этого — меньшее удлинение западной части дельты при падении уровня моря и дноуглубление в Волго-Каспийском канале. Увеличению водоносности Бахтемира способствуют также отмирание смежной системы Старой Волги и отмирание боковых водотоков в системе самого Бахтемира. Увеличивается (медленнее) и доля стока Бузана. Таким образом, сток в дельте Волги сосредоточивается в двух противоположных краевых частях дельты — на ее западе и востоке.

Для рукавов Камызяка и особенно Бахтемира характерно увеличение доли стока в межень по сравнению с половодьем. У Бахтемира разница в доле

стока в межень и половодье составляет $> 10\%$, причем это различие увеличивается от года к году. Это служит дополнительным признаком интенсивной активизации рукава и его размыва.

Сток наносов распределяется по рукавам дельты приблизительно пропорционально стоку воды.

Изменение уровней воды в дельте и на взморье

Продольные профили водной поверхности от вершины дельты к ее морскому краю представляют собой выпуклые кривые при любых расходах воды реки (рис. 3), что является не признаком гидравлического спада, а следствием дробления рукавов и увеличения уклонов, сопутствующего уменьшению расходов воды отдельных водотоков [6—8]. Продольные профили на рис. 3 (так же, как и за другие годы) составлены с помощью кривых $Q = f(H)$, построенных по данным об ежедневных расходах воды Волги у Верхне-Лебяжьего и уровнях воды на постах с учетом времени добегания.

Продольные профили водной поверхности в дельте для 1991 г. (рис. 3) оказались в целом сходными с профилями, построенными за другие годы. Лишь в нижней части профилей, в отмелой зоне устьевого взморья, выявлено снижение уровней в периоды низкого стояния уровня моря. При этом снижение уровней воды на взморье было существенно меньшим, чем в море, что объясняется описанной выше «буферной» ролью взморья.

Различие в многолетних колебаниях уровня воды в низовьях рукавов дельты, в отмелой зоне взморья и в открытом море хорошо видно на рис. 2, б. Анализ средних годовых уровней воды на посту Оля за последние 40 лет какого-либо тренда не выявил: уровни практически не реагировали на снижение, а затем повышение уровня моря, и их колебания в основном определялись колебаниями стока Волги. Повышенные уровни воды у поста отмечались в годы с повышенным стоком (1979, 1985, 1990, 1991), пониженные уровни — годы с небольшим стоком (1973, 1976, 1984). Аналогичные изменения претерпевали уровни воды и на вышележащих постах дельты. Это свидетельствует о том, что пока повышение уровня моря в последние 15 лет на изменении уровней воды на участке Бахтемира от Оля и выше практически не сказалось.

В отмелой зоне взморья (о. Искусственный) снижение уровня воды в 30-х годах по величине отставало от падения уровня Каспия (рис. 2, б), а начиная с 1940 г. уровень воды ($-27,2 \div -27,4$ м абс.) и глубины здесь практически стабилизировались, несмотря на дальнейшее значительное понижение уровня моря. В это время уровень воды в этой зоне взморья достиг критического значения, когда он определяется только расходами воды Волги и не зависит от уровня моря. Уровень моря был более чем на 1 м ниже отметок дна взморья. На начальной фазе повышения уровня моря, с 1978 по 1983 г. (почти на 1 м), уровень воды в отмелой зоне почти не изменился, и только с середины 80-х годов ход уровня здесь приобрел тенденцию к повышению.

Интересные выводы помогает сделать анализ многолетних изменений перепада средних годовых уровней воды на участках Оля — о. Искусственный и о. Искусственный — Махачкала (рис. 2, в). По мере снижения уровня моря в 30—70-х годах резко увеличился перепад уровня между о. Искусственным и Махачкалой (с 2 см в 1933 г. до 167 см в 1978 г., т. е. на год позже минимального уровня моря). В связи с последовавшим после 1978 г. повышением уровня моря, восстановлением, а затем увеличением подпора с его стороны и сокращением буферной роли взморья перепад между этими постами стал быстро уменьшаться и снизился к 1991 г. до 60 см. Перепад уровня на участке Оля — о. Искусственный при падении уровня моря в 30—40-х годах резко возрос с 20 до 100 см. Затем вплоть до 1979 г. он колебался в интервале 110—150 см в соответствии с изменениями водности реки и

практически вне зависимости от высоты стояния уровня моря. Однако начиная с 1979 г. (на два года позже года с минимальным уровнем моря) перепад на участке стал быстро уменьшаться вплоть до величины 72 см в 1991 г.

Поскольку уровни воды в дельте определяются прежде всего величиной стока и их многолетние колебания также имеют «стоковый» характер, для выявления изменений уровня, не связанных со стоком, использованы кривые $Q = f(H)$, с которых были сняты уровни воды, соответствующие фиксированным расходам воды Волги, кратным 2000 м³/с. Анализ полученных уровней воды за разные годы позволяет оценить вклад всех факторов, влияющих на уровни воды в дельте, за исключением колебаний стока реки. Такой анализ для Волги и рукава Бахтемир не позволил выявить заметного тренда в уровнях воды. На посту Верхне-Лебяжье в период после зарегулирования волжского стока обнаружено повышение уровня на спаде при больших расходах воды на величину ~0,5 м (это явление усугубляется подпорным влиянием плотины вододеливателя). На постах Икряное и Оля выявлено некоторое (не более 0,2—0,3 м) снижение уровня в последние десятилетия. На посту Оля обнаружено, кроме того, повышение уровня воды за 1988—1991 гг. на 0,1—0,2 м.

Приведенные результаты получены при исключении влияния колебаний водности Волги и отражают влияние естественного и антропогенного углубления русла Бахтемира, снижения и последующего повышения уровня моря и изменения водоносности самого рукава.

Чтобы исключить влияние последнего фактора, уровни воды были привязаны к фиксированному расходу Бахтемира, равному 2500 м³/с. Анализ полученных данных (рис. 4, б) позволил оценить влияние на уровни воды лишь двух оставшихся неразделимых и взаимодействующих факторов — изменений отметок дна вследствие эрозионно-аккумулятивных процессов и изменения уровня моря. Автоматически учтено и влияние дноуглубительных работ. На графиках изменения уровней Волги и Бахтемира (рис. 4, б) выявлены: снижение уровней воды в Астрахани с 1938 по 1991 г. на 1,1—1,3 м, снижение уровней воды на посту Икряное с 1950 по 1991 г. на 0,8—0,9 м. На посту Оля за период 1950—1989 гг. снижение уровня составило 0,6—0,8 м. С 1988 по 1989 г. уровень у Оля повысился на 0,2 м. Существенное снижение уровней воды в Бахтемире может быть объяснено только глубиной эрозией приблизительно на ту же величину, что и снижение уровня воды. Эта эрозия, в свою очередь, может быть объяснена рядом причин, среди которых главные — это запаздывающая реакция на снижение уровня воды в 30—70-х годах, увеличение руслоформирующих расходов воды Бахтемира в связи, во-первых, с увеличением стока в его истоке, а во-вторых, с сосредоточением стока воды вдоль рукава. Некоторое влияние оказали и дноуглубительные работы в Волго-Каспийском канале (ВКК), а также общее снижение мутности воды реки.

Дальнейшее повышение уровня моря (после того, как в последние годы практически ликвидировалась «буферная» роль устьевого взморья) приведет к беспрепятственному распространению подпора в рукава дельты. Кроме того, восстанавливается опасность проникновения в дельту нагонных повышений уровня.

Динамика вод и наносов на устьевом взморье

Волжские воды, пройдя дельту по рукавам и протокам, поступают в море через отмелую зону взморья двумя путями — по судоходным и рыбоходным каналам и по межканальным пространствам. При низком стоянии уровня моря относительная роль каналов в транзите речных вод в море возрастает, с повышением уровня моря — уменьшается.

С 1960 по 1980 г. доля стока, проходящего по каналам, увеличилась в среднем с 27 до 39% (из этих величин на долю ВКК приходилось соответственно

23 и 36%). В настоящее время в связи с повышением уровня моря доля стока волжских вод через каналы уменьшилась.

Сток через межканальные пространства устьевого взморья с понижением уровня моря сокращался также в результате увеличения площади отмелой зоны, занятой водной растительностью. В 1963 г. всего 20% площади отмелой зоны было покрыто растительностью (тростник, рогоз, рдест, роголистник погруженный, сусак зонтичный). По мере снижения уровня моря доля площади отмелого взморья, занятой растительностью, неуклонно и быстро увеличивалась (1970 г.— 30%, 1971 г.— 40%, 1975 г.— 62%, 1978 г.— 87%). Одновременно с повышением уровня моря водная растительность с морской части взморья начала деградировать. К 1990 г. площадь, покрытая этой растительностью, сократилась до 8000 км² (~80%).

В приглубой зоне устьевого взморья Волги преобладают ветровые течения [2, 19]. Скорость и направление этих течений зависят от скорости и направления ветра. Преобладают составляющие течений на запад (при ветрах С, СВ, В и ЮВ направлений с общей повторяемостью около 27%) или на восток (при ветрах Ю, ЮЗ, З и СЗ направлений с общей повторяемостью ~17%). Весной и осенью господствуют течения на запад, летом — на восток.

С повышением уровня моря зона ветровых течений смещается в сторону дельты. То же касается и зоны, подверженной волнению. Поэтому следует ожидать усиления волновой переработки дна устьевого взморья, усиления взмучивания отложений (в том числе и вторичного загрязнения вод) и увеличения мутности воды.

Проведенные исследования свидетельствуют о значительном влиянии колебаний уровня моря на гидролого-морфологические процессы в устьевой области Волги. Повышение уровня моря уже привело к существенным изменениям режима устьевого взморья Волги и начинает распространяться на дельту. Для научного обоснования мероприятий по рациональному хозяйственному использованию устья Волги (включая защиту земель, населенных пунктов и хозяйственных объектов от затопления) и охраны природных ресурсов необходимы углубленное изучение происходящих здесь гидролого-морфологических и гидролого-экологических процессов и разработка методов их расчета и прогноза, в том числе долгосрочного, учитывающего возможные последствия колебаний речного стока и уровня моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдин С. С., Линберг Ф. Н., Самойлов И. В. Гидрология дельты Волги. Л.: Гидрометиздат, 1956. 331 с.
2. Скриптунов Н. А. Гидрология предустьевого взморья Волги. М.: Гидрометиздат, 1958. 143 с.
3. Байдин С. С. Сток и уровни дельты Волги. М.: Гидрометиздат, 1962. 387 с.
4. Белевич Б. Ф. Особенности развития и строения дельты Волги//Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1991. № 3. С. 99—103.
5. Самойлов И. В. Устья рек. М.: Географгиз, 1952. 526 с.
6. Михайлов В. Н. Динамика потока и русла в неприливых устьях рек. М.: Гидрометиздат, 1971. 260 с.
7. Михайлов В. Н., Рогов М. М., Макарова Т. А. и др. Динамика гидрографической сети неприливых устьев рек. М.: Гидрометиздат, 1977. 294 с.
8. Михайлов В. Н., Рогов М. М., Чистяков А. А. Речные дельты. Гидрологические процессы. Л.: Гидрометиздат, 1986. 280 с.
9. Кортаев В. Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
10. Полонский В. Ф., Лупачев Ю. В., Скриптунов Н. А. Гидролого-морфологические процессы в устьях рек и методы их расчета (прогноза). СПб.: Гидрометиздат, 1992. 383 с.
11. Шикломанов И. И. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометиздат, 1989. 334 с.
12. Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. М.: Наука, 1986. 262 с.
13. Рогов М. М., Скриптунов Н. А. Некоторые гидролого-морфологические особенности устьевой области Волги и их влияние на пути рационального использования водных ресурсов//Тр. ГОИН. 1984. Вып. 172. С. 7—19.
14. Рогов М. М. Некоторые особенности развития дельты Волги и ее гидрографической сети//Тр. ГОИН. 1986. Вып. 179. С. 56—80.

15. Полонский В. Ф., Байлин С. С. Распределение и перераспределение стока в дельте Волги//Тр. ГОИН. 1986. Вып. 179. С. 111—122.
16. Коротаев В. Н., Михайлов В. Н. Изменчивость стока Волги и уровня Каспия как основной регулятор русловых деформаций в дельтовом рукаве Бахтемир//Проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов. Ижевск, 1992. С. 47—49.
17. Русаков Г. В. Геоморфологическое районирование дельты Волги//Геоморфология. 1990. № 3. С. 99—106.
18. Валединский В. В., Аполлов Б. А. Дельта реки Волги (по данным изысканий 1919—1925 гг.)//Тр. Отдела портов и управления внутренних водных путей. Тифлис, 1928. Вып. 5. Т. 1. 661 с.
19. Скриптунов Н. А. Схема течений Северного Каспия//Тр. ГОИН. 1984. Вып. 118. С. 32—47.

Московский государственный университет
Географический факультет,
ГОИН

Поступила в редакцию
07.04.93

HYDROLOGICAL AND MORPHOLOGICAL PROCESSES AT THE VOLGA MOUTH AREA AND THEIR RESPONSE TO THE CASPIAN SEA LEVEL FLUCTUATIONS

V. N. MIKHAILOV, V. N. KOROTAEV, V. F. POLONSKY,
M. M. ROGOV, N. A. SKRIPTUNOV

Summary

Investigations in the Volga delta morphology and regime revealed principal characteristics of the dynamics of the delta surface, its coastline and bottom morphology, as well as channel network on the delta; changes in water and sediments distribution between delta branches; water level fluctuations both within the delta and offshore, and water and sediment flows dynamics. The processes are shown to be considerably influenced by the changes in the Caspian Sea level.