

*Глава 2*  
**УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ РЕК, ВПАДАЮЩИХ  
В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Значительные межгодовые колебания притока речных вод, поступающих в Каспийское море, обуславливают существенные изменения гидрологических и биологических условий устьевых областей рек и прибрежных зон моря. Эти изменения происходят здесь во много раз быстрее, чем в других районах моря и прилегающей суши, и их влияние выходит далеко за пределы устьевых областей рек.

Гидрологический режим устьевых областей рек, впадающих в Каспийское море, формируется под влиянием как речных, так и морских факторов, отражающих весь комплекс климатических, гидрологических, геолого-геоморфологических и химико-биологических процессов, протекающих в бассейнах рек и в самом море. Ослабление влияния речных факторов вследствие естественных и антропогенных причин увеличивает значение морских факторов, что приводит к изменению экологических условий устьевой области. Наблюдается увеличение дальности проникновения солоноватых вод в устье реки, осолонение устьевого взморья, отмирание гидрографической сети, перераспределение стока по рукавам и морскому краю дельты, сокращение заливаемых в половодье дельтовых равнин, изменение гидрохимических и гидробиологических процессов.

Развитие и отмирание устьевых областей рек, впадающих в море, проходит по общему закону стадийности процессов дельтообразования и цикличности динамики гидрографической сети. Обычно цикл развития дельты последовательно включает формирование однорукавного устья на конусе выноса наносов, многорукавного устья, промежуточной озерно-плавневой стадии и устья с внутренней дельтой (наложенной).

Дельта Волги формировалась в условиях открытого отмелого устьевого взморья со свалом глубин, Урала – открытого и отмелого устьевого взморья без свала глубин, Терека – закрытого отмелого, а пионерная дельта его рукава Аликазгана – открытого отмелого устьевого взморья. Формирование дельт Сулака и Куры происходило в открытом и приглубом взморье.

В настоящее время площадь активных дельт рек, впадающих в Каспийское море, уменьшается. Сокращение поступления стока воды и наносов, химических веществ и биологического стока рек в устье усиливает эти процессы.

Реки, питающие Каспий, впадают в разные части моря (Северный, Средний и Южный Каспий), которые отличаются друг от друга не только формой и размерами своих котловин, но также гидрологическими, гидрохимическими и биологическими характеристиками водных масс.

В зависимости от геоморфологических условий устьевой области реки, солености вод моря и величины речного стока меняются среднее положение зоны смешения речных и морских вод на приглубом взморье и размер зоны отмелого взморья, а также зоны периодического заливания (затопления) дельты реки водами половодья.

В последние десятилетия наблюдалось изменение гидрологических, гидрохимических и экологических условий устьевых областей рек, что обуславливалось в основном следующими причинами:

- 1) понижением уровня моря, осушением огромных мелководных акваторий, являющихся благоприятными районами для нереста и нагула молоди рыб и обитания птиц;
- 2) отъемом вод на хозяйственные нужды и зарегулированием речного стока;
- 3) перемещением песков континентальных пустынь в дельты, приведшим к усилению процессов формирования морем и дельтой песчаных территорий;
- 4) наличием террасовых равнин в местах впадения рек, образованных неоднократными трансгрессиями и регрессиями Каспийского моря, оказавшим большое влияние на формирование отмелой и приглубой зон устьевых взморьев с пресными и опресненными водами и на формирование гидрографической сети дельт.

Основной объем речных вод поступает в Северный Каспий и с западного побережья моря. Восточное побережье почти совсем лишено гидрографической сети. Такое распределение притока речных вод, как и величины испарения с акватории Каспия предопределяют формирование уклона водной поверхности моря с севера на юг и с запада на восток.

Исследование многолетних изменений стока воды, наносов и солей для разных рек затруднено тем, что ряды данных наблюдений не одинаковы. Менялось местоположение водомерных постов на реках (табл. 9).

С 1941 г. началось регулирование стока рек бассейна Каспийского моря, которое наиболее интенсивно происходило в 1955–1965 гг. В среднем за последние десятилетия в море поступало 289,1  $\text{km}^3$  в год речной воды и 45,43 млн.т взвешенных наносов (табл. 10, 11).

Сооружение водохранилищ и регулирование стока вызвало внутригодовое и межгодовое перераспределение объема вод, наносов и солей, выносимых в море. Срезаны пики половодья, увеличились расходы воды в месяц, уменьшились сток и размеры фракций наносов, изменился химический состав речных вод.

Анализ данных о многолетних колебаниях стока рек, впадающих в Каспийское море, показывает отсутствие синхронности в наступлении многоводных и маловодных периодов на разных реках.

Значительная часть стока Волги ( $80\text{--}120 \text{ km}^3$ ) поступает во время весеннего половодья. Средний по пятилетиям сток Волги изменяется в пределах  $\pm 20\%$ . Величина межгодовых его колебаний значительно больше.

Таблица 9  
Сток рек в Каспийском море

Река	Пункт	Сток воды, км <sup>3</sup> /год			Сток взвешенных на носов, млн. т. в год	
		годы	величина	потери до моря	годы	величина
Урал	Махамбет (Тополи)	1936–1980	8,13	0,82	1936–1973	4,5
Волга	Верхнее Лебяжье	1881–1980	240,98	10,00	1950–1975	9,2
Тerek	Карагалинская	1930–1980	8,52	1,90	1966–1982	11,0
	Аликазган	1966–1980	3,91	—	1966–1980	7,0
Сулак	Миатлы	1925–1980	5,55	0,60	—	—
	Главный Сулак	1966–1980	4,10	—	1966–1980	6,1
Самур	Ахты (Усухчай)	1940–1980	2,34	—	1952–1980	13,0
	Нижний Беф	1966–1980	1,63	—	—	4,7
	гидроузла					
	Устье (сумма двух рукавов)	1966–1980	1,48	—	1966–1980	2,4
Кура	Сальянны	1938–1980	15,90	—	1966–1980	17,1
	Устье (сумма двух рукавов)	1966–1980	13,10	—	1966–1980	11,2
			—			

Река	Пункт	Сток солей, млн. т в год		Сток органических веществ, млн. т. в год	
		годы	величина	годы	величина
Урал	Махамбет (Тополи)	1955–1979	3,0	1974–1977	0,015
Волга	Верхнее Лебяжье	1951–1980	63,9	1952–1957	4,10
Тerek	Карагалинская	1930–1968	3,6	—	—
	Аликазган	1981	0,2	—	—
Сулак	Миатлы	1951–1960	2,2	—	—
	Главный Сулак	1981	0,2	—	—
Самур	Ахты (Усухчай)	1948–1962	0,4	—	—
	Нижний Беф	—	—	—	—
	гидроузла				
	Устье (сумма двух рукавов)	1966–1975	0,4	—	—
Кура	Сальянны	1930–1965	6,5	—	—
	Устье (сумма двух рукавов)	1953–1962	8,0	—	—

Сток Урала колеблется по пятилетиям в пределах ±60–70% от нормы, а средний годовой расход – от 90 до 650 м<sup>3</sup>/с.

Средний пятилетний сток Тerek изменяется в меньших пределах (±15–17% от нормы), хотя эта река горная и ей свойственны кратковременные значительные дождевые паводки, накладывающиеся на весеннее половодье от таяния снега и льда в горах.

*Таблица 10*  
Среднемесячный и годовой сток воды рек бассейна  
Каспийского моря, км<sup>3</sup> (1966–1981 гг.)

Река	Пункт	I	II	III	IV	V
Волга	Верхнее Лебяжье	15,01	14,76	18,60	17,74	45,29
Урал	Махамбет	0,35	0,36	0,42	0,56	0,86
Терек	Карагалинский гидроузел	0,38	0,39	0,46	0,61	0,94
✓ Терек	Аликазган	0,36	0,37	0,33	0,18	0,26
Сулак	Главный Сулак	0,25	0,24	0,22	0,25	0,46
Самур	Нижний быф гидроузла	0,05	0,04	0,05	0,13	0,33
Кура	Сальянцы	1,45	1,35	1,36	1,60	1,97
Реки южного (иранского) побережья		0,71	0,74	1,21	2,32	2,85
Малые реки		—	—	—	—	—

*Таблица 11*  
Среднемесячный и годовой сток взвешенных наносов рек, впадающих в Каспийское море, млн. т (1966–1981 гг.)

Река	Пункт	I	II	III	IV	V
Урал	Махамбет	0,01	0,01	0,01	0,75	1,44
Волга	Верхнее Лебяжье	0,10	0,13	0,24	1,28	4,19
Терек	Аликазган	0,20	0,29	0,36	0,54	0,88
Сулак	Главный Сулак	0,25	0,22	0,19	0,28	0,80
Самур	устье	0,02	0,02	0,04	0,23	0,55
Кура	Сальянцы	0,62	0,82	1,19	2,85	4,39

Данные о расходах воды Куры охватывают в основном годы с зарегулированным стоком, поэтому пока трудно установить истинный размах его колебаний по пятилетиям. После 1950 г. сток характеризовался небольшими отклонениями от нормы (10%), и лишь в середине 70-х годов эти отклонения достигли 20%.

В естественных условиях пик половодья и наибольшее затопление пойменных пространств и особенно дельт в устьевых областях Волги и Терека наблюдались в июне, а Куры и Урала – в мае. После зарегулирования стока Волги пик половодья в ее устье сдвинулся в среднем на май (рис. 13). Увеличение расходов воды на Волге начинается в апреле. Наиболее растянутое половодье в общем характерно для Терека и Куры. С января до мая месячный сток и уровень моря увеличиваются синхронно, затем в июне доля стока достигает 30%, а приращение уровня моря 20% от их годовых величин. В июле и августе сток сокращается до 5–10%, а уровень моря

	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
	34,19	16,00	13,83	13,36	13,61	13,75	15,54	231,7
	1,31	1,55	1,35	0,90	0,62	0,50	0,42	9,2
	1,42	1,67	1,46	0,98	0,68	0,55	0,46	10,0
	0,46	0,56	0,43	0,29	0,26	0,20	0,33	4,0
	0,63	0,70	0,39	0,25	0,22	0,20	0,24	4,1
	0,32	0,32	0,21	0,11	0,08	0,05	0,04	1,8
	1,58	0,89	0,73	0,78	0,80	0,86	1,14	14,5
	1,34	0,83	0,61	0,55	0,64	0,78	0,75	13,3
	—	—	—	—	—	—	—	0,5

	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
	0,34	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	2,70
	1,60	0,50	0,28	0,22	0,28	0,27	0,15	9,24
	1,32	1,44	0,01	0,39	0,21	0,14	0,24	7,02
	1,50	1,50	0,52	0,31	0,19	0,16	0,14	6,06
	1,19	0,80	0,33	0,05	0,03	0,02	0,01	3,29
	3,88	0,67	0,34	0,62	0,70	0,52	0,52	17,12

остается высоким и лишь в октябре–декабре месячное приращение уровня моря в общем синхронно месячному приращению стока.

На западном побережье Каспийского моря ярко выражен процесс формирования пионерных дельт, что связано с прорытием прорезей из рек в море. Под пионерной понимается дельта на этапах формирования устьевой области от выхода реки в новый район побережья до разворота дельты выдвижения в направлении преобладающего переноса наносов вдоль морского берега.

От особенностей формирования пионерных дельт, темпов их выдвижения, которые, в свою очередь, определяются балансом наносов в районе формирования конуса выноса, зависит изменение гидрологического режима устьевого взморья. Выдвижение дельты в море происходит весьма быстро в первые годы ее образования.

Основная роль в формировании конуса выноса наносов принадлежит

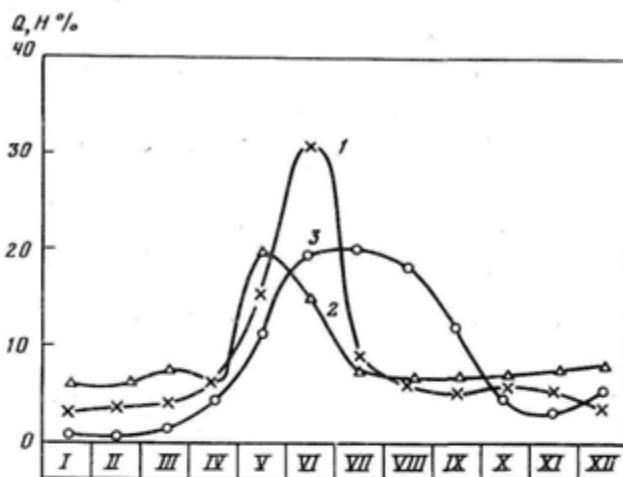


Рис. 13. Внутригодовое распределение стока Волги в естественных условиях (1881–1955 гг.) – 1, после зарегулирования (1956–1981 гг.) – 2 и уровня Каспия (3)

речным наносам. Это хорошо видно и на примере развития пионерных дельт. Так, из общего объема наносов, аккумулированных на конусе выноса, речные наносы составили в устье Куры – 99, Терека – 62 и Малого Самура – около 40%. По мере выдвижения конуса выноса наносов в море относительная роль речных наносов в формировании пионерных дельт уменьшилась в устье Куры до 1,5, Терека до 15 и в устье Самура до 7%. Соответственно, постепенно возрастала роль морских наносов в формировании отмелей подводной дельтовой платформы.

После вывода стока рек в новые районы побережья гидрологический режим прилегающих акваторий взморья сильно изменяется. Воды устьевых взморьев подвергаются опреснению, возникают значительные градиенты в распределении гидрохимических характеристик, изменяется динамика вод на взморьях.

По мере развития пионерной дельты опресняющее влияние речного стока ощущается на все большей акватории устьевого взморья. Однако под влиянием антропогенных воздействий естественный ход процессов дельтообразования нарушается и часто вместо увеличения происходит уменьшение зоны смешанных пресных и соленых вод.

#### УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ ВОЛГИ

Общие сведения. Режим устьевой области Волги имеет свои специфические, несколько отличные от других устьев рек, гидрологические и морфологические условия, осложняющие изучение и разработку прогноза их изменений и влияния на режим Каспийского моря. Основные из них: значительные колебания стока реки, сильное антропогенное воздействие на ее режим, весьма значительная густота гидрографической сети, наличие буферной зоны на взморье и изменения уровня моря.

Естественное и антропогенное уменьшение стока, внутригодовое его перераспределение привели к отмиранию части гидрографической сети, сокращению площади, глубины и заливания дельты с ее обширными областями естественного воспроизводства рыбных запасов, уменьшению накопления детрита, к сокращению зоны смешения речных и морских вод.

На формирование сложной гидрографической сети устьевой области Волги огромное влияние оказал унаследованный от прошлых этапов ее развития рельеф дельты и дна устьевого взморья, представляющий собой каскад террас-платформ.

Между дельтой и морем на одной из таких террас сформировалась буферная зона – отмелое устьевое взморье размером 50×200 км. Эта зона представляет собой естественное водохранилище речных вод, которое несколько выравнивает (растягивает время) их поступление на приглубную часть взморья. Здесь происходит интенсивное испарение речных вод. В пределах буферной зоны большая часть волжских вод направляется плоскостным стоком в западную часть Северного Каспия. Часть стока поступает в море по искусственным каналам и каналам-рыбоходам. При значительных ветрах западных румбов часть пресных вод направляется вдоль свала глубин в сторону восточной части Северного Каспия. Влияние моря на отмелое устьевое взморье сказывается только во время больших нагонов. Разница в отметках уровня в открытом море и у морского края дельты достигает 1,5–2 м.

Понижение уровня Каспия привело к осушению обширных мелководий моря, а также не только к активному (отложение наносов), но и пассивному (осушение части отмелого взморья) выдвижению дельты Волги. Следует отметить, что даже в случае некоторого повышения уровня моря отмеченные процессы в пределах отмелой зоны устьевого взморья будут продолжаться.

**Д е л т а.** Территория современной дельты некогда была морским дном, покрытым каспийскими отложениями. Местоположение дельты менялось в зависимости от происходящих трансгрессий или регрессий моря. Малые уклоны поверхности Прикаспийской низменности и дна Северного Каспия обусловили значительные перемещения береговой линии моря при колебаниях его уровня. Мелководность отмелой зоны устьевого взморья определяет высокую степень дробления русловых водотоков при их выходе на взморье.

При выдвижении дельты обычно происходило выравнивание ее общего продольного профиля вследствие уменьшения уклонов при отложении наносов и повышении поверхности дельты. Это сказывалось и на величине площади заливания дельты водами половодья.

Первые наиболее достоверные данные о гидрографической сети дельты Волги относятся к началу XIX в. В этот период при отметках уровня моря выше современного происходило интенсивное отложение наносов и выдвижение дельты, особенно в восточной ее части с районами наиболее отмелого устьевого взморья. С понижением уровня моря на 1,2–1,5 м во второй половине XIX в. началось интенсивное пассивное выдвижение дельты и выравнивание ее морского края. Одновременно с этими процессами происходило устьевое удлинение водотоков и их дробление, т.е. формирование сложной системы многочисленных новых водотоков и выдвижение дельты.

Площадь современной дельты около 14000 км<sup>2</sup>. Средняя протяженность ее с севера на юг 120 км, ширина по морскому краю около 200 км. Основные системы рукавов (Бахтемир, Камызяк, Старая Волга, Большая Болда, Бузан) расположены в центральном районе дельты. К западу и востоку находятся районы ильменей, обводняемые мелкими водотоками. По мере приближения к морю крупные рукава и протоки ветвятся и густота русловой сети достигает одного километра на один квадратный километр площади в приморской зоне дельты. В настоящее время сокращается гидографическая сеть в системах Бузана, Старой Волги и Большой Болды. Развивается сеть систем Бахтемира и Камызяка. Отмирание водотоков, в основном боковых, носит необратимый и активный характер, сопровождающийся заилиением русел, прежде всего в истоках, и зарастанием. Это отрицательно сказывается на питании водотоков и продолжительности и величине заливания дельтовых пространств водами половодья. Сооружение каскада водохранилищ на Волге уменьшило руслоформирующие расходы воды и увеличило интенсивность аккумулятивных процессов. Наносы на взморье стали откладываться в более узкой полосе взморья и непосредственно у морского края дельты. Увеличение безвозвратных изъятий стока может усиливать эти процессы. Работа вододелителя, построенного в вершине дельты, активизирует русловые процессы и уменьшит интенсивность осадконакопления в ее западной части.

В случае падения уровня моря будущую систему русловой сети на отмели взморье будут составлять судоходные и рыбоходные каналы.

Суммарный объем стока воды, поступающей в вершину дельты, складывается из руслового (Волги и Ахтубы) и пойменного стока весной и зимой. За 1881–1981 гг. средний наблюденный сток Волги равен 241 км<sup>3</sup>. В условиях естественной водности 1881–1955 гг. объем стока был равен в среднем 247 км<sup>3</sup>, за время 1956–1965 гг. он уменьшился до 237 км<sup>3</sup>/год и в зарегулированных условиях – 1966–1981 гг. – составил около 232 км<sup>3</sup>/год (см. табл. 10). Средний максимальный расход воды половодья в естественных условиях составлял 22 000 м<sup>3</sup>/с, а в условиях зарегулированного режима и работы вододелителя по проектной схеме он может быть уменьшен до 12 000 м<sup>3</sup>/с.

Потери стока от замыкающего створа – с. Верхнее Лебяжье – до моря до 1965 г. составляли 3%, но с уменьшением объема половодья в условиях зарегулированного стока величина их сократилась почти на пятую часть.

Распределение стока воды по сезонам и месяцам в настоящее время зависит в основном от режима попусков Волгоградской ГЭС и работы вододелителя в дельте.

Сток отдельных водотоков дельты Волги существенно изменяется в зависимости от величины ее суммарного стока. Часть стока направляется в восточную часть дельты (системы Рычана и Бузана), а большая часть (две трети) – в западную (системы Большой Болды, Камызяка, Старой Волги и Бахтемира) (табл. 12).

Распределение стока Волги по отдельным системам крайне неравномерно. Так, Бахтемир по количеству водотоков занимает последнее место, а по расходу воды, приходящемуся на единицу обводняемой площади, – первое место. Наибольшая площадь обводнения у Бузана (табл. 13).

В половодье в восточной части дельты расход увеличивается в 5,5 раза,

*Таблица 12*  
Распределение расходов воды между западной  
и восточной частями дельты Волги

Расход воды в вершине дельты Волги, тыс. м <sup>3</sup> /с	Вершина дельты				Морской край			
	западная часть		восточная часть		западная часть		восточная часть	
	м <sup>3</sup> /с	%						
5	3460	69	1540	31	3350	67	1650	33
10	6500	65	3500	35	6360	64	3640	36
15	9600	64	5400	36	9180	61	5820	39
20	12400	62	7580	38	11940	57	8930	43
25	14500	58	10500	42	—	—	—	—

*Таблица 13*  
Распределение расходов воды (%) по истокам основных водотоков  
дельты Волги

Река, водоток	Расход воды Волги, м <sup>3</sup> /с			Площадь обводнения, %
	5000	12000	22000	
Волга	99,6	97,4	93,3	—
Волго-Ахтубинская пойма	0,0	0,1	1,2	—
Ахтуба	0,4	2,5	5,5	—
Бузан	30,4	32,7	32,7	40
Рычан	2,0	3,0	3,7	—
Большая Болда	4,8	6,3	6,9	17
Камызяк	17,0	16,5	15,3	8
Старая Волга	11,0	11,1	10,4	12
Бахтемир	34,4	25,6	21,7	11
Западная часть дельты	67,2	60,2	54,3	—
Восточная часть дельты	32,4	35,7	36,4	—

а в западной только в 4 раза. Это связано с более пониженным рельефом восточной части дельты и значительным увеличением уклонов водной поверхности в период половодья.

В отмелой зоне устьевого взморья речные воды текут по каналам и межканальным пространствам плоскостным стоком. Только Волго-Каспийский канал как продолжение Бахтемира сохраняет на взморье большую часть своего стока. До одной трети речного стока системы Бузана поступает в восточную часть Северного Каспия. Этот сток Волги обычно не учитывался при расчете водного и солевого баланса восточной части Северного Каспия (табл. 14).

Пропорционально стоку воды распределен сток взвешенных наносов. Наибольшее количество наносов проходит во время половодья (IV–VI). Из-за зарегулирования сток их уменьшился почти в 1,5 раза (табл. 15), меньше у Камызяка и Бахтемира, больше у Бузана и Рычана (табл. 16).

*Таблица 14*  
Распределение расхода воды между восточной  
и западной частями системы Бузана, %

Расход воды Волги у Верх- него Лебяжь- его, м <sup>3</sup> /с	Восточная часть сис- темы Бузана	Западная часть систе- мы Бузана	Расход воды Волги у Верх- него Лебяжь- его, м <sup>3</sup> /с	Восточная часть систе- мы Бузана	Западная часть систе- мы Бузана
400	7,5	23,2	20000	11,2	26,4
10000	9,4	24,8	24000	11,4	26,5
14000	10,4	25,6	30000	11,8	26,1

*Таблица 15*  
Сток извешенных наносов Волги у Верхнего Лебяжьего, тыс. т

Месяц	1950–1955 гг.	1956–1965 гг.	1966–1975 гг.	1950–1975 гг.
I	70	120	130	100
II	70	180	130	130
III	150	340	240	240
IV	2150	1200	650	1280
V	6240	4200	2810	4190
VI	2190	1830	780	1600
VII	730	480	300	500
VIII	280	320	250	280
IX	210	260	190	220
X	360	270	200	280
XI	370	260	190	270
XII	60	200	180	150
За год	$13 \cdot 10^3$	$9,7 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^3$

От величины стока зависит также уровень воды в дельте и площадь ее залиивания во время половодья (табл. 17). Размах колебаний уровня воды в рукавах изменяется от 5,5–6,5 м в вершине дельты до 0,5 м на ее морском крае.

В половодье с повышением уровня вода переливается через прирусловые валы и заливает территорию дельты (табл. 17, 18). При одной и той же отметке уровня площадь залиивания дельты больше на спаде половодья. Высота стояния зимних уровней в зарегулированных условиях несколько увеличилась.

В вершине дельты средняя температура воды за безледный период после зарегулирования стока повысилась на 0,3° и достигла 14,7°. Межгодовая изменчивость температуры воды составляет 0,6–0,9°. Максимальная годовая температура воды в вершине дельты достигала 27,4°, а в восточной части взморья – 30,4°. В весеннею и осеннюю время температура воды после зарегулирования повысилась на 0,7–0,9°, а в летнее – понизилась на 0,3–0,4°. Переход температуры воды через ноль градусов наблюдается в средней и верхней зоне дельты 24–29 марта и 12–14 декабря; в нижней

*Таблица 16*  
Распределение стока взвешенных наносов Волги  
по рукавам дельты,  $10^3$  тыс. т

Рукав	1950–1955 гг.	1956–1965 гг.	1966–1975 гг.	1950–1975 гг.
Волга	13,0	9,7	6,0	9,0
Бузан	5,0	3,9	2,2	3,7
Рычан	0,6	0,4	0,2	0,4
Большая	1,0	0,7	0,4	0,7
Болда				
Камызяк	1,5	1,5	1,2	0,4
Старая Волга	1,5	1,2	0,7	1,1
Бахтемир	2,1	2,2	1,8	2,1
Ахтуба	—	0,2	0,1	0,1

*Таблица 17*  
Площадь залиивания дельты Волги, % (данные В.С. Рыбака)

Отметки уровня у Астрахани, см	Восточная часть дельты		Западная часть дельты		Западные ильменни
	подъем	спад	подъем	спад	
50	16	32	16	31	31
100	20	42	20	39	33
150	28	51	27	44	34
200	40	60	35	50	37
250	53	59	44	58	40
300	67	78	56	66	44
350	82	88	68	75	49
400	98	99	82	84	57

*Таблица 18*  
Заливание восточной части дельты Волги при разной обеспеченности  
стока воды половодья (данные В.С. Рыбака)

Обеспеченность стока по- оловодья, %	Площадь залиивания, %	
	естественные условия	нарушенные условия
10	86	80
25	82	73
75	75	58

зоне этот переход осуществляется на неделю раньше весною и на неделю позднее осенью.

В дельте Волги водотоки и водоемы ежегодно покрываются льдом на 100–115 дней. Ледостав начинается в конце ноября–начале декабря и в целом крайне неустойчив. Толщина льда в среднем не превышает 25–30 см. Процесс замерзания воды происходит с северо-востока на юго-запад,

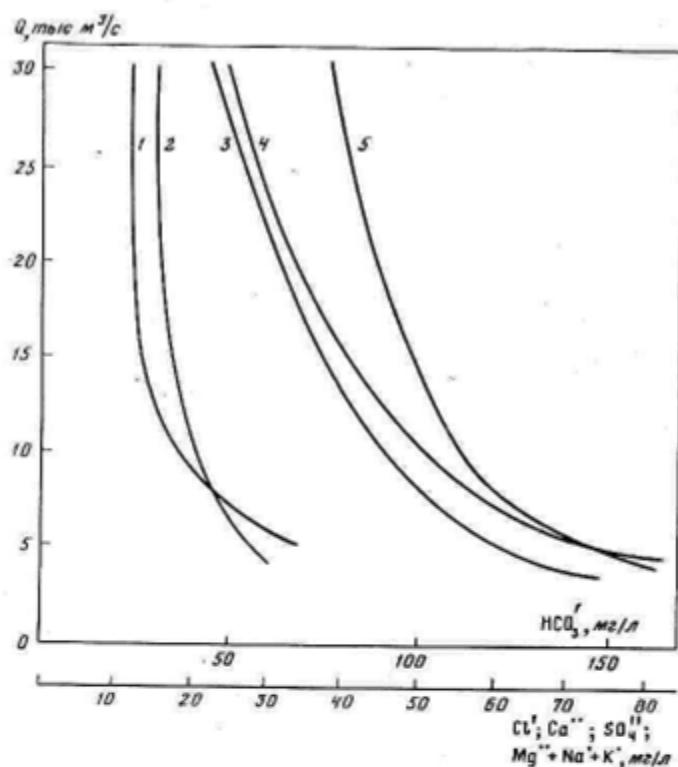


Рис. 14. Приближенная зависимость средней концентрации ионов (мг/л) и расходов воды Волги (тыс. м<sup>3</sup>/с). 1 – Cl<sup>-</sup>, 2 – Mg<sup>++</sup> + Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>; 3 – Ca<sup>++</sup>, 4 – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 5 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

а вскрытие – в противоположном направлении. На судоходных рукавах вскрытие производят ледоколами. Полное очищение ото льда наблюдается в конце марта.

В зарегулированных условиях ледообразование начинается на 9–12 дней раньше, а продолжительность осеннего ледохода на несколько дней увеличилась. Вскрытие также происходит на 3–6 дней раньше. Продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась в среднем на 5–7 дней, а толщина льда несколько увеличилась.

Гидрохимический режим вод реки изменяется от половодья к межени (рис. 14). Это прежде всего относится к HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>++</sup> и Cl<sup>-</sup>. Наименьшая сумма ионов отмечается в мае–июне, наибольшая – в декабре–апреле. Процентное соотношение ионов в течение года меняется мало.

Тесная зависимость концентрации ионов от стока (паводочных и пойменных вод) наблюдается при расходах воды, равных 7000 м<sup>3</sup>/с и более. При малых стоках эта зависимость неустойчива.

Межгодовая изменчивость концентраций отдельных ионов также существенна. Так величины Ca<sup>++</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> могут изменяться в полтора раза, а общая минерализация на одну четверть.

В условиях зарегулированного стока наступление минимума минерали-

*Таблица 19*  
 Вынос биогенных веществ с волжскими водами  
 в Северный Каспий в 1977 г., тыс. т (данные Е.П. Кирилловой)

Месяц	Биогенные вещества				Сток воды, км <sup>3</sup>
	фосфаты	нитриты	нитраты	кремний	
I	0,9	5,3	74,9	49,0	18
II	0,6	3,1	46,8	32,6	14
III	0,5	3,0	36,0	29,4	13
IV	0,5	4,3	27,1	27,6	12
V	3,0	41,1	83,6	94,7	42
VI	1,2	10,6	35,5	35,3	16
VII	0,2	0,8	76,6	17,5	12
VIII	0,2	0,5	41,2	20,6	12
IX	0,3	0,3	32,5	27,4	12
X	0,4	0,2	27,4	37,2	12
XI	0,6	1,1	28,5	29,2	12
XII	1,0	0,5	57,6	40,3	18
За год	9,4	70,8	467,7	440,8	193

зации воды происходит несколько позже наступления максимальных расходов воды.

После зарегулирования стока концентрация ионов в среднем за год оказалась больше весной и меньше летом и осенью. Щелочность речных вод больше весной и незначительна летом. В апреле она меняется от 2 до 2,5, а в июне–июле от 1,3 до 1,7 мг-экв/л.

Максимальное поступление фосфатов в море происходит весной и летом, когда их выносится до 70–80%. Наибольшие колебания стока фосфатов отмечаются при малых расходах воды.

Содержание кремния в воде, в противоположность фосфору, достигает наибольших величин зимой и весной – в полтора–два раза больше по сравнению с осенними его концентрациями – и изменяется от 1000 до 5000 мгк/л.

Средняя годовая величина окисляемости в речной воде изменяется от 5 до 11 мгО<sub>2</sub>/л, причем закономерных внутригодовых изменений не установлено.

Представление о размерах химического стока Волги в настоящее время может дать анализ его поступления в 1978 г. при стоке воды 280 км<sup>3</sup>. В этом году в дельту поступило 12 тыс. т. фосфатов, 155 тыс. т азота нитратов и 169 тыс. т аммонийного азота. В 1977 г. при объеме стока воды около 193 км<sup>3</sup> в море вынесено биогенных веществ меньше, чем в 1978 г. (табл. 19).

**Устьевое взморье.** Площадь устьевого взморья около 28000 км<sup>2</sup>, ширина его по морскому краю дельты 200 км, а по мористой границе 350 км. Протяженность взморья с севера на юг 150 км. По геоморфологическим и гидрологическим признакам устьевое взморье дельты делится на две крупные зоны: отмелую и приглубую. По характеру рельефа дна в отмелой зоне выделяются речной устьевой бар и морской

устьевой бар, между которыми и располагается отмеляя зона с глубинами менее 1 м. В приглубой зоне выделяется подводная равнина с глубинами 2–4 м (расположенная между морским устьевым баром и свалом глубин) и свал глубин взморья с резким изменением глубин до 8–12 м. Мористее располагаются переходная зона с глубинами 10–15 м и свал глубин Северного Каспия (15–25 м). К приглубой зоне устьевого взморья можно отнести почти всю акваторию западной части Северного Каспия.

Протяженность по нормали к генеральной линии морского края дельты составляет: речного бара – несколько десятков и сотен метров, подводной дельты с приустьевыми бороздинами (авандельты) – до 1–2 км, отмелой зоны – 25–45 км, морского устьевого бара – 3–8 км, зоны между морским баром и свалом глубин – 40–70 км, свала глубин – 10–15 км.

Отмеляя зона представляет собой слегка наклонную в сторону моря, мало изрезанную неглубокими бороздинами (0,3–0,6 м) равнину. Общий уклон дна составляет 0,02–0,03%, причем на значительном протяжении он близок к нулю, а местами имеет даже обратный знак. Отмеляя зона расчленена множеством мелких и больших островов, отмелей, кос, которые вытянуты с севера на юг и препятствуют течениям, направленным вдоль морского края дельты.

Морской устьевой бар представляет собой вытянутые поперечно пресному потоку отмели (осушки) и острова высотой до 0,5–1,0 м, которые оконтуривают отмелую зону взморья со стороны моря. Эти острова и отмели затапливаются в половодье и при нагонах. Сложенены они илом, мелко-зернистым песком с примесью битой ракушки, а острова приглубой зоны – ракушей. Грунты дна отмелой зоны взморья состоят из илов, мелко- и крупнозернистого песка и подстилаются морской ракушей.

В вегетационный период отмеляя зона застает густой подводной и надводной растительностью, площадь которой за последние 15–20 лет увеличилась с 1500 до 7000 км<sup>2</sup>.

В настоящее время на устьевом взморье действуют 10 крупных каналов с глубинами до 1,5–2 м и 16 вспомогательных каналов-рыбоходов, не имеющих самостоятельного выхода в море, а подводящих волжскую воду к магистральным каналам.

В зависимости от величины стока Волги, волнения и развития растительности наблюдается большая пространственно-временная изменчивость мутности и прозрачности вод. Величина мутности меняется от 3–5 г/м<sup>3</sup> в марте до 180–250 г/м<sup>3</sup> в мае. Широко распространенная здесь растительность служит хорошим фильтром, создавая полосы освещенной воды длиной до 12 км и шириной до 0,5 км.

За пределы морского бара по каналам и бороздинам отмелой зоны взморья выносится всего 25–32% взвешенных наносов. За морским баром до свала глубин мутность воды равна 50–150 г/м<sup>3</sup>.

Прозрачность волжских вод в половодье в отмелой зоне взморья равна 0,15 м, но уже на расстоянии 1–1,5 км вода прозрачна до дна, а на глубинах 4–5 м величина прозрачности составляет 0,2–2,0 м.

В рассматриваемом районе наибольшую повторяемость имеют ветры восточных румбов (СВ, В, ЮВ). Суммарная повторяемость их в году колеблется в пределах 50–60%, максимальную повторяемость имеют восточные ветры.

Таблица 20  
Повторяемость направлений ветра, %, п-ов Искусственный (1954–1975 гг.)

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	6,3	18,9	33,7	6,0	1,6	4,2	14,1	15,1
II	4,9	16,5	33,4	6,4	1,9	3,5	7,9	12,7
III	4,9	12,8	26,1	10,9	3,5	2,8	10,7	13,5
IV	4,9	10,1	33,7	16,6	6,5	2,8	6,8	11,0
V	6,3	12,7	29,5	16,3	9,0	5,0	8,7	12,5
VI	8,4	11,5	15,5	11,0	7,9	4,7	9,6	12,6
VII	9,1	13,0	21,4	12,1	11,3	6,5	10,8	16,0
VIII	8,0	15,4	30,1	12,4	8,0	3,6	8,2	14,2
IX	8,8	13,2	29,3	16,6	5,2	4,1	8,2	14,6
X	5,1	9,3	34,4	12,7	4,0	4,4	14,5	15,5
XI	4,4	15,9	37,6	9,9	3,1	4,1	12,2	12,9
XII	5,0	18,9	37,9	9,2	2,2	4,0	11,1	11,7
Средне-годовая	6,6	14,7	31,4	12,3	5,6	4,3	10,8	14,2

Таблица 21  
Повторяемость направлений ветра, %, п-ов Искусственный (1954–1975 гг.)

Интервал скорости ветра, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
0–1	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,3	0,4	0,5
2–5	3,2	6,0	9,8	5,0	3,0	2,3	4,0	5,3
6–10	1,8	4,8	12,8	3,8	1,1	0,9	3,9	4,9
11–15	0,1	0,7	2,4	0,7	0,0	0,1	0,6	0,9
Более 15	0,1	0,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,2	0,3
Максимальная скорость	24	24	28	20	18	18	34	34

В начале года преобладают восточные (30–33%), северо-восточные (17%) и северо-западные ветры (14%). К июню–июлю увеличивается повторяемость западных направлений, а повторяемость восточных ветров уменьшается, оставаясь при этом преобладающей (табл. 20).

Максимум штормов (более 15 м/с) отмечается в ноябре (4–5 случаев) и в марте–апреле, минимум в июле в основном при восточных, юго-восточных и северо-западных ветрах.

Для взморья повторяемость скорости ветра от 2 до 5 м/с равна более 38%, от 6 до 10 – 34%, от 11 до 15 – около 6%, а свыше 15 м/с около 2% (табл. 21). Максимальная скорость ветра достигала 34–36 м/с. Средняя повторяемость штилей – 7%, чаще всего в июле и сентябре.

В 86% случаев продолжительность действия ветра одного направления (в секторе 45°) не более суток, но в отдельных случаях она достигала 10–14 суток.

Вследствие мелководья, наличия морского устьевого бара и густой водной растительности волнение на взморье развито слабо и его роль в формировании морского края дельты и рельефа дна отмелой зоны взморья незначительна. Морской устьевой бар препятствует проникновению воды с моря в отмелую зону взморья, и высота волны здесь не превышает 0,2–0,3 м.

Отметки уровня воды на морском крае дельты достигают в половодье –25,8, а в межень –26,6 м БС. В отмелой зоне взморья сезонный ход уровня аналогичен ходу уровня воды в дельте Волги. На морском крае дельты размах колебаний уровня достигает 30–60 см и уменьшается к морскому устьевому бару до 25–40 см.

До падения уровня моря в 30-х годах наклон водной поверхности в сторону моря был незначительным. В 1977 г. разность уровня воды у морского края дельты и у морского бара увеличилась в 4–5 раз (до 2–2,5 м). В районе морского бара уклоны водной поверхности изменяются под влиянием сгонно-нагонных колебаний уровня моря. За последние 35 лет, несмотря на происходившее понижение уровня моря, уровень воды в отмелой зоне не падал. В связи с тем что формирование русловой сети в отмелой зоне взморья и ее пропускная способность значительно отставали во времени от темпов падения уровня моря, вся отмеля зона взморья продолжала затапливаться волжскими водами, несмотря на то что отметки дна этой зоны были значительно выше отметок уровня моря. В настоящее время морской устьевой бар выполняет роль затопленного водослива, а забровочное пространство между каналами представляет собой как бы постоянно затопленную пойму.

На мористом склоне морского устьевого бара формируются сгоны и нагоны. До падения уровня моря они четко проявлялись на морском крае дельты и нередко проникали далеко вверх по течению реки. Наибольшая величина нагона отмечалась на мористом склоне морского бара, а наибольшие сгоны – в районе глубин 2–3 м. В западной части взморья сгонно-нагонные колебания уровня больше, чем в восточной. Так, в ноябре 1952 г. величина катастрофического нагона в западной части достигла 2 м, а в восточной – 1,5–2 м. Максимальная величина сгонов достигает здесь соответственно 2 и 1,6 м.

В ближайшее время величина нагонов и сгонов на устьевом взморье Волги не изменится, и лишь при падении уровня моря до –31,0 м в западной части она может уменьшиться на 20–30 см, а в восточной – даже немного увеличиться. Однако в отдельных районах взморья это будет зависеть от характера продольного профиля, отметок глубин дна, грунтов, застаемости, расходов воды Волги и в меньшей степени от колебаний уровня моря.

В случае падения уровня моря, в местах выходов каналов на приглубое взморье будет происходить локальное увеличение уклонов водной поверхности и скоростей течения и размыв каналов, что вызовет сосредоточение пресных вод в каналах и понижение уровня воды в забровочных пространствах (на 20–25 см). Но в ближайшие 20 лет, даже при падении уровня моря, отмеля зона взморья Волги будет все еще затоплена волжскими водами.

В отмелой зоне взморья Волги волжские воды создают стоковые течения в каналах и бороздинах и более слабые в забровочном пространстве. Южнее морского устьевого бара стоковые течения охватывают почти весь слой воды от поверхности до дна (3–4 м). Скорости их в половодье 6–10, а в межень – 2–4 см/с.

В бороздинах и каналах скорость стокового течения изменяется от 20 до 80 см/с, а в забровочном пространстве – до 20 см/с. Максимальные скорости течения в каналах могут достигать почти 1,5 м/с. На некоторых каналах уже сформировались глубокие плесы – устьевые ямы. В ближайшие десятилетия структура стоковых течений в отмелой зоне взморья сохранится. Будут существовать оба вида стока волжских вод через эту зону – каналово-бороздинный и плоскостной по забровочному пространству. С понижением уровня моря роль стока по каналам будет увеличиваться.

Температура воды на отмеле взморье с мая по август в среднем на 2° выше температуры воздуха. Температура речных вод, особенно в половодье, вдоль морского края дельты неодинакова: в каналах и водотоках она ниже, чем в мелких ериках, выходящих из ильменей. В августе это различие не проявляется. Температура воды в отмелой зоне может достигать 36–37°. В забровочном пространстве отмелой зоны в мае–июле температура воды на 3–9° выше, чем в каналах, причем значительное повышение температуры отмечается в прозрачной воде, профильтрованной зарослями водной растительности. В период охлаждения (октябрь–ноябрь) температура волжских вод при прохождении их через отмелую зону взморья понижается в среднем на 1–3°.

От морского бара до свала глубин разность температуры воды меняется по месяцам – от 8° в апреле (больше на взморье) до 0° в августе и 8° в ноябре. Таким образом, отмеля зона взморья весной и летом играет роль своеобразного "нагревателя", а осенью – "охладителя" речных вод. В целом за год в пределах этой зоны температура волжских вод повышается примерно на 1°, а тепловой сток увеличивается в среднем на 10%. Поступающие речные воды, изменения стратификацию вод на взморье, влияют на режим температуры воды на свale глубин, где расположена зона наибольших горизонтальных градиентов температуры.

На устьевом взморье формируется слой скачка температуры воды, обусловленный прогревом в теплый сезон, адвекцией тепла течениями, ветровым перемешиванием поверхностного слоя.

В период осеннего охлаждения на свale глубин, несмотря на относительно малые глубины (до 10 м), может существовать (продолжительностью до 10–15 дней) обратная стратификация температуры воды, образующаяся при сгонных ветрах и адвекции с отмелой зоны взморья холодных расщепленных вод в поверхностном слое, а также при адвекции более теплых вод в придонном слое.

Периоды адвекции вод, отличающихся по температуре и солености, чередуются в районе свала глубин с периодами интенсивного ветрового (обычно нагонного) перемешивания, вызывающего гомотермию. Чем сильнее и продолжительнее нагонный ветер, тем на большую глубину опускается слой скачка плотности и продолжительнее последующий период гомотермии на свale глубин. Отмечались случаи, когда при нагоне

*Таблица 22*  
 Величина суточных изменений температуры воды на взморье Волги, °С  
 (1955–1965 гг.)

Район	V	VI	VII	VIII	IX	X
Устья рукавов (река)	2,0	1,0	0,8	1,1	1,2	0,6
Отмеля зона взморья	7,6	5,2	5,1	5,0	6,0	3,2
Район 5-метровой изобаты	0,8	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3
Район 10-метровой изобаты	0,4	0,5	0,6	0,3	0,2	0,1

температура воды у дна в результате перемешивания за три дня повысилась на 13°.

С сентября влияние адвекции холодных вод обычно уже не проявляется, температура воды у дна становится однородной, а позднее адвекция холодных вод сменяется притоком теплых.

На свале глубин сначала появляются наибольшие вертикальные градиенты солености воды, а через 20–30 дней – вертикальные градиенты температуры воды.

В теплое время года четко выражен суточный ход температуры воды на взморье с минимумом в 6–7 и максимумом в 16–17 ч. Наибольшие суточные изменения отмечаются на морском баре (табл. 22). Наибольшая величина суточного хода температуры воды на взморье (до 3–4°) наблюдается в тонком прогретом поверхностном слое. Его образование чаще всего происходит в июне–июле при отсутствии турбулентного перемешивания при слабом ветре или при подъеме слоя скачка плотности вследствие адвекции соленных холодных вод в придонном слое при сгонных ветрах.

Резко выраженный слой скачка плотности воды в районе свала глубин вызывает существование зоны больших размахов суточного хода температуры в поверхностном и отсутствие его в придонном слоях.

После зарегулирования стока Волги температура поступающих на устьевое взморье волжских вод весной и осенью повысилась в среднем на 1° в апреле, на 0,7 в октябре и на 1,5° в ноябре и понизилась в июне на 0,6°. В остальные месяцы она практически не изменилась.

В случае понижения уровня моря на 1,5–2 м и уменьшения глубин на устьевом взморье, прогрев вод в весенне-летний и охлаждение в осенне-зимний сезоны будет несколько больше. Максимальная температура воды и переход ее через 0° в начале и конце зимы будут наступать на 5–10 дней раньше, горизонтальные градиенты температуры в районе свала глубин на взморье в апреле–июле увеличатся, а слой скачка температуры будет выражен более резко.

Отмеля зона взморья Волги ежегодно покрывается сплошным ледяным покровом. Ледовые явления здесь наблюдаются через 1–2 дня после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° – в последней декаде ноября – начале декабря. Спустя 6–12 дней устанавливается ледяной покров в рукавах дельты Волги и на более приглубой зоне взморья. Такой процесс способствует созданию "ледяного пояса", отделяющего реку от остальной части взморья и моря.

Продолжительность ледового периода для отмелой зоны взморья равна в среднем 90–160 дням, причем в западной части в мягкие зимы она на 10–15 дней меньше.

Снега на льду мало (10–15 см), большая часть его сдувается ветром. Нарастание толщины льда происходит до середины февраля; в западной части взморья толщина льда на 10–20 см меньше, чем в восточной. В устьях слабопроточных ёриков и в култучной зоне, на россыпях речных устьевых баров происходит смерзание льда с грунтом берегов и дна, что приводит в условиях сброса вод ГЭС к формированию наледей. Поздней осенью при нагонных подвижках льда в приглубой части взморья происходит его торожение на морском склоне бара и отмелях, образуются трещины и разводья. В отмелой зоне наблюдается только скатие и торожение льда. Наибольшая высота торосов (3–6 м) из набивного льда отмечается на оконечностях кос бара и отдельных отмелях и островах. В среднем высота торосов увеличивается с востока на запад.

При сильных северных ветрах поздней осенью ледяные поля, расположенные южнее морского устьевого бара, отрываются и выносятся в море. На их месте образуется новый лед, в котором возникают трещины шириной до десяти километров и ледяные гряды высотой в несколько метров. В отмелой зоне взморья трещины достигают длины 20–30 км; они направлены вдоль бороздин и кос, а у морского бара – параллельно ему. Большое количество кос и отмелей способствует образованию стамух у морского бара в декабре при нагонах, которые, смерзаясь с грунтом, могут достигать высоты 10–12 м, ширины 30–50 м и несколько сот метров длины.

Вскрытие ледяного покрова в отмелой зоне устьевого взморья происходит в третьей декаде марта, после того как вскроется ледяной покров южнее морского устьевого бара. В начале вскрываются каналы и бороздины, а на остальной акватории в большинстве случаев лед тает на месте и исчезает позднее. Из Волги лед почти не выносится, так как вскрытие реки происходит позднее и лед тает ("расплывается") на месте при более высокой температуре воздуха.

В пределах отмелой зоны устьевого взморья при понижении уровня моря отмечалось увеличение толщины льда, торожение и промерзание воды до дна.

Зарегулирование стока привело к увеличению расходов и уровня воды в ледовый период, поэтому большая часть ледяного покрова на отмеле взморье не смерзлась с грунтом дна. Усилилось воздействие льда на формирование рельефа дна и морского края дельты при подвижках.

По величине солености воды и ее пространственному распределению на взморье Волги выделяются три основные зоны: пресных или почти пресных вод ( $0,3\text{--}2^{\circ}/\text{‰}$ ), смешанных речных и морских вод ( $2\text{--}12^{\circ}/\text{‰}$ ) и морских вод ( $> 12^{\circ}/\text{‰}$ ). Границы этих зон, а следовательно, и их площади изменяются во времени в зависимости от влияния факторов, определяющих соленость воды – речного стока и ветра. Сток реки определяет среднее положение границы зоны смешения вод (рис. 15). Ветровые течения – основной динамический фактор, влияющий на интенсивность смешения вод и вносящий существенное изменение в пространственное распределение солености, сформировавшееся под влиянием стока реки. Кроме того, картина распределения солености воды по акватории устьевого взморья Волги зави-



Рис. 15. Зоны характерной солености на устьевом взморье Волги (по данным Н.А. Скриптунова)

1 — зона транзита речных вод, 2 — граница между зонами транзита и смешения вод, 3 — фронтальная зона внутри зоны смешения вод, 4 — морская граница зоны смешения речных и морских вод

сит от местных условий: глубины и рельефа дна, местоположения района относительно каналов и устьев водотоков дельты и удаленности его от Среднего Каспия. Изогалины обычно располагаются параллельно изобатам.

Заметное смешение речных и морских вод начинается в районе трехметровой изобаты (50–55 км от морского края дельты) в межень и в 10–15 км мористее ее — в период половодья.

Наибольшее осолонение пресных вод происходит на участке от морского склона бара до устьевого свала глубин. Последующее смешение пресных и соленных вод осуществляется на всей акватории до свала глубин Северного Каспия. По объему смецивающихся вод эта подзона значительно больше первой. Наблюдаются долгопериодные изменения солености, связанные в основном с сезонным изменением стока, и изменения синоптического периода, обусловленные воздействием сильных гонио-нагонных ветров.

Весной и осенью распреденные воды располагаются в крайних западном и восточном районах взморья. Между ними в более приглубой части взморья (6–12 м) находится широкая полоса значительно осолоненной воды.

Летом поверхностные распресненные воды мало смешиваются с морской придонной водой и как бы скользят по ней 4–5-метровым слоем. В результате этого поверхностные распресненные воды в центральном пригубом районе распространяются в море почти на такое же расстояние от дельты, как и в отмелых западном и восточном районах.

В период охлаждения вод (IX–XII), когда в отмели зоне вода холоднее, скорость и дальность продвижения волжских вод в море уменьшается. В период прогрева вод (IV–VII) более теплые, легкие пресные воды отмелой зоны взморья способствуют поступлению и распространению речных вод в поверхностном слое в море.

Мелководные районы зоны смешения отличаются от района свала глубиной меньшей вероятностью появления соленостной стратификации, меньшими вертикальными градиентами и отсутствием резко выраженного слоя скачка солености воды.

Весенний и осенний сезоны характеризуются отсутствием стратификации вод. Весной это связано с поступлением холодных речных вод на взморье и активностью ветрового перемещивания, а осенью – совместным воздействием конвективного и усиливающегося ветрового перемещивания.

В период ледостава, особенно в суровые зимы, в зоне смешения вод отмечается резко выраженная соленостная стратификация. Ледяной покров изолирует воду от непосредственного ветрового (волнистого) перемещивания, и поступающая на взморье пресная, относительно легкая вода подо льдом почти не смешивается с более плотной водой взморья. Только у кромки льда эти воды полностью перемещиваются по вертикали. Толщина поверхностного распресненного слоя подо льдом 2–4 м. Образование обширного припая на взморье Волги вызывает значительное опреснение тонкого поверхностного слоя и повышение солености придонного слоя воды.

Появление периодически стоящей циркуляции и разрушение ее нагонами приводит к тому, что в основном процесс смешения речных и морских вод происходит скачками. Поскольку устьевое взморье Волги является отмелью взморьем со свалом глубин, то здесь процесс смешения речных и морских вод в основном происходит по вертикали, без значительного бокового смешения.

В зоне смешения вод на взморье положение изогалий в период открытой водной поверхности за 2–4 дня может сместиться на 30–40 км мористее и область вод с соленостью 12‰ будут занимать воды с соленостью 2–4‰. При этом кратковременные изменения солености воды могут быть трех видов: аддективное понижение солености в поверхностном слое без изменений в придонном, резкое уменьшение солености в поверхностном слое и увеличение в придонном и односторонние синхронные изменения солености воды на всех горизонтах. Первый вид характерен для морской границы зоны транзита речных вод, второй наиболее часто встречается в районе свала глубин, где четко проявляется стоячная циркуляция, а третий – в отмели зоне смешения вод. Таким образом, в основном процесс смешения вод на устьевом взморье происходит при кратковременных изменениях солености воды.

С увеличением безвозвратного водозабора из Волги, уменьшением естественного стока реки и понижением уровня моря режим солености вод

Таблица 23  
Многолетние изменения концентрации биогенных веществ  
вдоль морского края отмелого устьевого взморья Волги  
(данные Н.В. Ивановой)

Период	Западный район				Центральный район	
	VI		VIII		VI	
	мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>	%
<b>Фосфаты</b>						
1955–1959	9,5	100	6,6	100	7,3	100
1961–1970	7,6	80	6,7	101	6,8	93
1971–1977	7,1	75	3,7	56	7,8	107
<b>Кремний</b>						
1955–1959	2458	100	1388	100	1936	100
1961–1970	2012	82	1803	110	1908	98
1971–1977	1966	80	2154	155	2369	122
<b>Азот аммонийный</b>						
1955–1959	148	100	100	100	140	100
1961–1970	87	59	84	84	78	56
1971–1977	59	40	80	80	67	48

взморья существенно изменился. Начиная с 1957 г. среднегодовая величина солености воды в целом уменьшилась с 6,35 до 5,2°/oo, уменьшились и межгодовые ее колебания. Несмотря на уменьшение стока Волги, южная граница пресноводной транзитной зоны волжских вод сместилась к югу. Но уменьшение стока в половодье в связи с его регулированием привело к небольшому осолонению вод в летний сезон (июль–август) в центральной приглубой части взморья. Наибольшая величина солености за год вместо января–февраля отмечается в марте. Максимальное распространение вод стало наблюдаться на месяц раньше (в июне вместо июля). Время наступления летнего максимума солености воды сдвинулось на август. Предзимнее увеличение солености воды в среднем сократилось на 0,6°/oo. В общем сезонное регулирование стока обусловило незначительное осолонение вод взморья в летний сезон и уменьшение в осенне-зимний. Распределение солености стало более стабильным. Поскольку преобладающее действие ветра восточных румбов от весны к лету ослабевает, а западных румбов усиливается, то смещение пика половодья с июня–июля на май–июнь привело к некоторому уменьшению распространяющего влияния стока реки на восточную часть устьевого взморья.

По исследованиям Н.В. Ивановой, режим биогенных веществ на взморье тесно связан с величиной поступления речных вод. Большее содержание фосфатов и азота отмечается в западном районе, куда поступает наибольшая часть стока волжских вод (табл. 23). Но южнее морского края отмелой зоны эта связь нарушается. Концентрация биогенных веществ южнее отмелой зоны взморья была больше в условиях естественной водности, чем в условиях зарегулированного стока. При этом она уменьшалась с запада на вос-

Центральный район		Восточный район			
VIII		VI		VIII	
мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>	%
Фосфаты					
6,4	100	4,2	100	5,2	100
6,9	108	5,4	128	3,8	123
4,2	65	5,2	124	3,1	60
Кремний					
1254	100	1430	100	1740	100
2082	166	1440	101	2433	140
2120	169	1262	88	2105	121
Азот аммонийный					
95	100	123	100	89	100
86	90	83	67	64	72
55	58	76	62	55	62

ток. Уменьшение количества питательных солей в волжской воде после зарегулирования обусловило снижение запасов фосфатов в западном районе и увеличение в центральном и восточном. Концентрация кремния повысилась только в центральном районе.

#### УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ УРАЛА

**О б щ и е с в е д е н и я.** Верхняя речная граница устьевой области р.Урал совпадает с вершиной дельты (ниже Гурьева), морская — проходит на взморье примерно по изобате 3 м. В этих границах площадь устьевой области равна 1500 км<sup>2</sup>. Площадь дельты реки — 600 км<sup>2</sup>. Развитие современной устьевой области находится на стадии формирования дельты выдвижения и сосредоточения стока в двух крупных рукавах под влиянием естественного развития процесса дельтообразования и воздействий антропогенных факторов.

Гидрографическая сеть дельты Урала состоит из двух основных рукавов: Золотого и Яицкого. Продолжением рукава Золотого на устьевом взморье служит Урало-Каспийский канал, а Яицкого — искусственно прорытый в 60-х годах канал-рыбход. В пределах устьевого взморья расположены острова Зюйдвестовая Шалыга и Нордостовая Шалыга. У восточного берега п-ова Пешной располагается Золотинский култук. Средний уклон дна взморья — 5 см на километр.

**Д е л ь т а.** Современная дельта начинается от места ответвления от русла небольшого протока Перетаски и далее тянется на юг — юго-запад почти на 40 км. По судоходному рукаву Золотой проходит речная часть Урало-

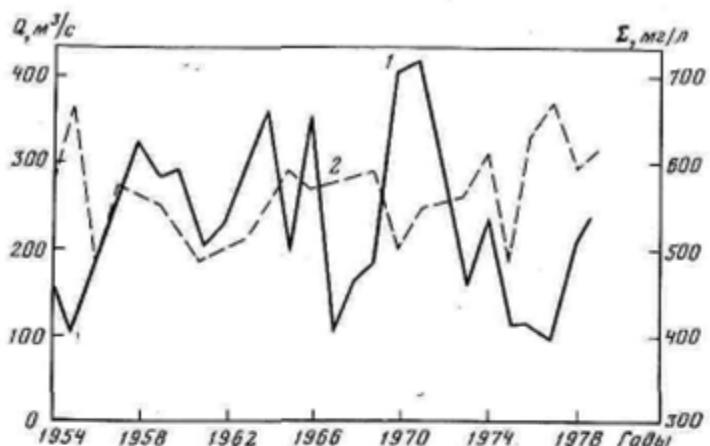


Рис. 16. Изменение среднегодовых расходов воды (в  $\text{м}^3/\text{s}$ ) (1) и минерализации воды (в  $\text{мг/л}$ ) (2) р. Урал

Каспийского канала, которая далее на протяжении 16 км на устьевом взморье переходит в морскую часть канала с глубинами до 1,8 м. Этот канал соединяет устье Урала с Уральской бороздиной — самой глубокой областью восточной части Северного Каспия. Уральская бороздина является продолжением подводного русла Урала и была выработана рекою при более низком стоянии уровня моря.

За последние 50 лет морской край дельты выдвинулся местами на 10–15 км, находившиеся на устьевом взморье реки отдельные острова (Каменный, Камынин, Пещные и др.) спились с сушей. На новом обмелевшем пространстве устьевого взморья образовались новые отмели. Пассивный прирост дельты за это время составил около  $150 \text{ км}^2$ . Наблюдается интенсивное засыпание Урало-Каспийского канала и баровых участков рукавов.

Сток Урала за 1936–1981 гг. составил в среднем  $8,5 \text{ км}^3$  в год и изменился от 2,9 (1937 г.) до  $20,5$  (1948 г.)  $\text{км}^3$  в год. Весьма велики межгодовые изменения расходов воды (рис. 16). За многоводный период 1946–1950 гг. средний расход оказался равным  $470 \text{ м}^3/\text{s}$ , а за маловодный 1931–1940 гг. –  $120 \text{ м}^3/\text{s}$ , максимальные секундные расходы воды колебались от 460 (1937 г.) до  $5100 \text{ м}^3/\text{s}$  (1957 г.). В апреле–августе проходит 78% общего стока. Минимальные расходы воды чаще всего наблюдаются перед ледоставом и несколько позже. Величина их изменилась от 11 (1957 г.) до  $95 \text{ м}^3/\text{s}$  (1970 г.). Происходящие в дельте Урала нагоны могут препятствовать поступлению речных вод в море. С 1926 по 1977 г. доля стока основного рукава – Золотого – возросла с 65 до 78%, а в 1981 г. – до 80%. Доля стока Яицкого рукава сократилась (табл. 24).

В последние годы отмечался процесс отмирания целого ряда водотоков, особенно левобережных (Перетаска, Бухарка, Зарослый, Золотенок). В связи с этим в восточную прибрежную зону устьевого взморья полностью прекратился сток воды, наносов, минеральных и органических веществ. Среднегодовой сток взвешенных наносов у Гурьева равен 3900 тыс.т. В период половодья в море выносится 95% наносов, часть которых отклады-

Таблица 24  
Распределение расходов воды по основным рукавам дельты Урала

Водоток	1926—1927 гг.		1956—1964 гг.		1975—1977 гг.	
	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%
Урал	344	100,0	253,0	100,0	95,8	100
Золотой	224	65,1	168,0	66,4	75,0	78,3
Яицкий	103	30,0	80,5	31,8	20,8	21,7
Перетаска	17	4,9	4,5	1,8	0	0

дывается в дельте. В периоды падения уровня моря в основных рукавах дельты развиваются процессы зрозии, что приводит к увеличению стока наносов в море.

После резкого падения уровня моря в 1930—1940 гг. многолетние изменения уровня воды Урала у Гурьева имели тенденцию к постоянному снижению (рис. 17).

Характер сезонных изменений уровня в дельте в основном соответствует внутригодовому распределению стока воды. На стоковые колебания уровня накладываются сгонно-нагонные колебания. При понижении уровня моря и выдвижении морского края дельты сократились повторяемость и величина нагонов у Гурьева.

Во время весеннего половодья дельта заливается речными водами. Заливание дельты обычно начинается при отметке уровня —25,5 м. Площадь залиивания зависит от высоты и продолжительности стояния наивысших уровней в реке. До падения уровня моря в 1936—1940 гг. площадь залиивания достигала 250 км<sup>2</sup>, в настоящее время при стоке Урала в 7,5 км<sup>3</sup>/год она не превышает 150 км<sup>2</sup>. Сокращение стока до 5 км<sup>3</sup>/год уменьшает площадь залиивания до 100, а при снижении уровня моря до —29,5 м — даже до 50 км<sup>2</sup>. В последние годы продолжительность залиивания поймы и дельты сократилась с 45 до 15 дней в году.

Во время половодья температура воды от вершины дельты к морю увеличивается, и на взморье она выше, чем в реке на 3° и более. В пологих и дельтовых разливах температура воды также выше (на 1—2°), чем в руслах водотоков.

Все водотоки дельты ежегодно покрываются льдом. Наступление ледостава происходит в начале ноября — конце декабря, а его продолжительность колеблется от 82 до 156 дней. В среднем толщина льда составляет 35—50 см, а в отдельные годы может превышать 80 см.

Весной структура ледяного покрова нарушается под воздействием солнечной инсоляции, и при наличии ветра и волнения лед полностью взламывается в течение 1—3 дней. Вскрытие происходит в начале марта — середине апреля, а в мягкие зимы может начинаться в первой половине февраля. На главных судоходных водотоках дельты вскрытие производится искусственно на несколько дней раньше естественного разрушения льда. Заторов и зајоров не наблюдается; ледоход, идущий с верховьев Урала, не доходит до дельты. Таким образом, речной лед не оказывает влияния на ледовые условия устьевого взморья.

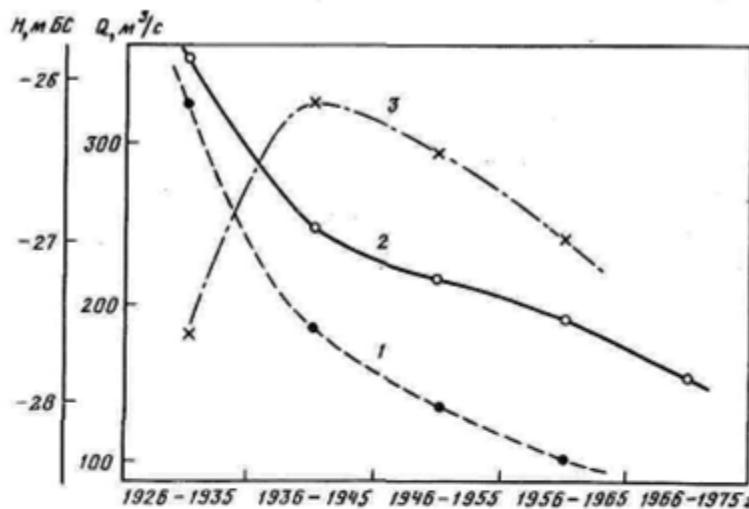


Рис. 17. Изменение осредненных по пятилетиям уровня моря (1) и Урала (2), стока Урала (3) (данные С.С. Байдина)

**Устьевое взморье.** Устьевое взморье Урала расположено в восточной части Северного Каспия, которая одновременно представляет собой и часть устьевого взморья восточных рукавов дельты Волги (рис. 18).

Нарастание глубины в сторону моря на взморье идет медленно, протяженность взморья составляет 25–30 км. Из-за пологости дна, во время кратковременных колебаний уровня моря, связанных со сгонами и нагонами, граница устьевого взморья изменяется в больших пределах. Устьевой бар может полностью осушаться и в отдельные годы зарастает водной растительностью.

Поступающие через Иголкинский и Ганюшкинский банки Волги 17–19 км<sup>3</sup> воды в год и около миллиона тонн наносов оказывают влияние на изменение рельефа дна устьевого взморья Урала. При работе вододелителя сток Волги в восточную часть Северного Каспия во время половодья может быть увеличен еще на 2–3 км<sup>3</sup> (маловодные и средние по водности годы). Эти волжские воды, смешиваясь с водами взморья Урала, распространяются практически по всей акватории восточной части Северного Каспия и играют основную роль в ее распреснении.

Скорость стокового течения на устьевом взморье Урала при нагонных ветрах, как правило, уменьшается. При сильных нагонах в тонком небольшом поверхностном слое могут наблюдаться даже обратные течения малой продолжительности.

В открытой части устьевого взморья преобладают ветровые течения, направленные по ветру. При продолжительных сгонах развиваются компенсационные течения противоположного направления.

Наибольшую повторяемость имеют скорости течения 5–10 см/с. Наибольшая скорость поверхностных течений достигала 46 см/с у Зюйдвестовой Шалыги при северо-западном ветре скоростью 5–8 м/с. При сильных

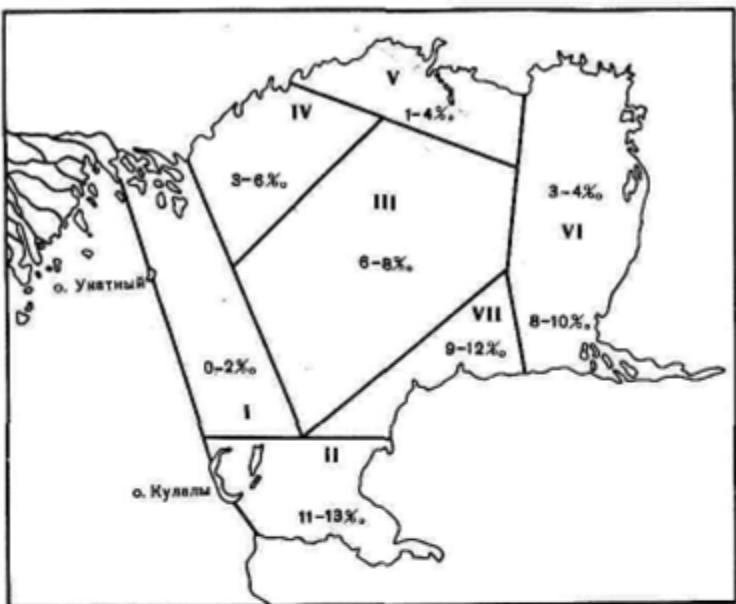


Рис. 18. Районирование восточной части Северного Каспия по среднемноголетней солености (данные Н.А. Скриптунова)

осенних штормах (20 м/с и более) величины скоростей ветровых течений могут быть большими.

В обычных условиях зона распреснения вод на взморье Урала четко выражена в апреле–июне. В апреле на взморье Урала, по исследованиям Е.А. Дризо, площадь зоны с соленостью  $0-2^{\circ}/\text{oo}$  составляет в среднем  $420-500 \text{ km}^2$ , а с соленостью вод в  $5^{\circ}/\text{oo}$  – около  $2500 \text{ km}^2$ . В мае зона транзита увеличивается в три–четыре раза, а в июне уменьшается до  $800-900 \text{ km}^2$ . Начиная с июля заметного влияния уральских вод на соленость восточной части Северного Каспия не наблюдается.

В межень морские воды могут подходить вплотную к устью, а при нагонных ветрах даже поступать в русло Урала. Так, в 1977 г. в Урало-Каспийском канале воды с соленостью  $2,5^{\circ}/\text{oo}$  наблюдались в 10 км от взморья. В 1974–1977 гг. в зависимости от водности года и сезона, соленость вод у приемного буя Урало-Каспийского канала изменялась в пределах  $0,3-3,4^{\circ}/\text{oo}$  в половодье и  $5,1-11,3^{\circ}/\text{oo}$  осенью.

Среднегодовая соленость на взморье (Зюйдвестовая Шалыга) равна  $3,1^{\circ}/\text{oo}$ . Среднемесячная соленость имеет два максимума и два минимума: первый максимум наблюдается в январе вследствие осолонения вод за счет ледообразования, второй – в июле и связан с часто повторяющимися в это время нагонными юго-западными ветрами. Таяние льда в апреле обуславливает первый минимум солености вод, а часто наблюдающиеся северо-восточные ветры – второй. Эти ветры способствуют переносу пресных вод Урала в район Зюйдвестовой Шалыги. Обычно при юго-западных, южных и юго-

Таблица 25  
Пределы изменения водородного показателя (рН)  
и концентраций главных ионов (мг/л) в дельте Урала (1975–1977 гг.)  
(данные А.А. Болышова, Е.А. Дризо)

Характеристика	Гидрологическая фаза				
	зимняя межень	половодье	спад половодья	летняя межень	осенняя межень
Хлориды	100–365	75–191	28–90	64–270	270–320
Сульфаты	100–175	70–123	43–85	9–140	135–155
Гидрокарбонаты	146–295	155–265	110–171	146–290	205–235
Кальций	60–172	50–100	30–58	35–75	65–90
Магний	8–60	7–40	9–25	9–35	20–25
Натрий + калий	61–235	7–135	84–160	45–656	145–175
Сумма	625–1221	400–700	321–570	515–1072	840–1000
pH	7,4–8,2	7,1–7,6	7,8–8,0	8,0–8,2	7,7–8,2

восточных ветрах происходит повышение, а при западных, северо-западных и северо-восточных — понижение солености вод устьевого взморья.

Максимальная соленость у Зюйдвестовой Шалыги ( $13,7^{\circ}/\text{oo}$ ) отмечена в феврале 1956 г., что было связано с маловодностью Урала в предшествующем году и суровыми условиями зимы 1955–1956 гг.

Вертикальные градиенты солености из-за отмелости устьевого взморья небольшие и в среднем равны  $0,10$ – $0,15^{\circ}/\text{oo}$ .

Воды Урала — гидрокарбонатные группы кальция и натрия. Общая минерализация воды равна 200–800 мг/л. Зимой концентрация может увеличиваться до 1500 и даже 3000 мг/л, и класс воды при этом изменяется на хлоридный группы натрия второго типа. В половодье минерализация воды сильно снижается. Сравнительно высокая минерализация воды Урала обуславливает больший вклад его стока в солевой баланс, чем в общий водный баланс Каспия. Сезонные изменения концентрации главных ионов в воде дельты Урала значительны (табл. 25). Минерализация воды находится в тесной зависимости от водности реки (см. рис. 16).

Насыщение вод дельты кислородом изменяется от 30 до 160%. Но если в начале зимы насыщение высокое, то к концу этого сезона оно сильно уменьшается — до 20–70% насыщения. В половодье содержание кислорода в воде повышается до 10–14 мг/л (80–120% насыщения), а в июне–июле часть кислорода уже расходуется на окисление органических веществ.

Влияние биогенного стока Урала распространяется только на небольшое пространство взморья. Так, в многоводный 1974 г. в мае повышение концентрации фосфора (20–45 мкг/л) наблюдалось на расстоянии до 50 км от дельты, а мористее не превышало 8–13 мкг/л.

Режим биогенных веществ формируется под воздействием гидрологических и биологических факторов. Наибольшая концентрация минерального фосфора наблюдается весной, после прохождения пика половодья (13–46 мкг/л в 1974 г., 63–80 мкг/л в 1976 г.). С бурным развитием фитопланктона концентрация минерального фосфора снижается, но вследствие

проникновения в районы взморья Урала волжских вод в июне–августе она несколько возрастает. В маловодный 1977 г. минеральный фосфор обнаруживался в течение всего сезона, при наименьшей концентрации 4–13 мкг/л. Это, возможно, связано с повышенной соленостью вод взморья и замедленным развитием фитопланктона, главного потребителя растворенных фосфорсодержащих соединений.

Максимальная концентрация кремния в водах устьевого взморья наибольшая в мае и в сентябре–октябре (1,2–2,1 мг/л), а минимальная в июле (0,4–0,9 мг/л), что связано с особенностями гидрохимического режима реки и фазами развития диатомовых водорослей. В целом уменьшение стока Урала за последние годы снизило содержание кремния в водах взморья на 0,2–0,5 мг/л.

Насыщение кислородом вод взморья колеблется в пределах 85–100%.

Наибольшие величины перманганатной окисляемости вод наблюдаются в июне–июле и в отдельные годы в августе (6,5–13,0 мг О<sub>2</sub>/л). С увеличением водности реки окисляемость воды на взморье возрастает, к осени — уменьшается до 1,5–7,5 мг О<sub>2</sub>/л.

#### УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ ТЕРЕКА И СУЛАКА

Общие сведения. Устьевые области Терека и Сулака и прибрежная зона Каспийского моря от о-ва Чечень до Махачкалы (включая южную часть современного Кизлярского залива) представляют собой район с единными процессами дельвообразования и изменений гидрографической сети, происходящими здесь более интенсивно, чем в устьях других рек, питающих Каспий. Все это связано с большой мутностью речных вод, отмелью устьевых взморьев и значительным воздействием техногенных факторов.

Русло Терека в пределах дельты расположено на гребне песчано-илистой гряды, созданной самой рекой. Русла реки и ее рукавов искусственно обвалованы, и лежат они выше окружающей местности. Вследствие этого в половодье происходят прорывы валов и затопление обширных территорий дельты. В нижней части дельты широко развиты современные процессы аккумуляции наносов (песок, ил, соли), которые со временем перемещаются в глубь дельты.

За верхнюю речную границу устьевой области Терека принимается створ у с. Степное, где уже мало сказывается влияние водораспределительной плотины и не происходит интенсивного подъема дна русла реки.

Современная дельта Сулака имеет клювовидную форму и примыкает к более ранней, почти отмершей дельте, возраст которой исчисляется всего несколькими сотнями лет. Направление формирования современной дельты обязано искусственным прокопам. Следов более древних дельт реки не обнаружено. Это дает основание предположить, что раньше Сулак имел единую систему с Тереком и в Средний Каспий самостоятельно не впадал.

В связи со строительством в 1974 г. Чиркейской ГЭС, а в последние годы и Миатлинской, естественный режим Сулака значительно нарушен.

Дельта. Частые прорывы вод и наводнения приводили к изменению направления реки и ее рукавов, формированию новой гидрографической сети, образованию нового микрорельефа в отдельных районах дельты, изменению места впадения устья в море и выдвижению морского края

дельты на взморье. Так, со временем от Аграханского залива остался лишь небольшой лиман, отделенный от моря сложенным в основном наносами Терека п-вом Уч-Коса, а Сулак в настоящее время впадает в открытую приглубую зону Среднего Каспия.

Последний крупный прорыв вод Терека через береговые валы произошел в 1914 г., и река направила свои воды в Аграханский залив. Через этот залив терекские воды попадали в современный Кизлярский залив. Однако отложение наносов в Аграханском заливе и происшедшее падение уровня моря удлинили путь речных вод до уреза воды. Возникла мысль сократить длину рукава и направить его сток в Средний Каспий по искусственной прорези через п-ов Уч-Коса. С августа 1977 г. Терек большую часть стока воды и наносов выносит в среднюю часть Каспийского моря. На побережье Среднего Каспия стала формироваться новая пионерная дельта Терека, оказывающая влияние на динамику вдольбереговых процессов.

До открытия прорези гидрографическая сеть дельты делилась на две части: верхнюю и нижнюю. В верхней части она состояла из Нового Терека и оросительных и обводнительных каналов, в нижней – из русла Главного банка и его ответвлений – банков Батмаклинского, Куни, Кубякинского, Среднего и Северного. После открытия прорези постоянно действующим остался только один водоток – Новый Терек, хотя воды половодья поступают ныне также и в первые три банка. В верхней части дельты у станицы Каргалинская сооружена водорегулирующая плотина для подачи воды в Сулу-Чубупинскую и Дельтовую оросительные системы.

Нижний участок Сулака сильно врезан и имеет плоскодонное поперечное сечение. В 1932 г. воды Сулака были искусственно направлены на север, и на прибрежном мелководье моря стал быстро формироваться новый конус выноса. Быстроому выдвижению дельты способствовало происшедшее в то время понижение уровня моря. Между выдвигающейся дельтой и морским берегом постепенно образовалась бухта.

К 1957 г. дельта Сулака выдвинулась в северном направлении на 8,5 км и ее площадь достигла  $73,5 \text{ км}^2$ . В это время сток Сулака был направлен по новой искусственной прорези на восток, и в месте выхода прорези в море стала формироваться современная дельта реки. Рукава старой дельты отмерли, а ее морской край стал разрушаться.

Средний многолетний сток воды Терека у с. Степное за 1930–1975 гг. составил  $9,5 \text{ км}^3/\text{год}$ . Величина стока изменилась от 6,9 до  $13,5 \text{ км}^3/\text{год}$ . К гидроствору Аликазган сток по руслу уменьшается из-за ограниченной пропускной способности русла и прорыва паводковых вод через оградительные береговые валы.

Максимальный расход воды у с. Степного за 1924–1985 гг. наблюдался в 1931 г. и достигал  $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ , а у Каргалинской –  $1630 \text{ м}^3/\text{с}$  (1967 г.). Но наибольший расход воды –  $2380 \text{ м}^3/\text{с}$  – был в 1914 г.

Минимальные расходы воды наблюдаются в зимний период: выше Каргалинского гидроузла –  $70 \text{ м}^3/\text{с}$ , у Каргалинской – 25, а у Аликазгана – менее  $2 \text{ м}^3/\text{с}$  (1975 г.). В стоке Терека отчетливо выражены межгодовые изменения. Так, до середины 40-х годов наблюдалась повышенная водность, затем произошло ее снижение, в 1959–1967 гг. сток несколько возрос, а с 1968 г. вновь наступила фаза маловодных лет (рис. 19).

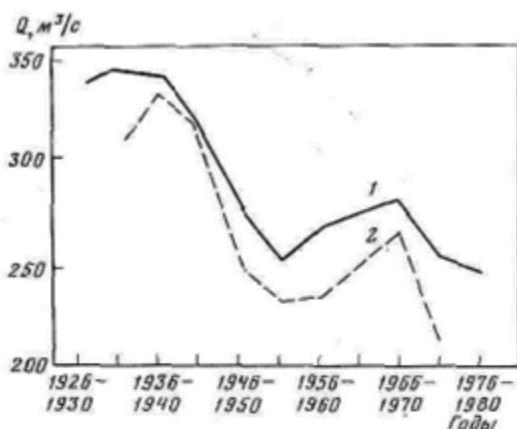


Рис. 19. Изменение средних пятилетних расходов воды Терека (данные С.С. Байдина)  
1 – Степное, 2 – ст. Каргалинская

Внутригодовой режим стока Терека характеризуется гидрографом, свойственным горно-ледниковым рекам: продолжительным половодьем в теплый сезон и низким стоком в холодный. Несмотря на заборы вод Терека на орошение, распределение объема стока в течение года не изменяется и сохраняется таким же, как оно было в естественных условиях. В средний по водности год доля стока в теплый сезон достигает 70%, уменьшаясь вниз по течению реки вследствие забора воды.

После того как воды Терека были направлены по прорези в Средний Каспий и произошло врезание русла, весь сток реки стал проходить только по Главному баку. С п-ова Уч-Коса на дельту стали наступать барханные пески и началось опустынивание ее нижних участков.

До сооружения на р. Сулак гидроэлектростанций в половодье проходило 65–66% общего стока. В настоящее время ниже Чиркейской плотины доля стока уменьшилась до 52% у Миатлюка и до 47% – у пос. Сулак.

Воды Терека отличаются большой мутнотостью. Ее величина изменялась от 5300 г/м<sup>3</sup> (1932 г.) до 650 (1975 г.), а средняя равна 1810 г/м<sup>3</sup> (1930–1976 гг.). До сооружения прорези мутнотость вод в баках Куни, Кубакинском, Северном была меньше, чем в Новом Тереке.

Средний многолетний расход взвешенных наносов Терека у с. Степного равен 540 кг/с (17 млн т в год). Отложения наносов в русле реки обуславливали повышение отметок его дна, что вызывало постоянное наращивание береговых валов, ограничивающих наводнение в пределах дельты. Хотя на подъеме половодья дно Нового Терека размывалось на 1–2 м, на спаде половодья в русле вновь откладывались наносы, и дно вновь повышалось.

До сооружения прорези и обсыхания северной части Аграханского залива в море выносилось всего около 3 млн т наносов в год, остальные откладывались на пойме, в русле и в Аграханском заливе. После открытия прорези почти все наносы Терека, поступающие к Аликазгану, выносятся в море. Выносятся также и продукты размыва русла, вызванного регressiveй эрозией

Потери стока наносов Сулака от пос. Миатлы до пос. Главный Сулак (отложение наносов в оросительных системах и на пойме) составляли до зарегулирования реки 20%. После зарегулирования реки сток наносов сократился в 20 раз, в основном во время половодья; в зимний же сезон сток наносов стал больше в 2–4 раза.

Режим уровня воды в дельте Терека сильно искажается в результате работы Каргалинской плотины, забора воды на орошение, частых прорывов вод через русловые валы, заторно-зажорных явлений.

Годовой ход уровня характеризуется продолжительным половодьем в теплое время года и низкими уровнями в холодный сезон и в весеннею межень. Максимальные уровни воды у Каргалинской плотины изменяются в пределах от 0,8 до 2,7 м БС. Минимальные годовые уровни в дельте Терека наблюдаются в основном в теплый сезон года и связаны с маловодностью реки и забором воды на орошение.

Затопление дельты Терека водами половодья делится на первичное и вторичное. Первичное затопление происходит в районах, где средние отметки уровня воды в водотоках ниже отметок окружающей местности. Вода на подъеме половодья затапливает пойму, а на спаде может возвращаться в русло. Первичное затопление оказывается катастрофическим при прорыве вод через валы в верхней части Нового Терека или выше Каргалинской плотины. Наибольшая площадь, подвергавшаяся затоплению, достигала 700 км<sup>2</sup>. Вторичное затопление связано с устьевым удлинением рукава, поднятием его дна, в результате чего отметки уровня воды оказываются выше окружающей местности и бровок берегов. При таком затоплении значительная часть воды не возвращается в русло того же водотока. Вторичное затопление свойственно нижней части реки. По мере устьевого удлинения и поднятия русла переливы воды при вторичном затоплении захватывают все большие площади вверх по течению.

После сооружения канала-прорези через п-ов Уч-Коса перепад уровня между морем и Новым Тереком (Агреханским заливом), составляющий 2,5–3 м, рассредоточился по длине канала (6 км) и вверх по Новому Тереку, достигнув Аликазгана.

При понижении уровня моря снижался уровень воды и в устье Сулака. Этот процесс происходил с некоторым отставанием вследствие невозможности мгновенного размыка русла и продолжающегося устьевого удлинения. Кроме того, сооружение в 1957 г. прорези в дельте Сулака и направление вод реки по более короткому пути также привело к снижению уровня воды на устьевом участке реки.

Внутригодовой ход уровня соответствует ходу стока воды. Максимальные уровни наблюдались в июне–июле, реже в осенний период, во время выпадения ливневых осадков. После ввода Чиркейской ГЭС снизились пики половодья и паводков, уменьшились максимальные уровни и угроза затопления поймы реки.

На устьевых участках Терека и Сулака появление первых ледовых образований чаще всего происходит в конце декабря – начале января, а в отдельные зимы и в конце ноября. Здесь отмечается также образование заберегов и донного льда. Ежегодно наблюдается шуга, часто транзитная, принесенная с верхних участков реки. При зажорах подъемы уровня могут достигать 2–3 м. Во второй половине января устанавливается ледостав.

Толщина льда иногда достигает 50 см. Русло подо льдом часто забито шугой. Весной отмечаются заторы, приводящие к подъему уровня и затоплению пойменных пространств.

**Устье в с в м о рь е.** Выносы Сулака и продукты размыва его старой дельты сформировали в последние годы косу, направленную на северо-запад и почти замкнувшую бухту между старой дельтой и морским берегом.

Изменение направления русла Сулака и его устья привело к существенному изменению природных условий дельты реки, а также гидрологического режима устьевого взморья и прилегающей к нему акватории моря. Изменились очертания и глубина прибрежной части моря, течения и поток морских наносов (на север вдоль п-ова Уч-Коса и на юг в сторону Махачкалы). У устья прорези через п-ов Уч-Коса наносы Сулака соединяются с наносами Терека, и значительная их часть идет на дальнейшее формирование п-ова Уч-Коса и пионерной дельты в устье прорези.

После направления терекских вод до прорези через п-ов Уч-Коса устьевым взморьем Терека стала прибрежная акватория Среднего Каспия. Здесь начались процессы взаимодействия и смешения пресных речных и соленых морских вод. Стоковое течение на устьевом взморье ощущается только в прибрежной зоне. Основное влияние на характер течений здесь оказывает ветер, особенно северо-западного и юго-восточного направлений. Наибольшую повторяемость имеют ветровые течения вдольбереговых направлений.

Дно отмелого устьевого взморья представляет собою чередующиеся валы, подходящие под углом к берегу. Вблизи уреза воды течения могут достигать скорости 1,4 м/с и играют большую роль в переотложении наносов.

В зоне развития волновых процессов (до 5 м глубин) течения в основном направлены вдоль подводных валов, под небольшим углом к берегу, а их скорости изменяются от 15 до 90 см/с и более.

Мористее этой зоны преобладают ветровые течения двух вдольбереговых направлений: северо-северо-восточного и юго-юго-западного. Их скорость изменяется от 10 до 70 см/с. Средняя скорость течения вдоль берега в два раза больше, чем по нормали к берегу, что указывает на значительный вдольбереговой транзит наносов.

Характер течений в районе устья Сулака обусловливается ветрами и орографическими условиями (Сулакская коса). Здесь под действием юго-восточных ветров происходит восточный и северо-восточный перенос вод. Скорость течений на устьевом взморье Сулака больше, чем на взморье Нового Терека.

В южной части современного Кизлярского залива волжские воды, поступающие с севера, смешиваются с морскими и пресными терекскими водами, поступающими через бывший пролив, соединявший Аграханский и Кизлярский заливы. В Кизлярском заливе происходит смешение этих вод, откуда они направляются далее на юг вдоль п-ова Уч-Коса. До открытия прорези через п-ов Уч-Коса соленость воды изменилась от 9 до 12<sup>0</sup>/oo. Наибольшее распреснение вод в поверхностном слое взморья отмечалось весной (апрель—май), а на придонных горизонтах — летом.

После открытия прорези распределение солености воды на устьевом взморье изменилось. Соленость 10<sup>0</sup>/oo в настоящее время наблюдается

на расстоянии 3,5 км от устья, в то время как раньше она отмечалась вблизи п-ова Уч-Коса.

Температура воды на взморье до глубин 10 м в штиль и при слабом ветре почти одинакова. Мористее в придонном слое температура в теплый сезон года незначительно уменьшается в сторону моря, в холодный — увеличивается.

Вертикальное распределение температуры воды в теплый сезон в основном зависит от ветра. В периоды наибольшего прогрева градиенты равны  $0,1\text{--}0,3^\circ$  на метр. Иногда на горизонтах 4—8 м наблюдался слабо выраженный слой скачка температуры. При скоростях ветра более 8—10 м/с образуется гомотермия.

Наибольшую повторяемость в летний сезон имеет температура воды  $22\text{--}22,5^\circ$  (26,6%) на поверхности и  $21\text{--}21,5^\circ$  на горизонте 5 м (15,4%). В осенний сезон — соответственно  $19,5\text{--}20,0^\circ$  (20,4%) и  $19,0\text{--}19,5^\circ$  (28,2%).

В суровые зимы ледяной покров вдоль п-ова Уч-Коса достигает ширины 5 км, а в умеренные зимы он наблюдается севернее о-ва Чечень.

С выводом вод Терека в Средний Каспий наиболее раннее замерзание наблюдается на береговых участках устьевого взморья с распресненной водой. Несколько позднее ледовые явления могут образоваться на взморье Сулака. В очень суровые зимы может полностью замерзать Махачкалинская бухта, а к северу от Сулакской бухты в этих условиях образуется устойчивый припай. В феврале плавучий лед часто дрейфует вдоль п-ова Уч-Коса на юг. При штормовом юго-восточном ветре дрейф льдов происходит у берега, а при северо-западных — в нескольких километрах от него. Скорость дрейфа колеблется в пределах 0,05—1,0 м/с.

Щелочность воды увеличивается от 1,8 мг-экв/л в речной воде до 2,7 мг-экв/л на взморье. Активная реакция (pH) изменяется мало, и ее величина равна 8,4—8,6. Содержание кислорода в речной воде — 8,5 мл/л, в морской — 8,2 мл/л.. Концентрация фосфора равна соответственно 3,5 и 10 мкг/л, а кремния — 30 и 50 мкг/л.

#### УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ САМУРА

Общие сведения. Устьевая область Самура — самая малая по площади среди устьевых областей основных рек западного побережья Каспия.

Водные ресурсы бассейна Самура широко используются для орошения. В 35 км от устья в 1956 г. сооружен Самурский гидроузел, обеспечивающий водой Ашхеронский полуостров и Южный Дагестан. Создание гидроузла нарушило естественные гидрологические условия дельты.

Дельта. Устьевая область Самура относится к типу устья с малорукавной дельтой и с открытым приглубым устьевым взморьем. Русловая сеть дельты состоит из двух водотоков: северного, или Малого Самура, через который в море выносится около 90% стока воды, и южного, или Самура. Протяженность дельты Самура от ее вершины до моря — 19 км, Малого Самура — 24 км. Общая площадь дельты около  $80 \text{ km}^2$ , устьевого взморья  $240 \text{ km}^2$ .

Между устьями Самура и Малого Самура, расстояние между которыми равно 4 км, расположено устье р. Карасу. Эта река имеет родниковое по-

Рис. 20. Распределение расходов воды (а) и наносов (б) по рукавам дельты Самура

1 - Малый Самур, 2 - Самур

тание, и в нее во время больших половодий сбрасываются лишние весенние воды из Малого Самура.

Малый сток реки и активное воздействие морских факторов (волнистое течение, вдольбереговой поток наносов) не благоприятствовали образованию на взморье дельты выдвижения и подводной дельты.

Питание Самура смешанное. Для реки характерны весенне-летнее половодье, хорошо выраженная зимняя межень, а также летние и осенние дождевые паводки.

Основной объем стока воды проходит в период половодья (май–август) – около 66%. При этом наибольший сток наблюдается в июне–июле (около 40%). В зимнюю межень (декабрь–март) выносится всего 11% годового стока, а осенью (сентябрь–ноябрь) – около 14%. Межгодовая изменчивость стока в вершине устьевой области определяется режимом работы гидроузла, от которого часть стока поступает в каналы.

Сток неравномерно распределяется по рукавам дельты (рис. 20). В северный рукав (Малый Самур) в среднем поступает 86% общего объема стока.

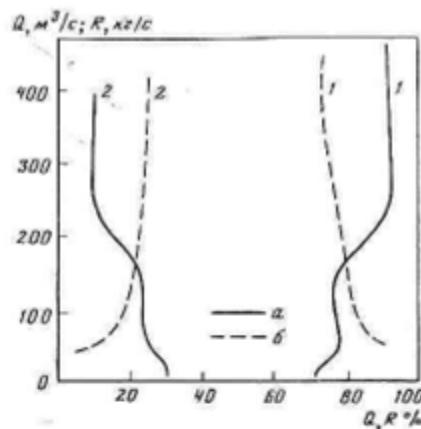
Природные условия бассейна Самура способствуют развитию интенсивных эрозионных процессов, что приводит к поступлению в русло реки большого количества твердого материала. Количество наносов, поступающих к вершине устьевой области, значительно меньше, чем в верховых реки, что связано с осаждением наносов при выходе реки из гор.

Сток взвешенных наносов существенно зависит от водности года и изменяется в вершине дельты от 13,9 до 2,7 млн т в год. Практически весь сток взвешенных наносов поступает в дельту в период половодья.

Максимальный по стоку взвешенных наносов год совпадает с максимальным по водности. Однако в год с минимальной водностью сток наносов не наименьший. По данным наблюдений, наименьший сток взвешенных наносов был отмечен в 1971 г., когда в Каспийское море поступило всего 0,98 млн. т.

Сток взвешенных наносов, так же как и сток воды, неравномерно распределяется по рукавам дельты (см. рис. 20). Через северный рукав в море выносится 64, а через южный – 35% общего стока взвешенных наносов. В годы с большим стоком наносов это соотношение равно соответственно 74 и 26, а с малым – 90 и 10%.

Самур имеет наибольшую величину мутности воды из всех рек западного побережья Каспийского моря. Среднегодовая мутность воды в устье Малого Самура составляет 1100, а в устье Самура – 2200 г/м<sup>3</sup>. Изменение мут-



ности по длине реки в общем повторяет изменение стока взвешенных наносов.

Колебания уровня воды как в вершине устьевой области, так и в рукавах дельты незначительны и по размаху не превышают метра. Годовой ход уровней соответствует попускам воды в нижний бьеф гидроузла. Уклоны водной поверхности в рукавах дельты изменяются в пределах от 40 до 5 см/км.

**Устьевое взморье.** Акватория Каспийского моря, прилегающая к дельте Самура — самая приглубая вдоль всего западного побережья. Изобата 400 м в районе устья Самура проходит всего в 25 км от берега, а 5-метровая изобата — в 80–100 м.

Скорости течения в рукавах дельты изменяются от 2,5 м/с в пик половьи до 50 см/с в межень. Дальность распространения стоковых течений весьма незначительная: в пределах устья Самура — 300–400 м от его морского края, Малого Самура — 600–800 м.

В районе устьевого взморья Самура преобладают течения двух вдольбереговых направлений — северо-западные и юго-восточные.

Скорости ветровых течений увеличиваются от моря к берегу. Так, при ветрах северных направлений со скоростью более 10 м/с продолжительностью не менее полусуток течения к югу имеют скорости 1,4–1,5 м/с на глубине 2 м, 1,2–1,3 м/с на глубине 3 м и 0,7–0,8 м/с на глубине 5 м. При кратковременных (5–6 часов) слабых северных ветрах скорости течений во всей береговой зоне снижаются до 20–35 см/с.

При сильных юго-восточных ветрах северо-западные течения не превышают 75 см/с на глубине 2 м и 0,50 см/с — на глубине 5 м. В районе взморья Самура наблюдались случаи северных течений со скоростью до 70 см/с при полном отсутствии ветра.

Суммарная повторяемость юго-восточных и северо-западных течений составляет 66%, причем преобладает перенос воды в южном направлении.

Скорости течений по вертикали в основном уменьшаются: например, в пределах глубин 25 м — от 0,80–0,90 м/с у поверхности до 0,18–0,26 м/с у дна. Наиболее устойчивы течения при ветрах со скоростью более 15 м/с. С изменением направления ветра инерционность движения вод оказывается еще около 3–6 часов, в зависимости от скорости ветра, причем наиболее устойчивы течения вдольбереговых направлений.

Течения с большими скоростями преобладают (свыше 25%) в холодный сезон (ноябрь–декабрь), что связано с ветровым режимом этого времени года.

Наблюдения показали, что в зоне глубин 5–50 м поток однороден по направлению, причем отклонение направления течения от направления ветра уменьшается с удалением от берега. После подачи основной части стока Самура в южный рукав на его взморье возросла дальность распространения в море стоковых течений.

Так как сток реки незначителен, его опресняющее влияние локализовано в узкой прибрежной зоне шириной до 80 м. В целом же режим солености взморья практически не отличается от режима солености прилегающей акватории моря. В апреле изогалина 10<sup>0</sup>/oo располагается в 0,5–1 км от берега, в мае граница клина распресненных вод находится в 2 км от устья. В июне вода с соленостью 4<sup>0</sup>/oo располагается в 1 км от устья. В шторм

соленость у побережья увеличивается до  $11^{\circ}/\text{oo}$  в полосе шириной до 1 км и протяженностью по 5 км в обе стороны от рукава Малый Самур.

Реки бассейна Самура выносят воду со средней минерализацией от 200 до 500 мг/л. Самурские воды относятся к гидрокарбонатному классу (преобладание  $\text{HCO}_3'$ ) преимущественно кальциевой, реже натриевой группы (по классификации О.А. Алексина) и II типу, который характеризуется соотношением ионов  $\text{HCO}_3' + \text{SO}_4'' > \text{Ca} + \text{Mg} > \text{HCO}_3'$ . Химический состав воды в рукавах дельты практически одинаков. Основная часть ионного стока (60%) Самура как горной реки приходится на весенне-летнее половодье (май–август). За зимнюю межень (декабрь–март) и за осенний период (сентябрь–ноябрь) выносится 20% ионного стока.

В соответствии с фазами гидрологического режима содержание почти всех основных ионов значительно изменяется, при этом вынос сульфатов может увеличиваться в межень с 23 до 40 мг/л, магния с 10 до 15, натрия + калия со 128 до 188 мг/л, а кальция уменьшается с 29 до 2 мг/л. И только количество хлоридов почти не изменяется – 2,3–2,5 мг/л. Щелочность воды по площади устьевого взморья и его глубине изменяется мало, в пределах 2,7–3,7 мг-экв/л. Содержание кислорода в поверхностном слое достигает 8,5, а у дна 6,0 мл/л. Насыщение воды кислородом может достигать 126%, а в среднем оно равно 110%. Величина активной реакции (рН) воды составляет 8,5.

#### УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ КУРЫ

**Общие сведения.** Верхняя граница устьевой области Куры проходит в 27 км от устья (пункт Каравелли). В вершине дельты река разветвляется на два водотока – юго-восточный (Судоходная Куря), пропускающий 90–95% общего стока, и северо-восточный (Старая Куря). Устьевое взморье Куры включает в себя открытую к востоку от дельты часть прибрежной зоны моря, а также акватории заливов Зюйдостовый Култук и Нордостовый Култук. Морская граница устьевой области удалена от морского края дельты в среднем на 30 км.

Влияние хозяйственной деятельности на гидрологические условия устьевой области Куры проявилось в результате: искусственного перераспределения стока по морскому краю дельты (сооружение в 1964 г. прорези в юго-западном направлении, выводящей часть стока в залив Зюйдостовый Култук), зарегулирования стока Мингечаурским водохранилищем (1953 г.), уменьшения водности реки (изъятие части стока на орошение и ирригацию). На водный режим устьевой области значительное влияние оказывают морские факторы, особенно колебания уровня Каспийского моря.

**Дельта.** Современная гидрографическая сеть дельты Куры находится на стадии завершения формирования однорукавного устья на конусе выноса наносов. Площадь дельты составляет почти  $100 \text{ km}^2$ .

В недалеком прошлом современная дельта Куры имела большое количество рукавов, но в результате понижения уровня моря и зарегулирования стока отдельные водотоки дельты начали отмирать, и этот процесс продолжается вплоть до последнего времени. В настоящее время функционируют в основном три рукава – юго-восточный, северо-восточный и юго-запад-

ный. В связи с продолжающимся отмиранием северо-восточного рукава его устьевой бар стал размываться. Бар ЮЗ рукава практически стабилен, так как он хорошо защищен от преобладающего здесь штормового северо-восточного волнения. Устьевой бар юго-восточного рукава продолжает выдвигаться в море. При естественном режиме Куры в период половодья бар выдвигался в море на 300–400 м (иногда на 600–800 м), а в межень он незначительно размывался. В условиях зарегулированного режима выдвижение бара происходит менее интенсивно (100–150 м).

Зарегулирование Куры (1953 г.) привело к значительному снижению годовых расходов за счет уменьшения объема половодья. Годовой расход 50%-ной обеспеченности уменьшился с 1640 до 1170  $m^3/s$ . Вследствие этих процессов зона распределивших вод на устьевом взморье уменьшилась.

До зарегулирования в период весенне-летнего половодья (апрель–июнь) к вершине дельты поступало около 50% годового объема стока, в летне-осеннюю межень (июль–сентябрь) – 15, в осенний период (октябрь–ноябрь) – 15, а зимой (декабрь–февраль) – 20%. В результате зарегулирования стока его объем в весенне-летнее половодье снизился до 35% от общего годового, сток летом и осенью увеличился на 16% (уменьшившиеся по абсолютной величине). На зимний период приходится 26% годового стока.

До зарегулирования максимальные расходы наблюдались в основном в апреле–июне, т.е. когда проходила волна весенне-летнего половодья. После зарегулирования максимальные расходы стали наблюдаться в разные месяцы. Минимальные расходы воды сейчас проходят обычно в августе–сентябре, наименьший наблюдался в 1961 г. ( $50 m^3/s$ ).

В распределении стока по рукавам дельты наблюдается устойчивая тенденция к сосредоточению его в юго-восточном рукаве, сток которого увеличился с 60% в 1926–1929 гг. до 80% в 1958 г. Процентное распределение стока по рукавам дельты в течение года почти не изменяется.

После зарегулирования стока объем наносов, поступающих в устьевую область Куры, уменьшился более чем на 50%.

До зарегулирования подавляющая часть стока взвешенных наносов приходилась на весенне-летнее половодье (апрель–июнь), когда в устьевую область поступало свыше 70% их годового объема. В 1958–1975 гг. годовой сток взвешенных наносов через северо-восточный рукав сократился (с 35 до 4%) за счет увеличения стока через юго-восточный рукав.

Размах колебаний уровня в вершине дельте (пункт Маяк-I) за 1959–1975 гг. составляет 162 см. В рукавах дельты колебания уровня в основном определяются изменениями уровня воды на устьевом взморье и нагонными явлениями. Сгонные явления в дельте Куры не наблюдаются. По мере приближения к морю величина колебаний уровня воды в реке уменьшается и составляет в устье юго-восточного рукава в среднем 70 см. Нагонные подъемы уровня в дельте не превышают 60 см и распространяются до верхней границы устьевой области. Нагоны наблюдаются при ветрах северных и северо-восточных направлений скоростью более 10 м/с. Наибольшую повторяемость нагоны имеют в холодный период года; средняя их продолжительность около 24 часов.

После снижения уровня моря произошло врезание русла реки, обусловленное

ленное понижением базиса эрозии, и как следствие — снижение уровня в реке.

Зарегулирование стока практически срезало волну половодья, и отметки максимальных годовых уровней уменьшились почти наполовину.

После зарегулирования затопление прилегающей к реке местности наблюдалось только в 1968 и 1976 гг., когда максимальные расходы воды достигали 2200 и 2000 м<sup>3</sup>/с, а отметки максимальных уровней — 545 и 538 см над нулем поста (—26,82 м). В самой же дельте ввиду распластывания волны половодья затопление территории не наблюдается.

Изъятия стока могут существенно снизить уровень воды на участке от Сальян до вершины дельты. Непосредственно в дельте изменения уровня будут незначительны, в пределах 10–15 см. Падение уровня Каспийского моря может вызвать соответствующее снижение уровня на морском крае дельты.

Снижение уровня, наиболее интенсивное в период весенне-летнего половодья, вызывает уменьшение объема воды в дельте и практически прекратит ее обводнение, что ухудшит условия воспроизведения проходных и полупроходных рыб.

Воды Куры на устьевом участке реки относятся к хлоридно-натриевому классу с средней минерализацией 700 мг/л и наибольшей — 1000 мг/л. По общему содержанию ионов воды рукавов дельты Куры относятся к водам повышенной минерализации.

Зарегулирование стока реки привело к увеличению минерализации вод Куры, и среднегодовой вынос солей в море увеличился на 1,8 млн. т, т. е. почти на 20%, несмотря на общее уменьшение объема водного стока.

Устьевое взморье. Устьевое взморье Куры представляет собой взморье открытого типа. Прилежащая к нему акватория Южного Каспия имеет очень неровный рельеф и изобилует многочисленными островами, подводными грядами и банками. Общая площадь устьевого взморья 700 км<sup>2</sup>. К северу и северо-востоку от дельты глубины взморья не превышают 17–25 м. Метровая изобата здесь проходит в 800 м от береговой линии, а 5-метровая — в 3,5 км. В юго-восточной части устьевого взморья 10-метровая изобата располагается всего в 1,5 км от дельты. В заливе Зуйдостовый Култук глубины 5–7 м.

Весной, с увеличением стока наносов реки, на взморье происходит рост и выдвижение бара, а мористее — подводных кос. Под воздействием волнения усиливается вдольбереговой поток наносов с севера к взморью юго-восточного рукава. Основная масса речного аллювия откладывается на взморье в юго-восточном и южном от дельты направлениях.

На взморье Куры в пределах глубин 10–13 м при северо-восточных ветрах скоростью 10 м/с образуются волны высотой 0,8 м, а при ветрах со скоростью 16 м/с — 1,6 м. При подходе к Куринской банке фронт волнения деформируется и происходит огибание волнами банки таким образом, что северная часть фронта волнения подходит к дельте Куры с севера, а южная часть — с востока.

В устье северо-восточного рукава при малых расходах воды (менее 10 м<sup>3</sup>/с) при достаточной продолжительности нагонного ветра могут наблюдаться обратные течения по всему живому сечению.

Скорость стоковых течений на взморье уменьшается по мере удале-

ния от устья к свалу глубин (изобата 5 м). Резкое затухание стоковых течений происходит при расходах воды  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  на расстоянии одного километра от гребня речного устьевого бара, а при расходе  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$  – на расстоянии 3 км.

Мористее, т. е. там, где уже не ощущается влияние стоковых течений, основным фактором, формирующим поле течений на устьевом взморье, является ветер. Преобладающие здесь ветры северных и южных румбов обусловливают соответствующие им южный и северный переносы масс воды. Ветры северных направлений преобладают в холодный период года, а южные ветры – в теплый.

Слабые неустойчивые ветры со скоростью менее  $5 \text{ м}/\text{с}$ , имеющие повторяемость около 50%, формируют течения со скоростью  $4\text{--}18 \text{ см}/\text{с}$ . Ветры северных и южных направлений со средней скоростью  $4,9\text{--}9 \text{ м}/\text{с}$  вызывают течения со скоростью  $40\text{--}60 \text{ см}/\text{с}$  на поверхности и  $10\text{--}30 \text{ см}/\text{с}$  у дна. Эти течения устойчивые и, как правило, направлены по ветру.

Сильные ветры (более  $10 \text{ м}/\text{с}$ ) в районе устья Куры – обычно северные – уже через  $1,5\text{--}2$  часа формируют однодirectionalный перенос воды. При штормовых ветрах на свале глубин скорости на поверхности могут достигать  $1,5 \text{ м}/\text{с}$ .

Наибольшая повторяемость присуща северным и северо-восточным течениям со скоростью  $20\text{--}40 \text{ см}/\text{с}$ , несколько меньше – юго-юго-западным течениям. Мористее 40-метровой изобаты наблюдается в основном постоянное течение северного направления со скоростью  $7\text{--}20 \text{ см}/\text{с}$ , на свале глубин повторяемость таких течений 60%.

Среднемесячная температура воды изменяется в течение года от 6 до  $27^\circ$ . С марта по июнь речная вода прогревается на  $4\text{--}6^\circ$  больше, чем воды прибрежной зоны моря. В июле–августе речная и морская вода имеют почти одинаковую температуру, а начиная с сентября речная вода становится холоднее морской на  $1,5\text{--}3^\circ$ . В холодный период года температура воды увеличивается от отмелых районов в сторону моря. С глубиной на взморье отмечается, как правило, гомотермия.

В относительно теплые зимы температура воды на устьевом взморье в районе гребня бара равна  $8\text{--}9^\circ$ , постепенно увеличиваясь в сторону моря до  $10\text{--}11^\circ$ . В холодные зимы на свале глубин происходит охлаждение воды до  $3^\circ$ , а мористее – до  $8^\circ$  (рис. 21). В среднем разница температуры воды на устьевом баре и на значительном удалении от устья в сторону моря составляет  $3\text{--}4^\circ$ .

Лед в устье Куры наблюдался лишь в очень суровые зимы (1924–25 и 1949–50 гг.).

Весной при значительном стоке реки в спокойную погоду соленость воды на поверхности увеличивается в сторону моря таким образом, что влияние реки проявляется на расстоянии  $10\text{--}15$  км и более. В то же время летом, когда сток реки невелик, опреснению подвергаются лишь воды на акватории взморья, прилегающей к морскому склону бара (рис. 22). Участок от устьевого края до гребня бара в спокойную погоду заполняется, как правило, речной водой.

Соленость за взморье распределяется по вертикали таким образом, что пресная вода ( $0,5^\circ/\text{oo}$ ) находится в поверхностном слое ( $0\text{--}0,75 \text{ м}$ ) и не распространяется дальше  $100\text{--}300 \text{ м}$  от гребня бара.

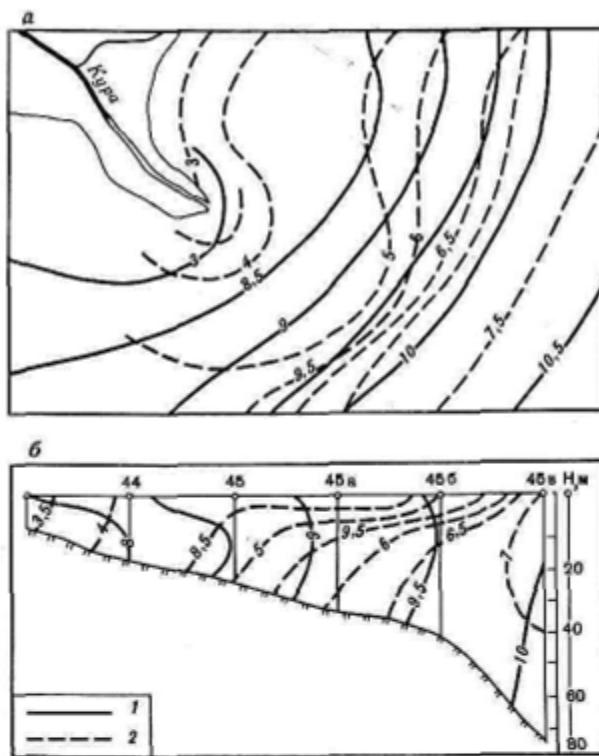


Рис. 21. Схема (а) и профиль (б) распределения температуры воды ( $^{\circ}\text{C}$ ) на устьевом взморье Курьи

1 – теплая зима, 2 – холодная зима

Основное смешение речных и морских вод происходит в слое 0,75–1,5 м сразу за баром. В 200 м от гребня бара у дна соленость равна  $4^{\circ}/\text{oo}$ , в 300 м –  $10,5^{\circ}/\text{oo}$ . Мористее с увеличением глубин слой интенсивного перемешивания ограничивает снизу изогалина  $10^{\circ}/\text{oo}$ , выходящая на поверхность на расстоянии 2,5 км от гребня бара. Между изогалинами 10 и  $12^{\circ}/\text{oo}$  заключен довольно большой объем воды взморья.

Резкие горизонтальные изменения солености приурочены к гидрофронтам. Первый скачок солености ( $2^{\circ}/\text{oo}$ ) приурочен к внутренней границе мутности; на внешней границе мутности скачок составляет  $3-3,5^{\circ}/\text{oo}$ . За фронтом с удалением от устья соленость плавно увеличивается до  $12^{\circ}/\text{oo}$  и более. Под воздействием ветра обе границы могут сливаться, и горизонтальный градиент солености тогда достигает  $4,9^{\circ}/\text{oo}$  на метр.

По степени определяющего влияния реки в пределах устьевого взморья Курьи выделяют три района. Первый район занимает площадь около  $100 \text{ km}^2$ , мористая граница его в среднем удалена от устья на 3 км и проходит по изобате примерно 20 м. В пределах этой акватории отмечаются довольно значительные горизонтальные и вертикальные градиенты соле-

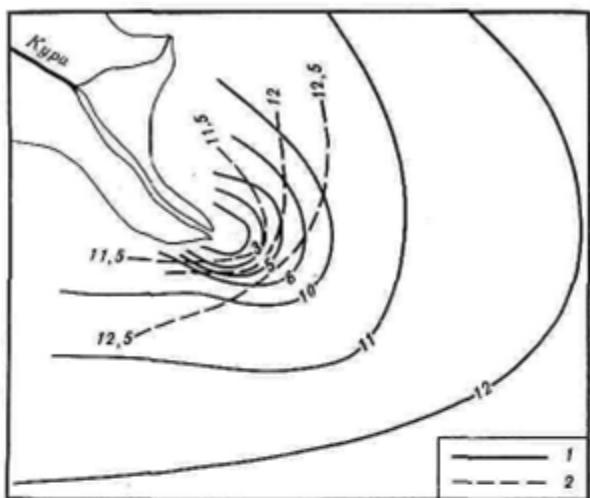


Рис. 22. Распределение солености воды ( $\text{‰}$ ) на взморье Куры  
1 – весна, 2 – лето

ности. Среднее значение солености в этом районе за многолетний период равно  $11,7^{\circ}/\text{o}$ , пределы изменения –  $10,1–12,5^{\circ}/\text{o}$ .

Второй район, расположенный мористее первого, имеет площадь около  $500 \text{ km}^2$ . Границы его удалены от устья в среднем на 15 км. В пределах этого района влияние речного стока существенно в половодье и незначительно в другие фазы гидрологического режима реки. Среднемноголетняя величина солености  $12,3^{\circ}/\text{o}$ .

Площадь третьего района, расположенного еще мористее, составляет  $1600 \text{ km}^2$ . Границы третьего района удалены от устья в среднем на 30 км. Влияние речного стока в этом районе ощущается только в большие половодья. Величина средней солености равна  $12,6^{\circ}/\text{o}$ .

Соленые воды взморья могут проникать в реку. Это происходит при очень малом расходе воды и довольно продолжительном действии нагонного ветра. При медленном развитии нагонного ветра распространение солоноватой воды в реку начинается с поверхности. Однако осолонение при таком нагоне незначительно и проявляется на расстоянии не более 1 км вверх от устья.

При расходе воды в реке более  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  проникновения соленых вод в рукава дельты зафиксировано не было. При расходах более  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  соленая вода полностью вытесняется за пределы устьевого бара.

В случае изъятия значительной части речного стока увеличится частота и дальность проникновения осолоченных вод взморья в рукава дельты. Однако эти воды не будут доходить до вершины дельты (7 км). Изъятие стока вызовет также общее сокращение ареала распространения пресных вод на устьевом взморье и его сосредоточение на взморье юго-восточного рукава реки. Площадь, оконтуриваемая изогалиной  $10^{\circ}/\text{o}$ , сократится с 80 до  $15 \text{ km}^2$ . Среднегодовая соленость возрастет на  $2–3^{\circ}/\text{o}$  в районе

морского края бара, а ее внутригодовые изменения уменьшаются. Опреснение будет происходить за баром в тонком (до 0,5 м) поверхностном слое.

Процессы смешения речной и морской воды обусловливают изменчивость содержания химических ингредиентов вод устьевого взморья. Содержание кислорода в водах взморья изменяется в пределах 5–8 мг/л. Максимальная концентрация кислорода достигала 9,3 мг/л (120% насыщения), минимальная – 2,4 мг/л. Величина pH изменяется в узких пределах: 8,2–8,6. Экстремальные пределы щелочности могут достигать 1,7–4,1 мг-экв/л. Содержание кремния в водах взморья колеблется от 0 до 5000 мкг/л, фосфора – от 0 до 55, нитритного азота – от 0 до 200 мкг/л. Общий биогенный сток Курьи в море после зарегулирования уменьшился на 22,4 тыс. т.