

ВОДНЫЙ СТОК

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нижнее течение Волги с приближением к морю постепенно приобретает ряд своеобразных признаков, характерных для приморского участка крупной реки. Речной режим здесь изменяется, уровни, уклоны и скоростное поле водотоков подвергаются влиянию Каспийского моря.

Дельта Волги представляет собой совокупность водоемов различного характера — от типичных речных рукавов, протоков и ериков до ильменей и озер включительно. Водное пространство дельты весьма непостоянно по своей площади, зависит от величины водного стока и изменяется как от сезона к сезону, так и от года к году. В некоторые многоводные годы воды половодья почти сплошь покрывают дельту, а в маловодные годы весною вода реки заливает только около 25% всей площади дельты. Непостоянны вместе с тем и русла водотоков и ложа водоемов дельты, подвергающиеся в сильной степени преимущественно в полую воду весьма активным эрозионно-аккумулятивным процессам.

Наиболее важным постоянно действующим фактором, оказывающим влияние на многие устьевые процессы, является речной сток. Поэтому, чтобы ориентироваться в свойствах вод и многообразии различных водотоков и водоемов дельты, необходимо прежде всего исследовать гидрологический режим основных рукавов и протоков, питающих все остальные протоки, ерики, ильмени и озера дельты.

Режим стока дельты Волги играет исключительно важную роль в водном и солевом балансе Каспийского моря. Непрерывные изменения среднегодового уровня Каспия обусловливаются в первую очередь колебаниями речного стока его бассейна. На долю же одной Волги приходится около 78% от всего поверхностного стока в море.

Дальнейшее улучшение судоходных условий устья Волги также в значительной степени зависит от величины и распределения стока в дельте.

Знание режима дельты дает возможность судить о необходимости мелиорации устьев банков, так как при уменьшении стока Волги и возможном дальнейшем падении уровня Каспия может наступить ухудшение проходимости устьевых рукавов.

Все это указывает на то, что получение наиболее достоверных количественных данных о величине и распределении стока в дельте Волги, выяснение изменений, произошедших в распределении стока, и тенденции возможных будущих изменений имеют большое значение для подготовки и проведения водохозяйственных мероприятий в дельте.

Известные в литературе [60, 220] первые измерения расходов воды в дельте Волги у Астрахани и в рукавах дельты (Бахтемире, Старой Волге, Мордани¹) были произведены поплавками в 1846—1850 гг. Эти

¹ Прежнее название верхней части рукава Камызек.

измерения носили по существу рекогносцировочный характер и могли дать только приближенную схему распределения стока в межень (точный горизонт неизвестен) на узле: Волга у Ново-Александровки, Камызяк (Кизань), Старая Волга, Бахтемир [220]. От этих измерений нас отделяет столетний промежуток времени.

В дальнейшем, в конце прошлого столетия, была поставлена более широкая задача — учесть сток Волги перед разделением ее на рукава и получить данные о распределении стока по главным рукавам в основном западной части дельты.

В 1887—1890 гг. Волжской описной партией производились исследования дельты Волги ниже Астрахани. Эта партия определила расходы воды следующих рукавов и протоков дельты: Бузана, Мордани, Старой Волги, Бахтемира, Канычи, Иванчуга, Новостанного и Троицкого [39, 40, 60], а также расходы воды Волги у Старо-Петропавловки.

С 1884 по 1899 г. партия Казанского округа путей сообщения при производстве изысканий с целью улучшения судоходных условий в устьях Волги измерила расходы воды в Волге, Камызяке, Бахтемире, Чагане и Тизани [60].

В 1896 г. Иокилем, помимо измерений расходов Волги у Старо-Петропавловки и у Астрахани, были определены вертушкой также расходы воды Ахтубы и поймы [60, 220].

В связи с изысканиями по постройке Астраханской железной дороги И. А. Цициевский в 1903—1904 гг. [249] и А. М. Фролов в 1908 г. [244] измерили расходы воды в рукавах, протоках и ериках дельты выше Астрахани. В 1904 г. расходы определялись на Волге и Ахтубе — у Старо-Петропавловки, на пойме между Ахтубой и Волгой, по линии Астраханской железной дороги — на главном русле Волги у Астрахани, на Ахтубе, Узком Есауле, Кривом Бузане, Бузане, Рыче, Банном, Углане, Урюпкином, Сенным, Болде, на пойме между началом дельты и Ахтубой, а также на пойме между Ахтубой и Бузаном, Бузаном и Узким Есаулом, Узким Есаулом и Кривым Бузаном, Сенным и Болдой, Кривым Бузаном и Рычей, Рычей и Болдой [60, 220, 249]. Кроме того, расходы были измерены на ериках Проточный, Гнилуша, Койвак, Сорочий, Мещанский затон [60].

В 1908 г. расходы измерялись на 16 водотоках: на Волге — в 1,5 км ниже истока Болды; на рукавах Бузан, Болда, Ахтуба, Кривой Бузан; на протоке Рыча; на ериках Гнилуша, Болтайка, Проточный, Банный, Урюпкин, Узкий Есаул, Безымянный, Углан [60, 220].

В 1914—1915 гг. Управление работ по постройке Волго-Каспийского канала измерило расходы воды по Камызякскому и Бахтемировскому направлениям на рукавах, протоках и ериках: Артельной, Камызяке, Каравульном, Заведенской Кустье, Обуховском, Сазаньем, Шараповском, Быстрой, Мало-Обуховском и в протоке Гусек [60].

Управление портовых изысканий на Каспийском море в 1919—1925 гг. организовало подробные сравнительные гидрологические исследования двух намеченных направлений Волго-Каспийского канала по Бахтемиру и Камызяку. При этом произведены значительные гидрометрические работы на 38 гидростворах Камызякского фарватера, на 7 гидростворах по Старой Волге и на 31 гидростворе по Бахтемировскому фарватеру. Основные гидростворы были на Волге у Ново-Александровки (в 10 км ниже Астрахани), Тизани (в 1,5 км ниже истока), Старой Волге (в 0,5 км от истока) и Бахтемире (в 0,3 км от истока). В обширном труде В. В. Валединского и Б. А. Аполлова [60] приводятся подробные материалы изысканий 1919—1925 гг. и исследований до 1919 г.

В 1932—1933 гг. расходы воды на рукавах Бахтемир, Старая Волга и Камызяк измерялись экспедицией Управления единой гидрометеослужбы Азербайджана. На выходных участках Бахтемира и Старой Волги ра-

боты по определению расходов воды проведены в 1935 г. рейдфлотом Каспийского пароходства (Каспар).

В результате всех перечисленных выше работ имеются отрывочные данные о распределении стока только по системам Бахтемира, Старой Волги, Кымзыяка и Белинского направления. Количественных данных о распределении стока на пространстве всей дельты получено не было. Распределение стока было освещено лишь для отдельных узлов, отдельных направлений и отдельных небольших районов дельты. Полученные материалы разновременны и часто трудно сравнимы между собой. За пределами указанных районов и направлений, т. е. на больших площадях дельты, лежащих между Кымзыяком и Белинским направлением и к востоку и северо-востоку от Белинского направления, измерения стока вообще не производились.

Первая попытка получения приближенной характеристики распределения стока на пространстве всей дельты была предпринята в 1936—1937 гг. Волго-Каспийской научной рыбохозяйственной станцией ВНИРО. Измерениями расходов воды были охвачены почти все значительные протоки. Всего было разбито 193 гидроствора, однако на большинстве створов измерялись всего 1—2 расхода воды и определялись морфометрические характеристики русел.

В 1938 г. изучением распределения стока по длине рукавов Бахтемира, Кымзыяка и Старой Волги занималась экспедиция Гипроводтранса Наркомвода.

Наиболее обширные работы по изучению распределения стока в дельте были проведены в 1939—1940 гг. Центроморпроектом, ВНИРО и Севкаспмелиостроем. Полученные ими материалы дают возможность построения в большинстве случаев однозначных кривых расходов воды на многих рукавах дельты, что позволяет произвести последующее уточнение распределения стока по рукавам и протокам почти всей дельты Волги.

С 1941 г. вопросом изучения режима водного стока дельты Волги регулярно занимается гидрометслужба СССР (Волжская устьевая гидрометеорологическая станция). На первом этапе этих работ производилось изучение режима стока в верхнем, замыкающем, створе дельты и распределения его по истокам главных рукавов и протоков (Волга, Ахтуба и Волго-Ахтубинская пойма у Верхне-Лебяжьего; Бахтемир, Старая Волга, Кымзыяк, Большая Болда, Рычан и Бузан у их истоков). Кроме того, производились систематические измерения расходов воды в 1952—1953 гг. на гидростворах: Никитинский банк у села Карапульного, Кымзыяк у села Кымзыяк, Табола у истока, Рыча у истока и Кигач у Чертомбая (табл. 55 и рис. 12).

Несмотря на то, что работы по измерению расходов воды в дельте Волги начались довольно давно и накопилось немало материалов, использовать эти материалы в полной мере не представляется возможным, так как по многим наблюдениям прошлого периода не сохранилось сведений о точном местоположении гидростворов, а также данных об отметках уровней. Поэтому в настоящее время еще нельзя решить задачу о среднем распределении, внутригодовом и многолетнем перераспределении стока по рукавам на пространстве всей дельты. Однако имеющиеся данные о количественных характеристиках стока и его распределении по наиболее многоводным рукавам позволили дать достаточную для решения многих водохозяйственных задач характеристику общей картины распределения стока и по всей дельте. В дальнейшем можно уточнить полученные данные по отдельным сезонам, для отдельных районов дельты, для более четких протоков и т. д. Это потребует соответственного увеличения числа гидрометрических створов, производящих регулярные измерения расходов воды.

Таблица 55
Список гидростворов Волжской устьевой гидрометеорологической станции

№ гидроствора	Водоток, пойма	Пункт	Год открытия гидроствора
ГС-1	Волга	Верхне-Лебяжье	1941
ГС-1а	Ахтуба	то же	1951
ГС-16	Волго-Ахтубинская пойма	-	1948
ГС-2	Ахтуба	Досанг	1942
ГС-3	Бузан	исток	1942
ГС-4	Рычан	Яманцут	1942
ГС-5	Большая Болда	Началово	1942
ГС-6	Камызяк	исток	1942
ГС-7	Старая Волга	-	1942
ГС-8	Бахтемир	-	1942
ГС-9	Бахтемир	Оля	-
ГС-11	Никитинский банк	Караульное	1950
ГС-12	Камызяк	Камызяк	1952
ГС-13	Табола	исток	1952
ГС-14	Рыча	-	1952
ГС-15	Кигач	Чертомбай	1952

ВОДНЫЙ СТОК, ПОСТУПАЮЩИЙ В ДЕЛЬТУ

Исследование стока в верховье дельты

Как известно, Волга в 20 км выше Сталинграда отделяет свой первый левый рукав — Ахтубу — и в дальнейшем, до отделения рукава Бузан, почти на протяжении 450 км, течет по широкой долине (от 15 до 40 км), которая прорезана весьма сложной сетью многочисленных пойменных протоков. Начиная от отделения Бузана, рукава и протоки Волги расходятся веерообразно влево, образуя ветвящиеся, доходящие до моря системы.

Обычно принято считать за начало дельты приверх Бузана. Но так как влияние моря на гидрологический режим дельты в настоящее время практически оказывается в основном только в приморской полосе (в 50 км ниже Астрахани), то правильнее считать современной дельтой в гидрологическом понимании район, расположенный южнее линии, проходящей по протоку Сомовка, далее через селения Самосделка, Калиновский, Тузуклей, Тюрино и Котяевка. Как правило, ниже этой границы происходит значительное деление протоков, встречаются разного типа ильмени и относительно более низкие острова. Однако, учитывая, что все переплетающиеся между собой рукава и протоки дельты, начиная от отделения Бузана, представляют собой единое целое (в отношении водного стока), то естественно и целесообразно за начало дельты считать приверх Бузана, это — действительно начало дельты в геоморфологическом понимании. При этом следует отметить, что участок от приверха Бузана до условной линии Астрахань — Красный Яр является по существу переходным от Волго-Ахтубинской поймы к собственно дельте. Этот переход происходит постепенно. В настоящее время Волго-Ахтубинская пойма отличается от дельты в основном сильной разреженностью гидрографической сети, большим распространением стариц и периодически заполняющихся русел протоков, не доносящих свои воды до моря, в то время как в дельте большая часть протоков действует постоянно и вливает свои воды в Каспийское море.

По данным Севкаспрыбмелиостроя (1939 г.), дельту по процентному отношению (K) площади водного зеркала постоянно действующих водо-

токов к общей площади территории можно разделить на 3 района (рис. 34): 1) район приморской полосы шириной до 35 км с $K > 7-15\%$, 2) район между 35 и 65 км от уреза моря с $K = 6-7\%$ и 3) район от 65 км до вершины дельты с $K = 7-17\%$. Относительное увеличение площади водотоков в третьем районе объясняется значительным сокращением общей площади суши этого района дельты, имеющего широкие рукава. Из этого же графика видно, что площадь постоянно действующих водотоков далее 95—100 км от морского края незначительно уменьшается. Это соответствует приблизительно местоположению истока Бузана.

Питание всей сети водотоков дельты зависит от величины поступающего волжского стока, поэтому изучение вопроса водного питания дельты необходимо начинать с изучения стока в вершине дельты, рассмотрев в дальнейшем и питание отдельных систем рукавов.

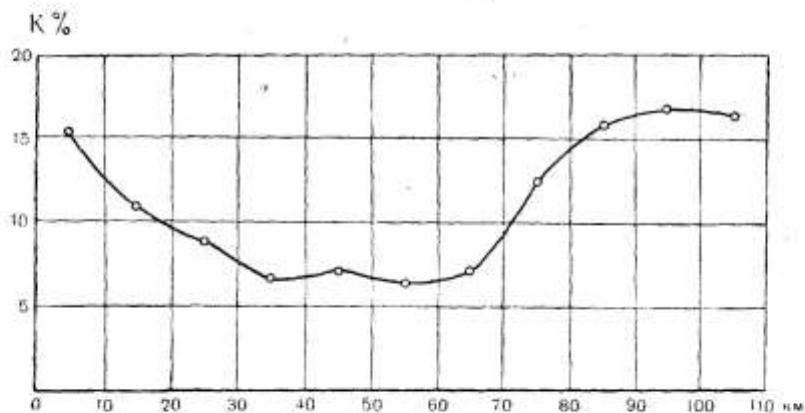


Рис. 34. Изменение отношения (K) площади водного зеркала постоянно действующих водотоков к общей площади района дельты на различных расстояниях от моря (1939 г.).

Все ранее произведенные подсчеты количества воды, сбрасываемой Волгой в Каспийское море, основывались на материалах наблюдений у Стalingрада и в пунктах, расположенных еще выше по течению Волги. Потери части стока Волги на испарение и инфильтрацию на участке от Стalingрада до устья принимались приблизительно равными 6 км³/год [94, 132]. Причем считалось, что большая часть этих потерь приходилась на собственно дельту, т. е. что сток у Стalingрада почти целиком доходит до вершины дельты, тем более, что Волга на этом участке не принимает притоков. В эти представления необходимо ввести некоторые корректизы.

Ниже Стalingрада русло реки имеет отрицательные абсолютные отметки, значения которых увеличиваются по мере продвижения на юг и имеют максимум у Дурновской (до —58 м abs., рис. 35). Ближе к Астрахани русло реки несколько поднимается с тем, чтобы ниже ее получить заново максимальную отрицательную отметку (—53 м). Затем оно повышается и лишь выше Федоровки понижается до —45 м. Ниже, до Оля, отметки дна не превышают —30 м. Отдельные понижения имеют отметки до —37 м. К взморью Волга выходит с высотными отметками водной поверхности около —29 м abs. (1954 г.).

Переутлечение русла Волги П. А. Правоставлев [189] объясняет относительным понижением уровня Каспия, которое, по его мнению, происходило примерно в XII веке. С. А. Ковалевский [122] считает, что отметка Каспийского моря достигала предельного понижения в VII веке и равнялась 56 м ниже относительного уровня океана. Н. И. Николаев и Б. В. По-

ляков [172] пишут, что переуглубление русла Волги, соответствующее низкому базису эрозии в прошлом, не могло бы сохраниться, так как глубокое русло заполнилось бы обильными твердыми наносами Волги. Пере-

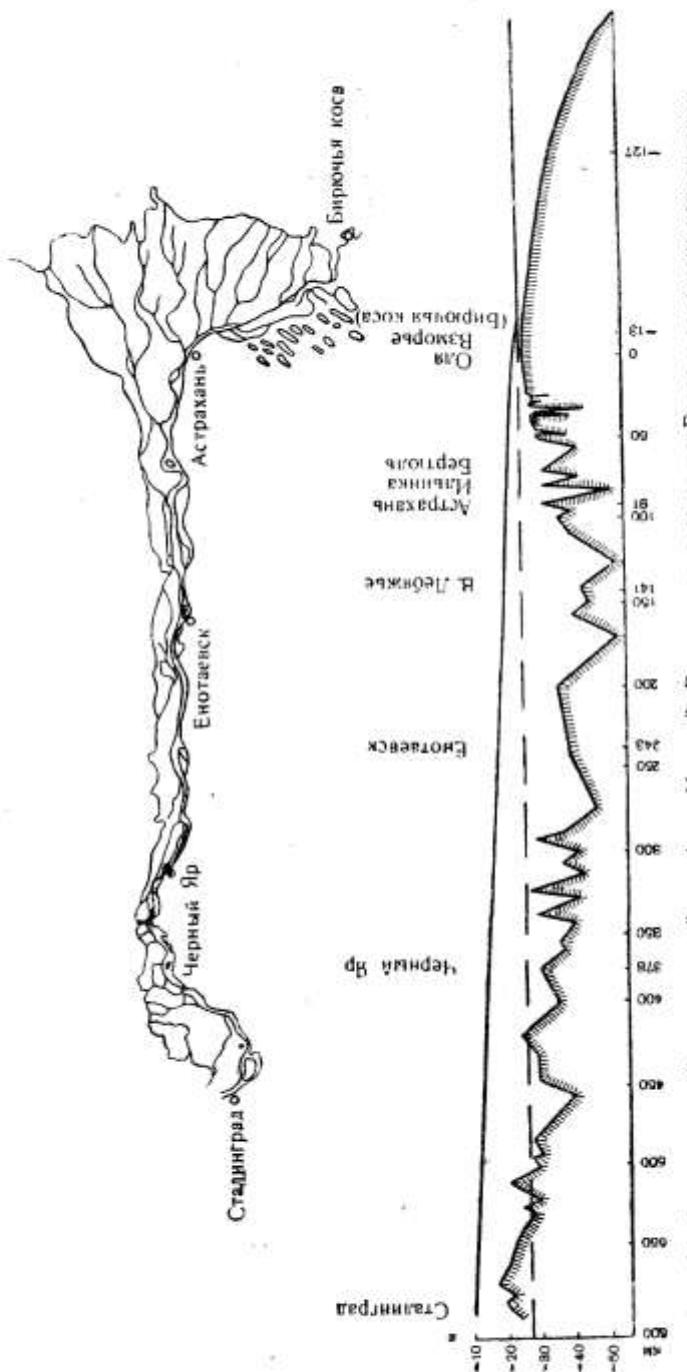


Рис. 35. Схематический продольный профиль Нижней Волги и ее дельты по Бахческих направлению.

углубление они объясняют размывом, т. е. эрозией, присущей современному гидрологическому режиму русла Волги. Как будет показано несколько дальше, это явление действительно обусловлено создающимся на

этом участке добавочным приращением уклона водной поверхности, а следовательно, и добавочным приращением скорости течения воды.

Аналогичный характер русла имеют и продольные профили других рукавов дельты. Значительная приподнятость дна взморья по отношению ко дну рукавов может при известных обстоятельствах играть роль затопленного широкого водослива и создавать подпор, что в свою очередь может стимулировать заливание протоков. Искусственное углубление дна взморья землечерпанием по направлению некоторых рукавов несколько уменьшает подпор и делает более свободным выход части волжских вод в море.

Для годового хода расходов воды Волги у Сталинграда (гидрограф стока) характерно наличие двух значительных максимумов в году: в период весеннего половодья (апрель—июль) с наибольшим подъемом в мае при среднемесечном расходе воды 25 500 м³/сек. и осенний в октябре при среднемесечном расходе воды 5130 м³/сек. Наименьший расход у Дубовки (в 49 км выше Сталинграда) считается равным 386 м³/сек. для зимы (1939 г.) и 1820 м³/сек. для лета (1909 г.)¹. Наибольшей водностью отличается весенне-половодье, при котором наибольший расход воды достигает 51 900 м³/сек. Только за два месяца весеннего половодья (май—июнь) проходит 52% всего стока Волги, в то время как за 4 зимних месяца (XII—III) — всего 12,2% этого стока.

Подсчеты среднегодового стока Волги были произведены различными авторами, но за разные периоды времени. По подсчетам Л. Ф. Рудовица (1927 г.), сток Волги равен 300 км³, Г. Р. Брегмана и А. И. Михалевского (1931 г.) — 267,1 км³, Д. Л. Соколовского (1934 г.) — 276 км³, Б. А. Аполлова (1935 г.) — 270 км³, Б. В. Полякова (1937 г.) — 261,2 км³, Н. С. Кузина (1939 г.) — 261,3 км³, Б. Л. Зайкова (1946 г.) — 251,9 км³, Л. К. Даудова (1947 г.) — 255 км³, К. И. Иванова (1953 г.) — 259,2 км³. По наиболее длинному ряду наблюдений (за период 1881—1953 гг.) среднегодовой сток Волги у Сталинграда (Дубовки) равен 256,5 км³ (табл. 56).

Таблица 56

Внутригодовое распределение стока Волги у Дубовки (Сталинград)
за 1881—1953 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средний расход, м ³ /сек.	3 020	2 960	3 020	7 370	25 500	23 500	8 840	5 420	4 750	5 130	5 180	3 040	8 145
Сток, км ³	8,0	7,1	8,0	19,0	68,0	60,7	23,7	14,5	12,3	13,7	13,4	8,1	256,5
Сток в % от годового	3,1	2,8	3,1	7,4	26,5	23,7	9,2	5,6	4,8	5,3	5,3	3,2	100

Питание волжской дельты водами Волги осуществляется стоком по коренному руслу самой Волги, ее левому рукаву Ахтубе и Волго-Ахтубинской пойме.

В межень сток в низовье Ахтубы вследствие осыхания перекатов прекращается. Период участия Волго-Ахтубинской поймы в питании дельты продолжается не более 4 месяцев. Однако не каждый год уровни весеннего половодья достигают таких значений, при которых происходит затопление этой поймы, достаточное для начала стока вод из нее в дельту.

¹ Здесь и в дальнейшем данные по водному стоку Волги выше дельты принимаются по опубликованным материалам ГГИ.

В отдельные годы, как, например, в 1945 г., собственно пойма вообще не затапливается.

Сброс воды из поймы и Ахтубы происходит в восточную часть дельты через систему рукава Бузан. При прекращении стока из Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы режим стока всех основных рукавов дельты определяется режимом стока коренной Волги.

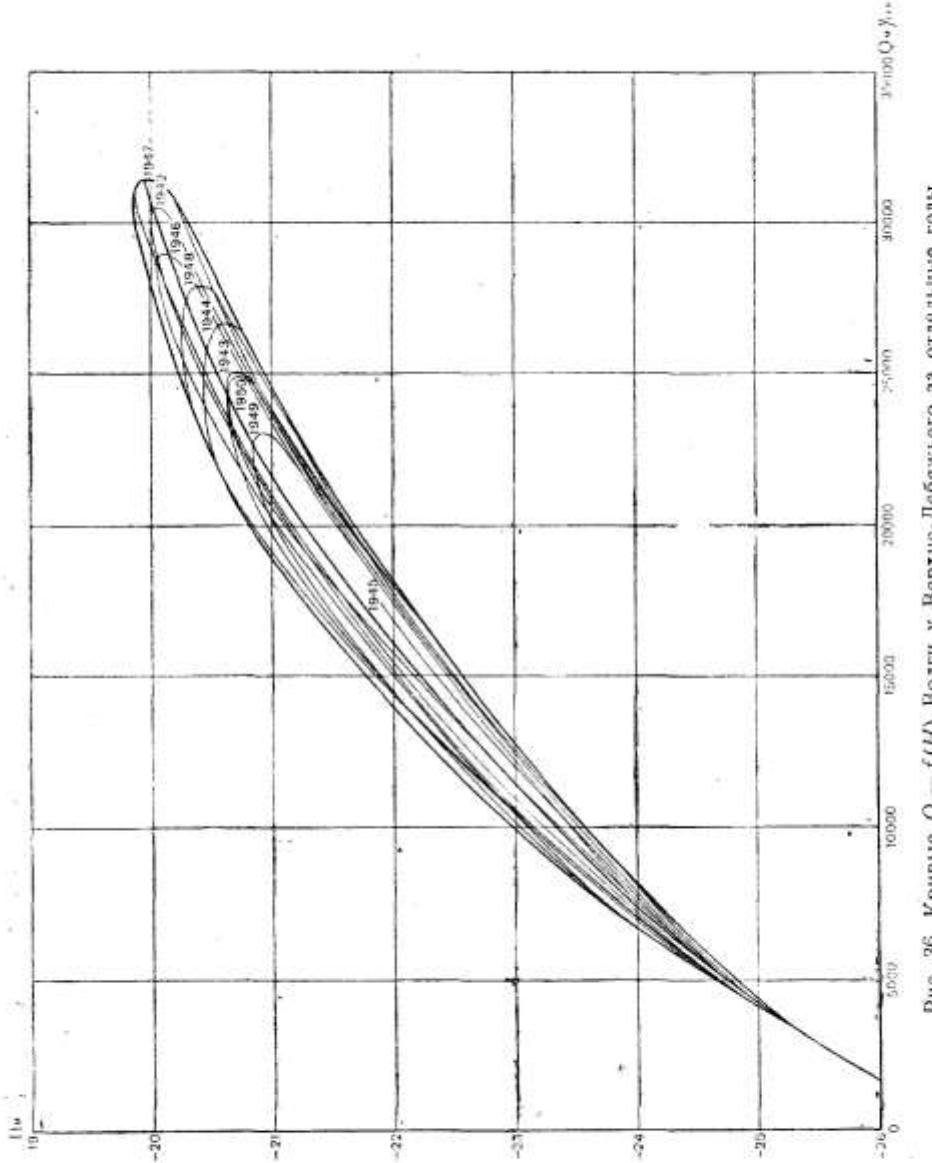


Рис. 36. Кривые $Q = f(H)$ Волги у Верхне-Лебяжьего за отдельные годы.

Наиболее значительные работы по измерению расходов воды в верховье дельты Волги производились Волжской устьевой гидрометеостанцией в 1942—1953 гг. в районе Верхне-Лебяжьего одновременно с наблюдениями на Ахтубе в районе Досанга, в 8 км выше Верхне-Лебяжьего. С 1952 г. измерения расходов воды на Ахтубе производятся в 8 км ниже водомерного поста Досанг на продолжении гидроствора Волги у Верхне-Лебяжьего.

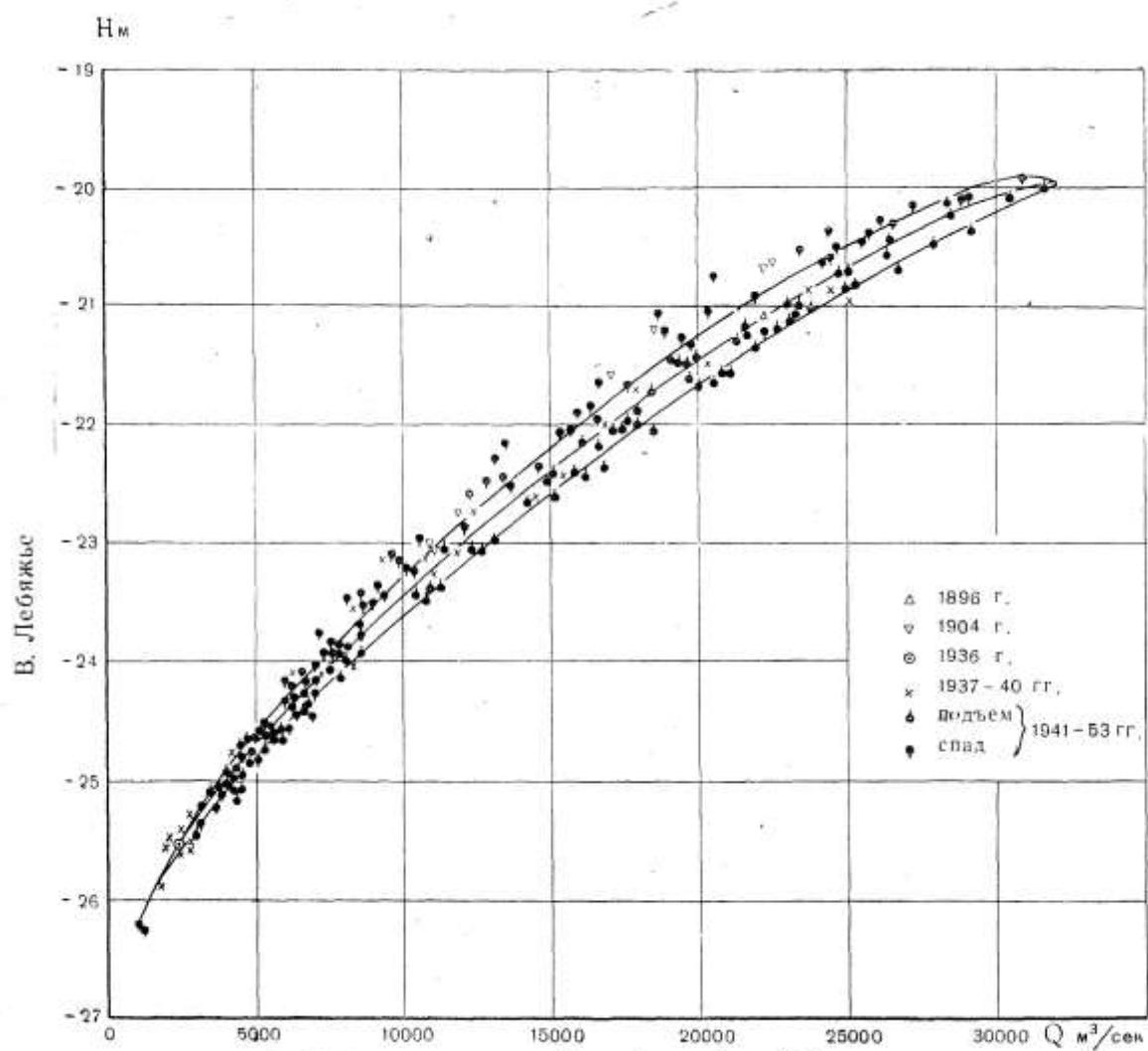


Рис. 37. Связь расходов и уровней воды Волги у Верхне-Лебяжьего.

В настоящей работе для подсчета стока Волги в вершине дельты были использованы данные двух измеренных расходов 1896 г., семи расходов 1904 г., измеренных у Старо-Петропавловки (в 10 км выше Верхне-Лебяжьего), а также тридцати расходов, измеренных различными организациями в 1936—1941 гг., и ста пятидесяти девяти расходов стационарных наблюдений Волжской устьевой гидрометеорологической станции, измеренных в 1942—1953 гг. у Верхне-Лебяжьего.

Следует отметить, что в 1887—1890 гг. экспедицией министерства путей сообщения при исследовании некоторых рукавов дельты Волги под руководством проф. Н. А. Богуславского на Волге у Старо-Петропавловки было измерено 87 расходов воды, но, к сожалению, отсутствуют данные об отметках уровней воды, при которых были измерены расходы.

Гидрострой у Верхне-Лебяжьего расположен у рыбзавода, в 3 км выше ответвления мощного рукава Бузан, на правом берегу Волги в 170 км от устья. Руслло подвержено весьма небольшим деформациям. Площадь бассейна Волги до Верхне-Лебяжьего равна 1 380 000 км².

На основании перечисленных выше материалов гидрометрических измерений построены кривые расходов воды Волги у Верхне-Лебяжьего. Как правило, эти зависимости построены были для каждого года в отдельности. Почти все они имеют петлеобразную форму. При этом, кроме 1945 г., отличающегося исключительно низким половодьем, все зависимости $Q = f(H)$ показывают расхождения ветвей подъема и спада на 10—20%.

Петлеобразная форма кривой $Q = f(H)$ характерна для нижнего течения Волги как бесприточного участка реки, на протяжении которого происходит значительное распластывание «длинной волны» половодья, а следовательно, величина уклонов водной поверхности на подъеме и спаде неодинакова. В дельте Волги, для которой характерно весьма быстрое расширение поймы, по мере удаления от вершины распластывание волны половодья проявляется особенно интенсивно и разность величины уклонов на подъеме и спаде половодья здесь особенно значительна.

На рис. 36 показаны формы кривых $Q = f(H)$ за отдельные годы. Кривые проведены как семейство огибающих, кроме нижней части, где наблюдается незакономерный разброс точек, не отражающий тенденции подъема или спада уровней. Этот разброс есть, очевидно, следствие и ошибок в измерениях, и большого влияния при низких уровнях даже незначительных деформаций русла, а также изменений направления и силы ветра при измерениях расходов воды. Обычно этот разброс невелик, поэтому проведена одна линия связи $Q = f(H)$ для меженных расходов.

На рис. 37 показана осредненная кривая связи расходов воды с уровнями у Верхне-Лебяжьего. Расходы за 1896 и 1904 гг. хотя и дают некоторые отклонения от осредненной кривой, однако не выходят за пределы отклонений точек 1942—1953 гг. Поэтому, если и произошло какое-нибудь изменение величин расходов воды при одних и тех же уровнях в связи с падением уровня Каспийского моря или другими причинами за последние десятилетия, то при имеющемся разбросе точек установить это весьма трудно. Вершина кривой доведена до максимального значения расхода в наиболее многоводный 1947 г. (за период последних 17 лет). Это сделано простой графической экстраполяцией, поскольку непосредственными измерениями охвачены уровни на подъеме и спаде, весьма близкие к наибольшим половодным.

В маловодные годы, помимо слабо выраженной двузначной (петлеобразной) зависимости расходов воды от уровней, для кривых расходов как самой Волги, так и водотоков дельты, характерно явление отклонения кривой $Q = f(H)$ в сторону увеличения расходов воды для тех же уровней, что, повидимому, объясняется уменьшением влияния регулирующего

действия поймы. Наибольшее совпадение кривых $Q = f(H)$ наблюдается по линии подъема, где отклонения достигают всего 5—6%. На спаде крайние отклонения достигают 15—17%.

Так как не все данные измеренных расходов воды относятся к одному и тому же гидроствору, то анализ изменений площадей водного сечения и скоростей течения воды оказался возможным произвести только за 1942—1953 гг. За этот период уровень моря понизился на величину около 40 см.

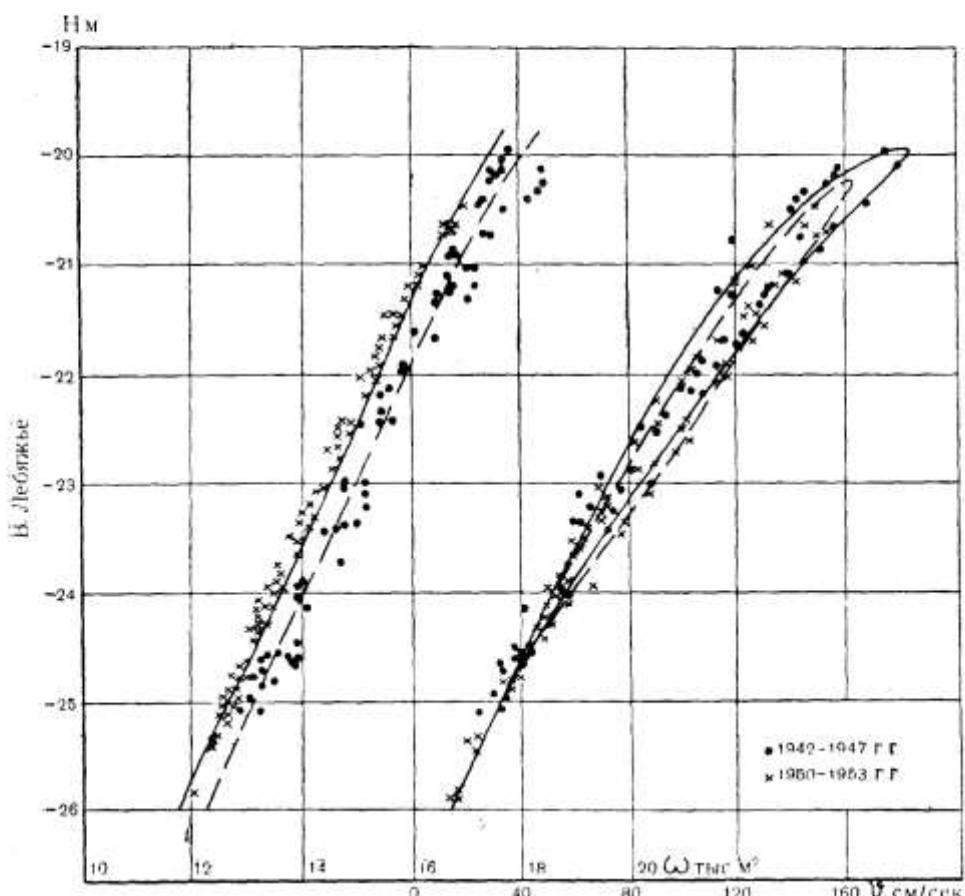


Рис. 38. Связь площадей водного сечения и средних скоростей течения воды с уровнями воды Волги у Верхне-Лебяжьего.

Площади водного сечения по гидроствору на Волге у Верхне-Лебяжьего в 1950—1953 гг. уменьшились по сравнению с 1942—1947 гг. в среднем на 3,0—3,5% (рис. 38). Отсюда можно заключить, что происходит поднятие русла гидроствора вследствие аккумуляции наносов или по другим причинам. За этот же период значительных изменений величины скоростей течения не произошло, хотя наметилась тенденция к их увеличению (рис. 38).

Кривые зависимости скоростей течения от уровней воды $v = f(H)$ в реке имеют также петлеобразную форму с ветвью подъема и ветвью спада, исключая меженные уровни, когда не заметно разницы в скоростях течения для подъема и спада при одинаковых уровнях.

К сожалению, нет необходимых материалов о площадях водных сечений и скоростях течений воды в створе Верхне-Лебяжьего за годы бо-

лее раннего периода. Отсутствие таких материалов не дает возможности проанализировать изменение морфометрических характеристик на участке гидроствора у Верхне-Лебяжьего за прошлые периоды времени.

Кривые связи расходов воды рукава Ахтубы с уровнями у Досанга в Ахтубе показаны на рис. 39. Для построения кривых использованы данные по 105 измеренным расходам Волжской устьевой станции на гидростворе у Досанга за 1941—1951 гг. и 29 расходов, измеренных в створе Верхне-Лебяжьего за 1951—1953 гг., полностью охвативших всю наблюденную

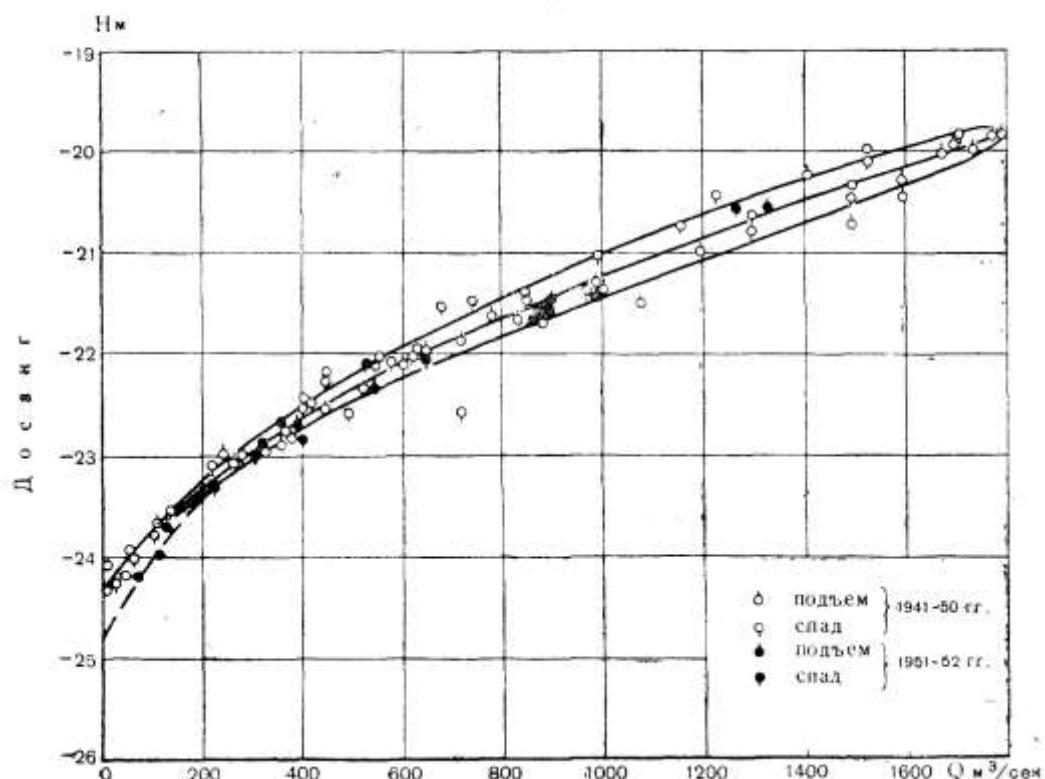


Рис. 39. Связь расходов воды Ахтубы с уровнями у Досанга.

амплитуду колебания уровней воды Ахтубы за указанный период. Гидроствор находился в створе водомерного поста у Досанга. На участке гидроствора русло реки прямолинейное, песчаное, правый берег пойменный, заросший кустарником, затопляется при высоких уровнях, левый — пологий, но высокий, незатопляемый.

Кривые расходов воды для Ахтубы построены по тому же принципу, что и для Волги у Верхне-Лебяжьего. И здесь отмечаются те же характерные особенности, что и в первом случае. Кривые имеют форму петли с ветвью подъема и ветвью спада (рис. 40). Кривые $Q = f(H)$ для Ахтубы в створе Верхне-Лебяжьего за 1952 и 1953 гг. при меженных уровнях располагаются несколько ниже кривой, построенной для 1942—1951 гг. у Досанга; при паводочных уровнях они совпадают (рис. 41).

Связь расходов Ахтубы с уровнями Волги у Верхне-Лебяжьего однозначна. Сток в Ахтубе начинается обычно при отметке уровня —24,50 м и продолжает увеличиваться в среднем на $200 \text{ м}^3/\text{сек}$. на каждые 0,5 м.

Такое нарастание стока происходит приблизительно до отметки —22,50 м, затем его интенсивность значительно увеличивается.

Нанесенные на график точки расходов воды за 1904 и 1938 гг. достаточно хорошо совпадают с общим расположением остальных точек, поэтому судить о возможных изменениях расходов воды во времени (за

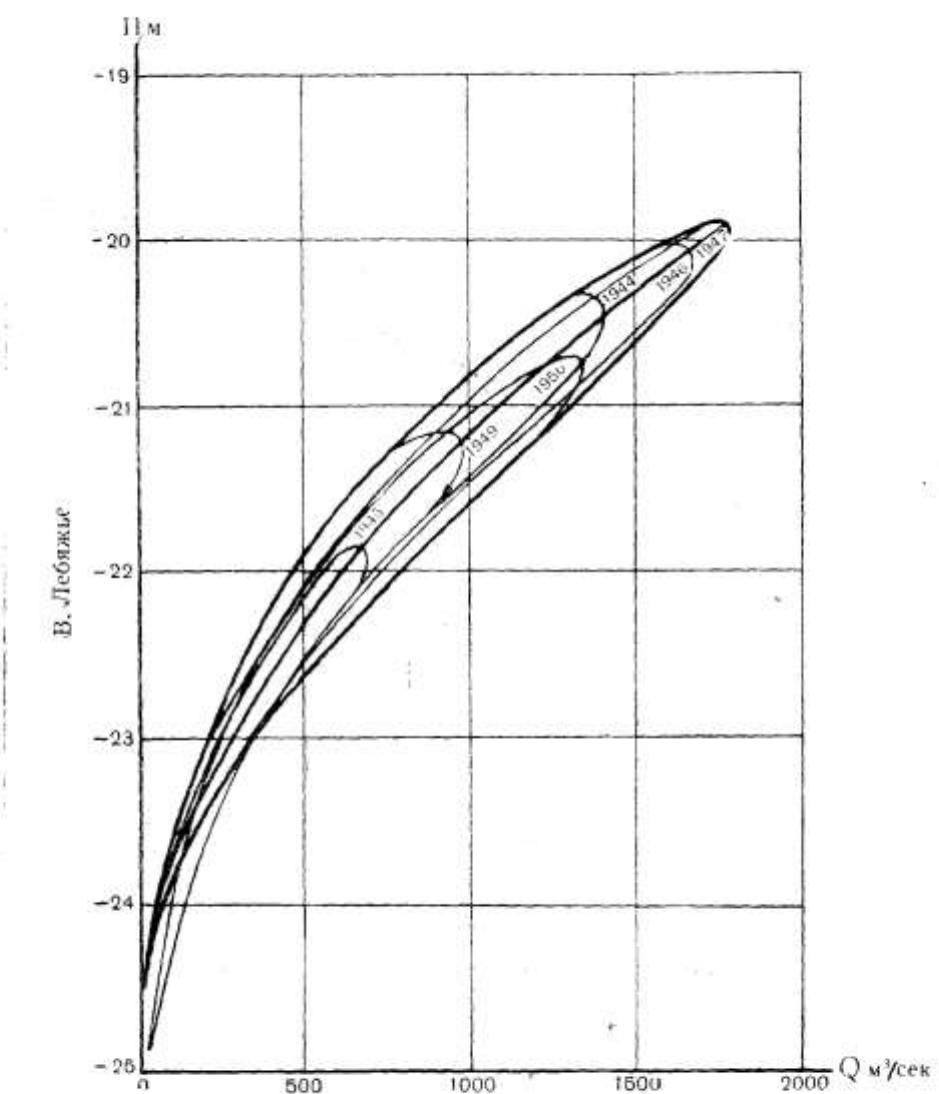


Рис. 40. Кривые $Q = f(H)$ Ахтубы у Досанга за отдельные годы.

1904—1951 гг.) при одном и том же стоянии уровня воды в реке весьма затруднительно.

Анализ кривой $Q = f(H)$ связи площадей водного сечения с уровнями воды за периоды 1942—1947 и 1950—1951 гг. показывает увеличение площадей так же, как и для Волги у Верхне-Лебяжьего, в среднем на 3,5% (рис. 42).

Сравнение скоростей течения воды в Ахтубе за эти же годы обнаруживает некоторое их увеличение за последние несколько лет при одних и тех же уровнях воды в реке (рис. 42).

Для построения кривой расходов воды Волго-Ахтубинской поймы в створе Верхне-Лебяжьего использованы 15 измеренных расходов воды

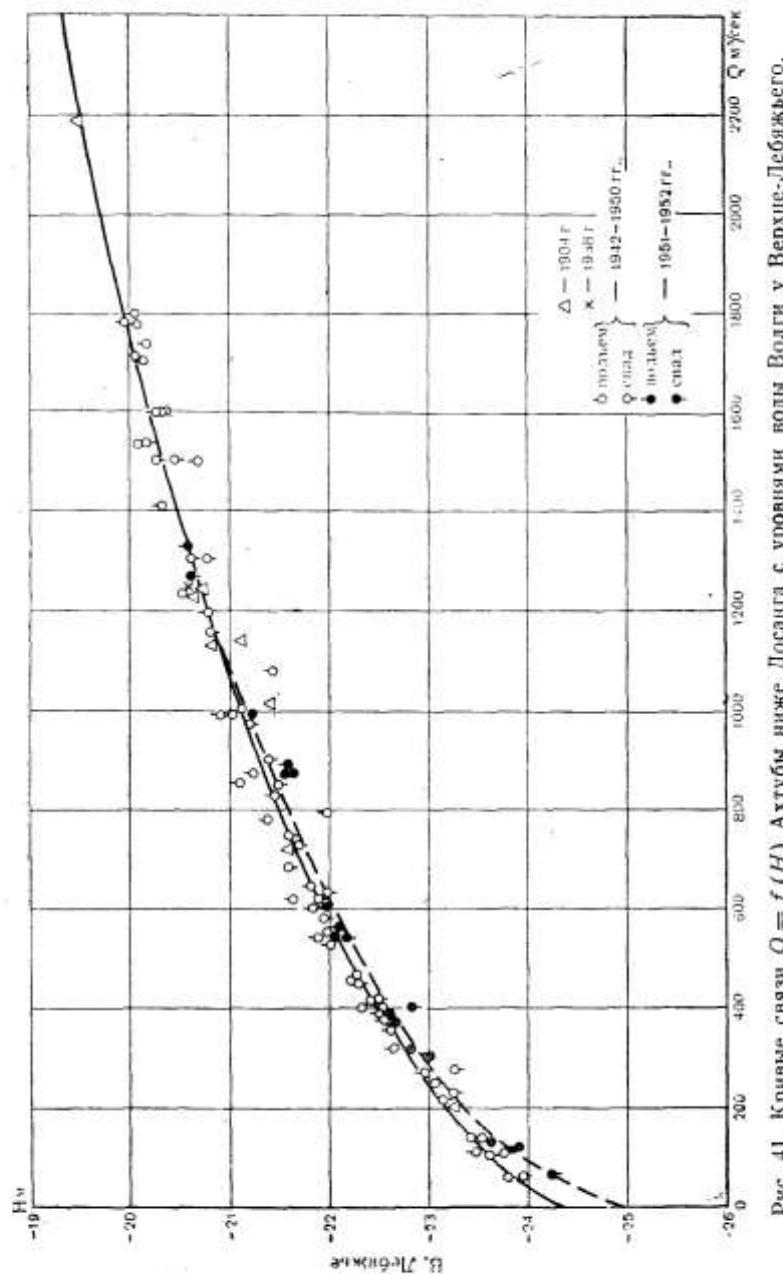


Рис. 41. Кривые связи $Q = f(H)$ Ахтубы ниже Досатага с уровнями воды Волги у Верхне-Лебяжьего.

в 1948—1950 гг. на пойме (рис. 43) и 15 расходов 1952—1953 гг., измеренных на ериках Антоновском, Бахарева, Камардане, Палкином затоне и Сухеньком (рис. 44). Суммарная кривая расходов по 5 ерикам при низком стоянии уровней воды Волги также представлена на рис. 44.

Кривая $Q = f(H)$ для Волго-Ахтубинской поймы является приближен-

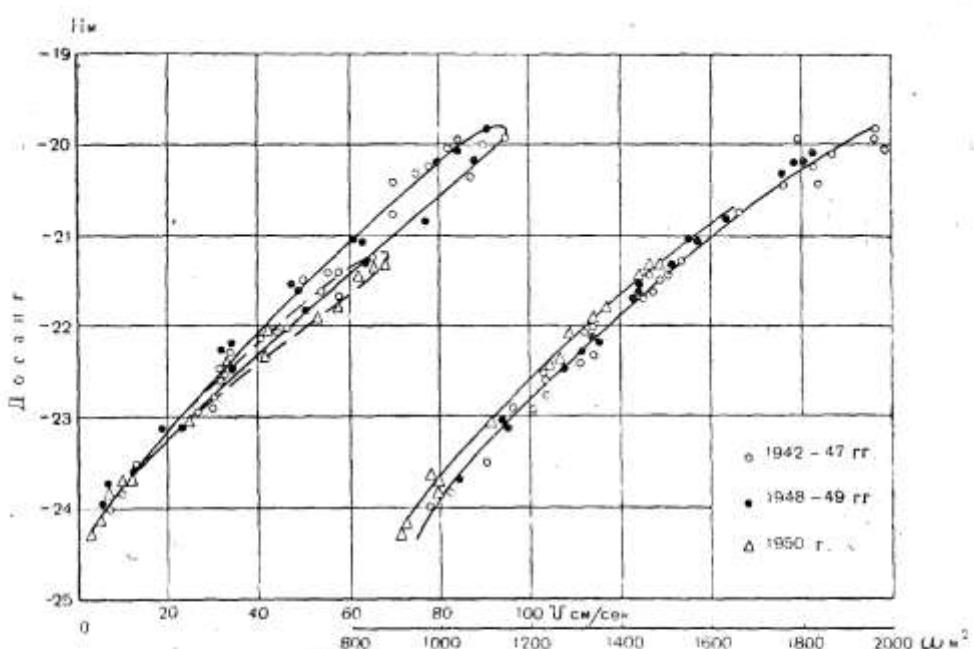


Рис. 42. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения с уровнями воды Ахтубы у Досанга.

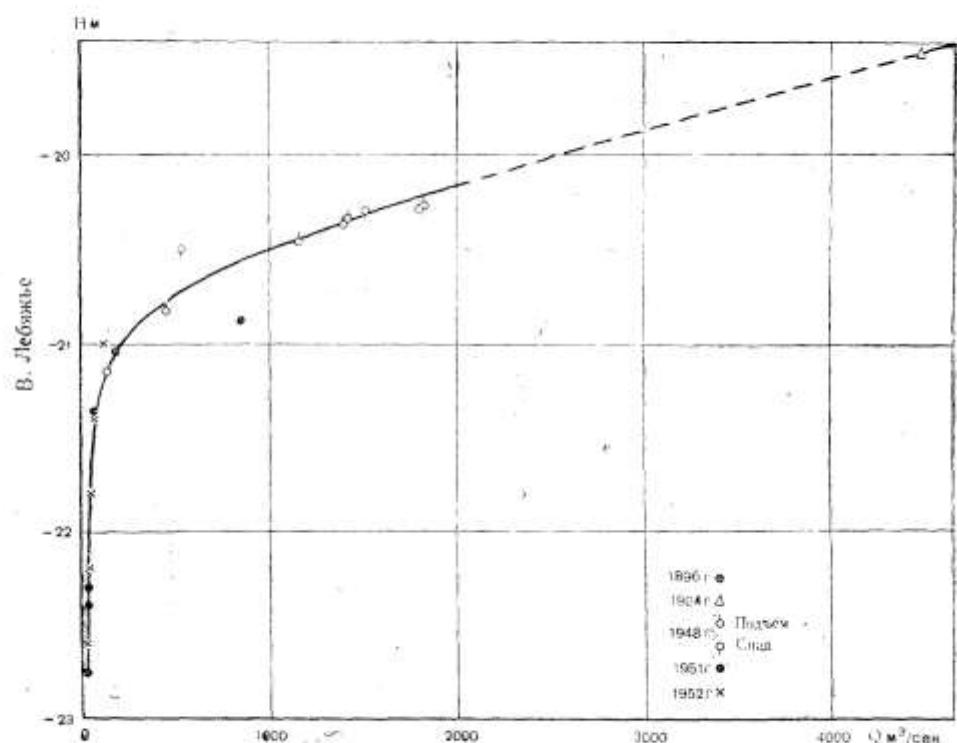


Рис. 43. Связь расходов воды Волго-Ахтубинской поймы с уровнями воды Волги у Верхне-Лебяжьего.

ной. Ее экстраполяция вверх для максимальных уровней основана на использовании расхода воды, измеренного в 1904 г. при уровне воды Волги у Верхне-Лебяжьего — 19,47 м. В связи с малым количеством данных и значительными отклонениями отдельных точек проведена только средняя кривая без ветвей подъема и спада.

Сток в пойменных ериках начинается обычно при отметке уровня у Верхне-Лебяжьего — 23,50 м и медленно увеличивается, достигая при уровне — 22,00 м значения 20—30 м³/сек. Затем сток увеличивается более интенсивно и при отметке уровня — 21,00 м оказывается равным 120 м³/сек.

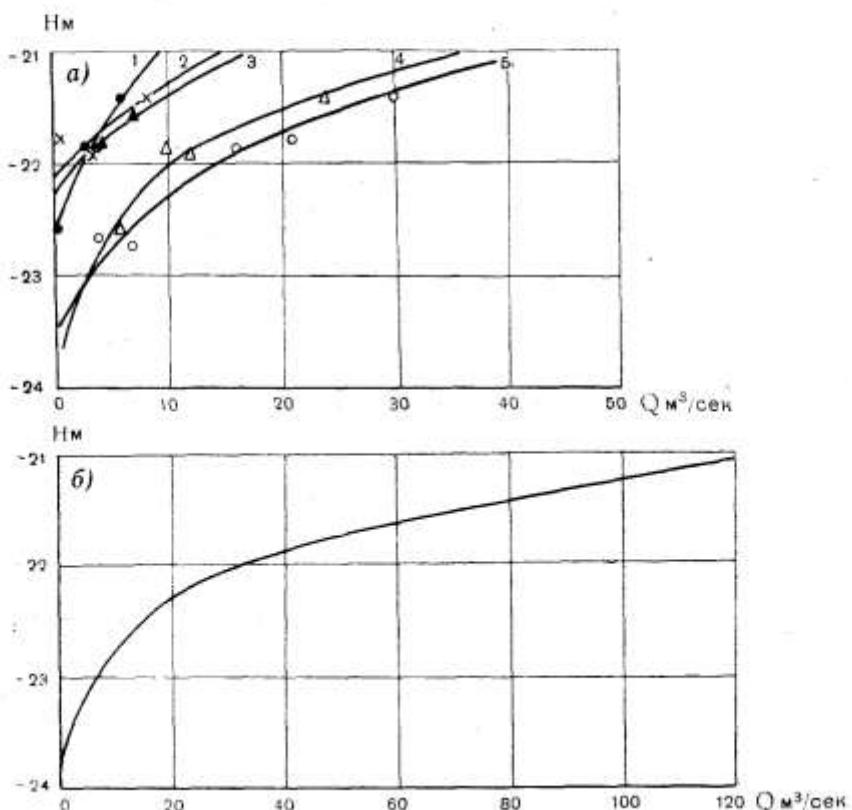


Рис. 44. Кривые $Q = f(H)$ Волго-Ахтубинской поймы.

a — для отдельных ериков, *б* — суммарная кривая.
1 — Бахарен, 2 — Палкин затон, 3 — Сухенький, 4 — Камардан, 5 — Антоновский.

При дальнейшем нарастании уровня воды, с началом массового выхода воды на пойму из рукавов и ериков, расход воды интенсивно увеличивается, достигая уже при отметке — 20,00 м значения 3000 м³/сек.

На основании приведенных кривых $Q = \bar{f}(H)$ были вычислены средние расходы воды по всем трем водотокам в зависимости от уровня воды у Верхне-Лебяжьего (табл. 57).

Из табл. 57 видно, что при высоких уровнях воды ($-20,00$ м и более) сток Ахтубы достигает 5% от общего стока, поступающего в дельту, сток Волго-Ахтубинской поймы возрастает несколько больше — до 5,5%. Однако при понижении горизонта воды доля пойменной составляющей стока начинает быстро уменьшаться и уже при отметке уровня — 21,00 м она менее 1%. в то время как на Ахтубу приходится при этом уровне около 4,5%; таким образом, величины расходов воды Ахтубы более постоянны, чем величины расходов воды поймы.

Таблица 57

Распределение расходов воды, поступающих в дельту Волги
у Верхне-Лебяжьего

Уровень воды у Верхне-Лебяжьего, м	Волга у Верхне-Лебяжьего		Ахтуба у Досанга		Волго-Ахтубинская пойма		Суммарный сток	
	м³/сек.	%	м³/сек.	%	м³/сек.	%	м³/сек.	%
-20,00	31 200	89,56	1 740	4,99	1 900	5,45	34 840	100
-20,50	26 300	91,64	1 400	4,88	1 000	3,48	28 700	100
-21,00	22 700	94,58	1 090	4,54	210	0,88	24 000	100
-21,50	19 700	95,72	810	3,94	70	0,34	20 580	100
-22,00	17 000	96,59	570	3,24	30	0,17	17 600	100
-22,50	14 400	97,13	410	2,77	15	0,10	14 825	100
-23,00	12 000	97,91	250	2,04	6	0,05	12 256	100
-23,50	9 700	98,26	170	1,72	2	0,02	9 872	100
-24,00	7 600	99,48	40	0,52	—	—	7 640	100
-24,50	5 700	100	0	—	—	—	5 700	100
-25,00	4 000	100	—	—	—	—	4 000	100
-25,50	2 600	100	—	—	—	—	2 600	100
-26,00	1 400	100	—	—	—	—	1 400	100

При уровне -23,00 м расход воды Ахтубы составляет 2%, а Волго-Ахтубинской поймы — всего 0,05% расхода Волги, т. е. пойма практически уже не имеет значения в распределении стока. При отметке -24,5 м Ахтуба местами пересыхает и сток по ней прекращается.

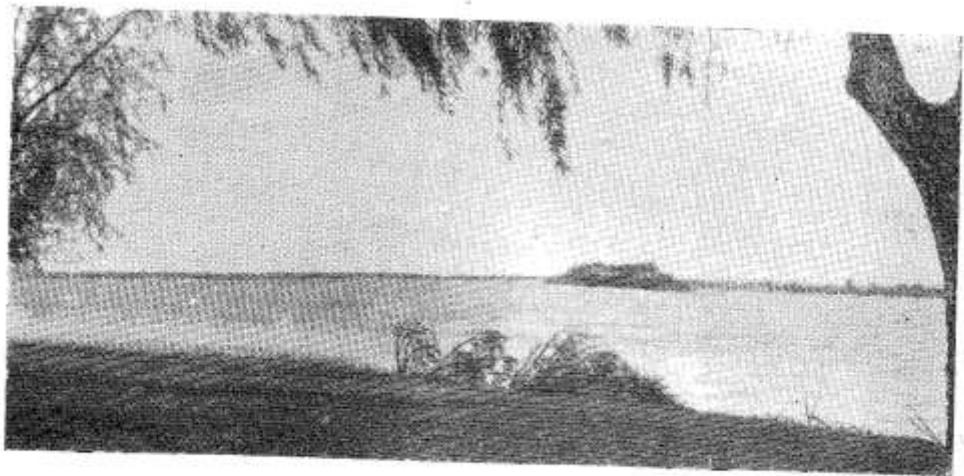
Сток в вершине дельты за период 1937—1953 гг.

Полный просмотр всех данных по стоку в вершине дельты показал, что достаточно равноточными можно считать гидрометрические измерения лишь после 1936 г. Поэтому в дальнейшем для расчета принят ряд 1937—1953 гг.

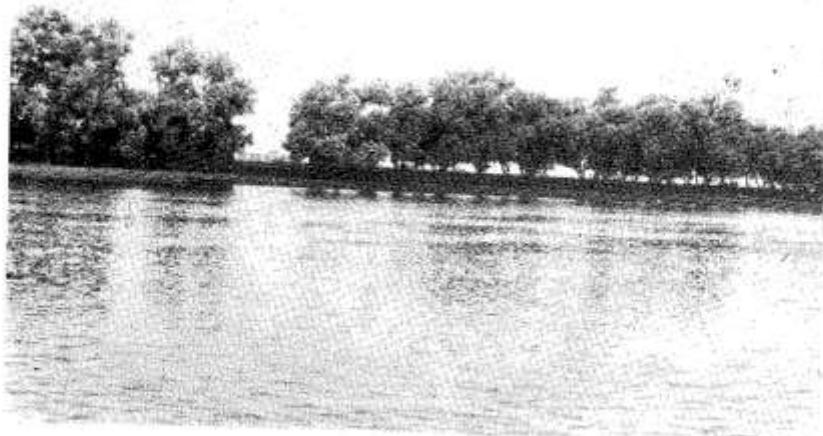
Подсчет стока Волги, Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы производился для каждого года. Расходы при этом брались при наличии ветвей подъема и спада по двум кривым $Q = f(H)$. Надежность кривых расходов воды для Волги у Верхне-Лебяжьего и Ахтубы у Досанга не вызывает сомнения. Несколько менее надежной является кривая $Q = f(H)$ для Волго-Ахтубинской поймы. Зимние расходы определены приближенно с введением коэффициентов, полученных на основании имеющихся данных по расходам воды, измеренным в зимний период. Эти коэффициенты в среднем были приняты равными 0,59—0,63 и, возможно, могут оказаться несколько заниженными.

Гидрограф стока Волги у Верхне-Лебяжьего имеет в течение года три максимума: высокое половодье с наибольшим расходом воды в мае—июне, осенний паводок в ноябре и зимний в январе (рис. 45, 46). Весеннее половодье начинается с небольшого подъема уровня после вскрытия, затем интенсивность подъема несколько замедляется, особенно в маловодные годы, и крутой подъем уровня начинается с приходом вод весеннего половодья сверху.

Разность во времени наступления одинаковых фаз колебаний уровня воды ($\Delta\tau$) у Сталинграда и у Верхне-Лебяжьего за последние 15 лет равна в среднем в половодье 11 дням (от 8 до 16), а в межень 5 дням (от 3 до 8). Как видно, эта разность в период половодья оказывается вдвое меньше, чем в период межени, что противоречит общепринятым положениям о возрастании разности во времени наступления фаз уровня



Волга в вершине дельты. Вид с левого берега.
Фото М. М. Рогова.



Берег протока в верхней части дельты Волги.
Фото С. С. Байдина.

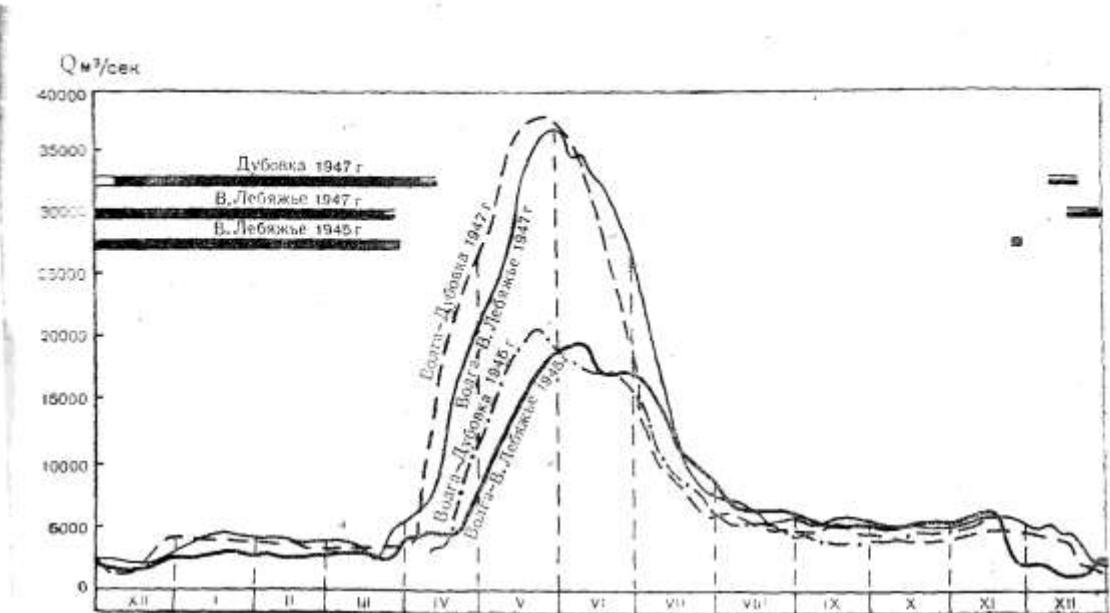


Рис. 45. Гидрографы расходов воды Волги за многоводный 1947 и маловодный 1945 годы.

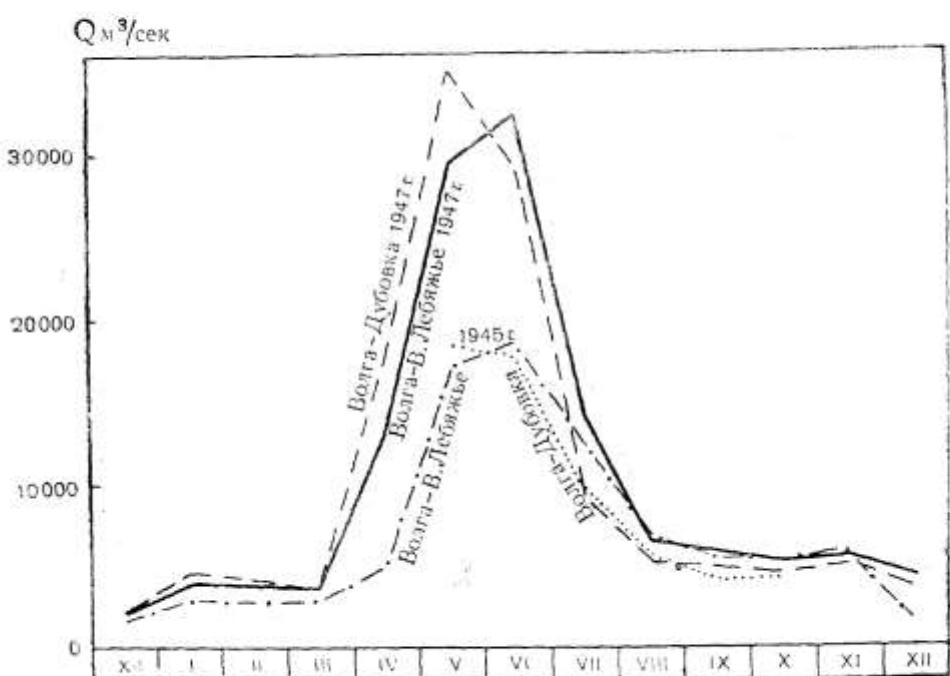


Рис. 46. Гидрографы среднемесячных расходов Волги у Верхне-Лебяжьего за многоводный 1947 и маловодный 1945 годы.

в период половодья по сравнению с меженью. Таким образом, это явление носит местный характер.

Если подсчитаем величину ΔD между Саратовом и Сталинградом, расстояние между которыми по реке равно 422 км, т. е. всего на 11 км меньше, чем между Сталинградом и Верхне-Лебяжьим, то получим следующий результат.

Разность во времени наступления фаз колебаний уровня между Саратовом и Сталинградом для периода половодья равна 4 дням (от 2 до 7), а для периода межени 5 дням (от 3 до 7), т. е. больше на 1 день в межень, чем в половодье.

В межень величина ΔD почти одинакова для участков Саратов — Сталинград и Сталинград — Верхне-Лебяжье, а в период половодья она почти в 4 раза больше для нижележащего участка.

Таблица 58

Разность во времени наступления различных фаз колебаний уровня воды в отдельные годы на участках нижнего течения Волги

Пункт	1945 г.				1946 г.				1947 г.			
	половодье		межень		половодье		межень		половодье		межень	
	дата пика	разность в днях	дата впадины	разность в днях	дата пика	разность в днях	дата впадины	разность в днях	дата пика	разность в днях	дата впадины	разность в днях
Саратов . .	19 V	4	13 IX	4	31 V	4	13 IX	5	22 V	1	28 VIII	7
Сталинград	23 V	16	17 IX	4	4 VI	11	18 IX	1	23 V	12	4 IX	3
Верхне-Лебяжье . .	8 VI		21 IX		15 VI		19 IX		4 VI		7 IX	

Для примера нами в табл. 58 приведены данные о времени прохождения гребней половодья и впадин в летне-осеннюю межень для трех различных по водности лет. Из этой таблицы видно, что в то время как разность в датах прохождения фаз уровня между Саратовом и Сталинградом в 1945 и 1946 гг. оставалась почти одинаковой, а в 1947 г. была небольшой в период половодья, для участка Сталинград — Верхне-Лебяжье величина ΔD в период половодья оказалась весьма значительной и большей в несколько раз, чем в межень.

Для общего представления об изменении величины ΔD была сделана попытка связать ее с величинами уровня воды у Сталинграда, расположенного почти на одинаковом расстоянии по реке от Саратова и Верхне-Лебяжьего (рис. 47). На участке Саратов — Сталинград не обнаруживается какой-либо связи этих величин, однако на участке Сталинград — Верхне-Лебяжье такая связь намечается. Так, с увеличением уровня воды разность в датах прохождения пиков половодья увеличивается.

Причина описанного выше явления заключается, очевидно, в значительном расплывании волны половодья, так как часть вод расходуется на аккумуляцию в руслах и Волго-Ахтубинской пойме. Имеет значение и переуглубленность русла Нижней Волги.

Движение воды в русле Волги на участке ниже Сталинграда подобно движению воды в канале, имеющем на каком-то отрезке пути довольно значительное увеличение живого сечения вследствие увеличения глубины.

Расход воды, проходящий через это сечение, будет $Q = \omega v_{cp}$, где $\omega = \pi / \delta$. При увеличении глубин должна увеличиваться и площадь поперечного сечения, что ведет к уменьшению скоростей течения воды, с которыми связана скорость распространения возмущения. Однако, как видно из рис. 47, время перемещения возмущения в межень на рассматриваемом участке оказывается меньше, а скорость больше, чем на участке, расположенному выше. Это явление можно объяснить переутлублением русла, в котором значительная часть воды в межень находится в состоянии подпора устьевым баром и водами Каспийского моря. При подпоре же время добегания вод может сокращаться.

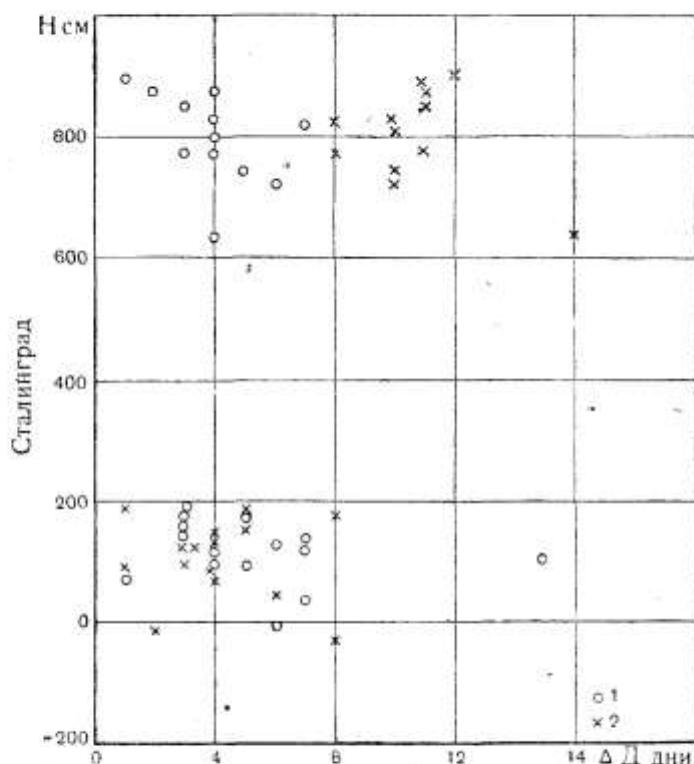


Рис. 47. Связь разности во времени наступления различных фаз колебаний уровня воды Волги с уровнями у Сталинграда.

1 — Саратов—Сталинград, 2 — Стадинград—Верхне-Лебяжье.

Однако при распространении волны по руслу происходит не только перемещение (добегание), но и трансформация ее, что связано в первую очередь с изменением уклонов и глубин. Значительное влияние на трансформацию волны половодья ниже Стадинграда оказывает Волго-Ахтубинская пойма, так как часть вод расходуется на аккумуляцию в руслах и самой пойме, кроме того, значительно изменяются некоторые морфометрические и гидравлические характеристики русла, также сказывающиеся на скорости распространения волны половодья.

Скорость движения воды в потоке обычно определяется наполнением и мгновенным местным уклоном водной поверхности. Согласно формуле Шези $v_{cp} = C V \sqrt{h_{cp}} / I$. Примем, по Б. А. Бахметеву, коэффициент

Шези (C), зависящий от шероховатости русла,

$$C = C' h^{0.25},$$

где C' — постоянная, отвечающая некоторой определенной шероховатости русла и обычно принимаемая равной величине, обратной коэффициенту шероховатости в показательных формулах гидравлики, служащих для определения величин скоростей течения воды.

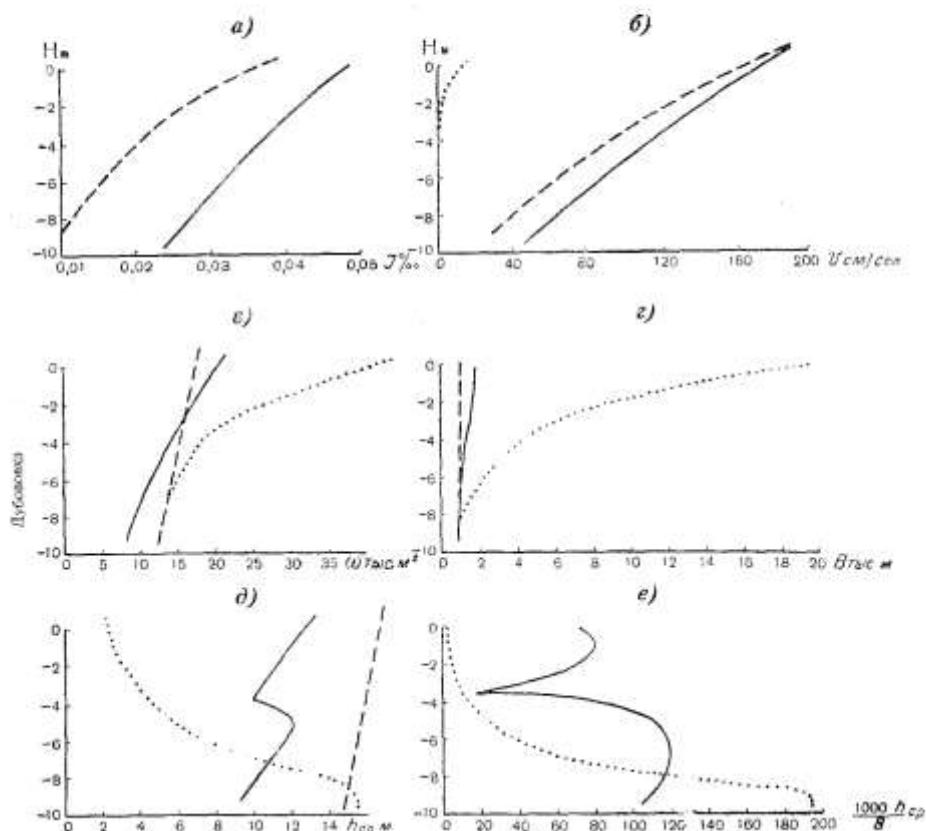


Рис. 48. Связь морфометрических и гидравлических характеристик русел Волги у Дубовки и Верхне-Лебяжьего с уровнем воды.

— Волга у Дубовки; — Волга у Верхне-Лебяжьего; ····· Волга с Волго-Алтубинской поймой у Верхне-Лебяжьего.

Таким образом, формула Шези примет вид

$$v_{cp} = C' h_{cp}^{0.75} I^{0.5},$$

где I — уклон водной поверхности.

Уклоны водной поверхности у Верхне-Лебяжьего несколько меньше, чем у Дубовки, однако с увеличением уровня, особенно с выходом воды в половодье на пойму и увеличением стока в руслах ериков и протоков, у Верхне-Лебяжьего уклоны увеличиваются интенсивнее, что способствует более быстрому увеличению скоростей течения воды в коренном русле Волги у Верхне-Лебяжьего (рис. 48а и 48б).

Как видно из приведенной выше формулы, средняя скорость течения в большей степени зависит от средней глубины. При выходе воды на пойму средняя глубина у Верхне-Лебяжьего весьма быстро уменьшается (рис. 48д), в то время как у Дубовки она до выхода воды на пойму воз-

растает, затем резко уменьшается и вновь начинает увеличиваться почти с прежней интенсивностью.

В половодье средняя глубина, взятая для всего живого сечения в целом, не может являться в достаточной степени характеристикой живого сечения, так как в зависимости от формы живого сечения русла и поймы скорости течения будут различны. При одной и той же площади живого сечения скорость в сжатом сечении русла оказывается большей, чем в широком, поэтому другой морфометрической характеристикой средней скорости является ширина живого сечения. В рассматриваемом случае ширина коренного русла у Верхне-Лебяжьего (рис. 48г) (наибольшая ширина взята условно между бровками меженных берегов) остается почти постоянной, в то же время у Волго-Ахтубинской поймы она весьма быстро увеличивается и в высокое половодье превышает ширину коренного русла почти в 20 раз. Изменение же ширины русла у Дубовки с увеличением уровней воды незначительно.

Лучшей характеристикой изменения живого сечения, а следовательно, и средней скорости течения всего живого сечения реки с поймой является отношение средней глубины к ширине русла ($\frac{h_{cp}}{B}$), на что указывает и М. А. Великанов (1948 г.). Это отношение для Волги у Дубовки (рис. 48е) с повышением уровней до момента выхода воды на пойму несколько повышается, затем резко понижается и при отметке около —3,5 м abs. вновь резко повышается, т. е. ход этой величины с увеличением глубины на пойме аналогичен ходу при течении воды в коренных берегах. Общая картина изменения живого сечения и скорости течения является некоторым отражением изменения средней глубины при увеличении уровней воды. Отражением средней глубины является и изменение отношения глубины к ширине русла у Верхне-Лебяжьего. Однако это отношение при увеличении уровней воды, исключая очень низкие уровни, падает быстро, и только при достижении глубины на пойме порядка 1 м падение замедляется и величина отношения постепенно приближается к нулю.

Участок переуглубленного русла Нижней Волги совпадает с районом расположения весьма широкой, значительно изрезанной протоками Волго-Ахтубинской поймы. Наличие ее приводит к пространственному растеканию воды в половодье по пойме и ее протокам, что ведет к увеличению уклонов водной поверхности Волги, а следовательно, и к относительному и абсолютному увеличению скорости течения воды в коренном русле, достаточной для размывания ложа дна до величины, соответствующей нормальному соотношению уклонов и глубин.

Естественно предположить, что на участке Нижней Волги река сама вырабатывает свой профиль дна в соответствии с ее морфометрическими и гидравлическими характеристиками. Этот вывод можно грубо иллюстрировать графиком связи уклонов, скоростей течения и глубин, построенным по приведенной выше формуле Шези в предположении, что величина С является постоянной и равна 25 (рис. 49). Этот график надо, очевидно, читать следующим образом: при определенном уклоне водной поверхности, но при разных скоростях течения русло реки должно иметь, при прочих равных условиях, в том числе и при одинаково размываемых грунтах, разные глубины, что и определяет профиль дна, который река старается вырабатывать, эродируя или аккумулируя наносы.

Волга в нижнем течении, вследствие наличия дополнительного уклона водной поверхности и дополнительного увеличения скорости течения в коренном русле в период половодья, при растекании первоначально движущихся объемов паводочных вод по пойме и возвращении части вод с поймы на спаде половодья вырабатывает себе определенный профиль дна с глубинами, превышающими глубины на вышерасположенном участке.

Уклоны водной поверхности Волги вниз по течению на участке от Дубовки до Верхне-Лебяжьего последовательно уменьшаются. С возрастанием расходов воды уклоны меняются и меняется их соотношение в начале и в конце рассматриваемого участка. Так, при увеличении расхода воды от 4000 до 28 000 м³/сек. у Дубовки уклоны возрастают менее чем в 2 раза, в то время как у Верхне-Лебяжьего они увеличиваются в 3 раза (табл. 59). Соответственно им значительно быстрее у Верхне-Лебяжьего растут и скорости течения воды, особенно максимальные. Если у Дубовки они возрастают от 0,75 до 2,00 м/сек., то у Верхне-Лебяжьего — от 0,5 до 2,32 м/сек.

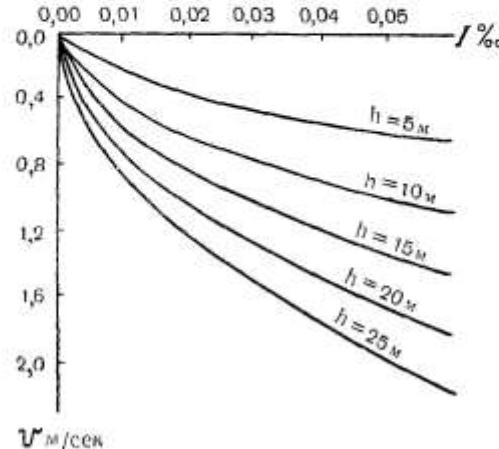


Рис. 49. Связь уклонов водной поверхности, скоростей течения воды и глубин по формуле Шези вида $v_{cp} = C'h^{0,75} I^{0,5}$.

Линграда, максимум расхода наступает позднее. В период спада половодья и в летне-осеннюю межень расходы воды у Верхне-Лебяжьего остаются несколько большими, чем у Сталинграда.

Таблица 59

Изменение уклонов водной поверхности, скоростей течения воды и глубин Волги у Дубовки и у Верхне-Лебяжьего с увеличением расходов воды

Расход, м ³ /сек.	Уклоны, %		Скорость течения, м/сек.				Глубина реки, м			
	Дубовка	Верхне-Лебяжье	средняя		наибольшая		средняя		наибольшая	
			Дубовка	Верхне-Лебяжье	Дубовка	Верхне-Лебяжье	Дубовка	Верхне-Лебяжье	Дубовка	Верхне-Лебяжье
4 000	0,025	0,011	0,54	0,35	0,75	0,50	9,3	15,0	12,9	21,5
10 000	0,029	0,018	0,89	0,76	1,24	1,19	10,2	15,7	16,1	22,8
21 000	0,038	0,026	1,20	1,31	1,61	1,92	11,0	16,0	18,9	24,7
28 000	0,044	0,032	1,41	1,65	2,00	2,32	11,6	16,6	20,0	25,8

Во время установления ледостава сначала выше по течению, а затем и в районе Верхне-Лебяжьего расходы воды резко уменьшаются. В период вскрытия реки Волги в верховье дельты наблюдается уменьшение стока.

Осенью проходит обычно небольшой осенний дождевой паводок, дающий увеличение среднемесячного расхода воды на 400—500 м³/сек. Наи-

Наибольшее увеличение стока осенью имело место в 1948 (на 1400 м³/сек.) и 1953 гг. (на 1500 м³/сек.).

К середине зимы расходы воды несколько увеличиваются, а к маю—июню достигают в среднем 22 000 м³/сек. (от 9900 до 31 600 м³/сек.), вновь уменьшаясь к октябрю до 4500 м³/сек.

Среднемесечный расход наиболее многоводного месяца (июня) в 3 раза больше среднегодового расхода, а наиболее маловодного месяца (декабря) в 3 с лишним раза меньше среднегодового расхода. Средний расход за 4 месяца весеннего половодья за период 1937—1953 гг. равен 14 600 м³/сек., за осенний период (VIII—XI) — 4700 м³/сек., а за зимний (XII—III) — только 2850 м³/сек. В то время как за весь период открытого русла средний расход оказался равным 9670 м³/сек., среднегодовой расход оказался значительно меньшим — 7400 м³/сек. (табл. 60).

Таблица 60
Внутригодовое распределение стока Волги у Верхне-Лебяжьего
(Волга, Ахтуба, Волго-Ахтубинская пойма)

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Средний, м ³ /сек.	2 690	3 240	3 280	6 100	19 100	22 800	10 500	5 210
% от среднегодового расхода	36,4	43,8	44,4	81,7	259,5	301,0	142,2	70,5
Наибольший среднемесечный, м ³ /сек.	4 030	4 630	4 590	12 200	29 500	31 600	22 100	7 770
Наименьший среднемесечный, м ³ /сек.	1 450	1 610	1 730	3 250	12 300	9 890	5 930	3 630
Суммарный, км ³	7,20	7,84	8,79	15,77	51,18	59,05	28,14	13,49
% от годового стока	3,0	3,6	3,7	6,8	21,9	25,5	11,7	5,8

Характеристика стока	IX	X	XI	XII	год	Среднее			
						IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI
Средний, м ³ /сек.	4 310	4 460	4 880	2 190	7 400	9 670	2 850	14 600	4 720
% от среднегодового расхода	58,3	60,3	65,9	29,6	—	130,7	38,5	197,6	63,7
Наибольший среднемесечный, м ³ /сек.	6 510	7 900	9 220	4 020	10 550	—	—	—	—
Наименьший среднемесечный, м ³ /сек.	2 360	2 000	2 150	1 320	4 930	203,37	29,70	154,14	49,23
Суммарный, км ³	11,16	11,95	12,63	5,87	233,07	87,0	12,8	65,9	21,1
% от годового стока	4,9	5,0	5,4	2,5	100				

Распределение по месяцам расходов Волги, поступающих в дельту за период 1937—1953 гг., показано в приложении 5.

В зимние месяцы проходит от 2,5% стока в декабре до 3,6—3,7% в феврале или марте от годового объема стока воды в верховье дельты. Наибольшее количество стока проходит в июне — 25,5%. За два месяца с наибольшим весенным стоком (V—VI) прошло 47,4% всего годового объема воды, а за период IV—VII — 66%, в то время как за четыре месяца летне-осенней межени (VIII—XI) — только 21,1%.

Наибольший месячный сток в период весеннего половодья, равный 31,7% от годового, наблюдался в июне 1939 г. Обычно в течение года

наименьший месячный сток, наблюдающийся в декабре, колеблется от 1,4 до 3,6% от годового.

Наибольшие секундные расходы воды коренной Волги колеблются от 17 800 м³/сек. (1937, 1945 гг.) до 32 700 м³/сек. в 1947 г. В среднем же они за 17-летний период равны 24 700 м³/сек. Обычно максимальные расходы наблюдаются в конце мая — начале июня, средняя дата их прохождения приходится на первую декаду июня.

Минимальные расходы воды наблюдаются обычно в декабре — январе и колеблются от 620 м³/сек. (1940, 1951 гг.) до 1820 м³/сек. (1952 г.). Наибольшие и наименьшие секундные расходы воды за период 1937—1953 гг. показаны в табл. 61.

Таблица 61

**Наибольшие и наименьшие расходы воды Волги у Верхне-Лебяжьего
(без Ахтубы и поймы)**

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы	
	м ³ /сек.	дата	м ³ /сек.	дата
1937	17 700	19—23 V	680	16 XII
1938	23 300	9—10 VI	930	1 I
1939	23 400	10 VI	—	—
1940	23 500	4—5 VI	620	1 I
1941	26 600	27 VI	800	4—5 I
1942	29 700	13—15 VI	1 500	21—22 XII
1943	24 600	5—9 VI	800	21—22 XII
1944	27 000	16—17 VI	870	10—12 XII
1945	17 900	8—11 VI	1 300	19 XII
1946	29 500	16 VI	1 470	19 XII
1947	32 700	4—5 VI	1 180	31 XII
1948	27 800	6—9 VI	1 180	4 I
1949	23 000	20—21 VI	620	23—24 XII
1950	21 600	1—3 VI	1 250	1 I
1951	25 100	25 V	620	4—5 XII
1952	20 460	9—11 V	1 920	27 XII
1953	25 400	29—30 V	1 720	26—28 XII
Наибольший	32 700	1947 г.	1 820	1952 г.
Наименьший	17 700	1937 г.	620	1951 г.

Выше были приведены характерные данные внутригодового распределения стока Волги, поступающего в дельту. Составляющими этого стока, помимо стока коренной Волги, являются сток Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы.

Наибольший среднемесячный расход Ахтубы у Досанга (табл. 62) приходится на июнь и равен 1030 м³/сек., что соответствует 2,67 км³ в месяц. В период половодья он колеблется от 205 до 1750 м³/сек. Если в июне сток Ахтубы составляет около 48,5% от годового стока, а за период май—июнь около 82%, то в зимние месяцы сток у Ахтубы отсутствует. Среднегодовой расход Ахтубы равен 174 м³/сек., а сток — 5,5 км³ в год. За период открытого русла ее расход равен 262 м³/сек. Сток в Ахтубе ниже

Таблица 62

Внутригодовое распределение стока Ахтубы у Досанга

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний, м ³ /сек.		2,3	1,6	53,3	689	1 030	272
Наибольший среднемесечный, м ³ /сек.	38,9	26,6	291	1 440	1 750	1 030	
Наименьший среднемесечный, м ³ /сек.	0,0	0,0	0,0	274	205	9,5	
Суммарный, км ³	0,006	0,004	0,138	1,85	2,67	0,729	
% от годового стока	0,11	0,07	2,50	33,54	48,42	13,23	
	VIII	IX	X	XI—XII	год	IV—XI	IV—VII
Средний, м ³ /сек.	11,7	2,4	14,5	15,2	174	262	512
Наибольший среднемесечный, м ³ /сек.	63,1	28,1	102	208	—	—	—
Наименьший среднемесечный, м ³ /сек.	0,0	0,0	0,0	0,0	—	—	—
Суммарный, км ³	0,034	0,006	0,039	0,039	5,51	5,51	5,39
% от годового стока	0,62	0,11	0,70	0,70	100	100	99,82

Досанга наблюдается в большинстве случаев только в течение 4 месяцев — с апреля по июль. Средний расход за этот период равен 512 м³/сек.

Наибольший секундный расход Ахтубы у Досанга колеблется от 646 м³/сек. (1937 г.) до 1860 м³/сек. и в среднем был равен 1290 м³/сек. В большинстве случаев наибольшие расходы в Ахтубе наблюдаются в первой декаде июня (табл. 63).

Среднегодовой сток Волго-Ахтубинской поймы за период 1937—1953 гг. равен 67,5 м³/сек., или 2,13 км³ в год. Сток наблюдается только в течение четырех месяцев — с апреля по июль. В среднем около 78% стока поймы приходится на июнь.

Наибольший среднемесечный расход воды поймы равен 2290 м³/сек. (1947 г.). В среднем за весь рассматриваемый период он равен 638 м³/сек., что соответствует стоку в 1,64 км³ в месяц. За период апрель—июль, когда имеется течение воды по пойме, среднемесечные расходы воды равны 202 м³/сек. и изменялись за последние 17 лет от 8 до 633 м³/сек. Наибольшие секундные расходы воды обычно приходятся на начало июня и равны 963 м³/сек., колеблясь от 40 м³/сек. в маловодные годы почти до 3000 м³/сек. в многоводные (1947 г.) (табл. 63). Многолетние характеристики стока Волго-Ахтубинской поймы на период 1937—1953 гг. помещены в табл. 64 и приложении 5. Следует заметить, что сток поймы за период до 1948 г. подсчитан по кривой расходов, построенной по данным измеренных расходов воды с 1948 г. Вследствие некоторого повышения отметок дна ериков поймы не исключена возможность, что сток поймы за период до 1948 г. несколько занижен.

Таблица 63

Наибольшие расходы воды Ахтубы у Досанга и Волго-Ахтубинской поймы
у Верхне-Лебяжьего

Годы	Ахтуба		Волго-Ахтубинская пойма	
	расход, м ³ /сек.	дата	расход, м ³ /сек.	дата
1937	646	18—24 V	40	19—23 VI
1938	1 140	8—12 VI	342	9—10 VI
1939	1 180	8—11 VI	364	8—11 VI
1940	1 180	3—6 VI	430	1 VI
1941	1 470	26—30 VI	1 300	27 VI
1942	1 700	11—17 VI	(2 300)	13—15 VI
1943	1 270	3—11 VI	652	4—10 VI
1944	1 510	16—17 VI	1 420	16—17 VI
1945	668	7—11 VI	43	8—11 VI
1946	1 700	11—20 VI	(2 300)	15—18 VI
1947	1 860	31 V	(2 920)	4—8 VI
1948	1 580	6—9 VI	1 730	6—9 VI
1949	1 140	20—21 VI	298	20—21 VI
1950	998	3—6 VI	138	1—3 VI
1951	1 300	22—29 VI	763	24—25 VI
1952	856	15—18 VI	77	13—18 VI
1953	1 790	7 VI	1 260	2 VI
Средний	1 290	—	963	—
Наибольший	1 860	1947 г.	(2 920)	1947 г.
Наименьший	646	1937 г.	40	1937, 1945 гг.

Таблица 64

Внутригодовое распределение стока Волго-Ахтубинской поймы

Характеристика стока	IV	V	VI	VII	Среднее		Наибольший сток	
					год	IV—VII	м ³ /сек.	дата
Средний, м ³ /сек.	1,8	109	638	66,4	67,5	202,5	(2920)	4-8 VI 1947
Суммарный, км ³	0,004	0,292	1,652	0,180	2,128	2,128	—	—
% от годового стока	0,2	13,7	77,6	8,5	100	100	—	—
Наибольший среднемесячный, м ³ /сек.	15,4	380	(2290)	575	—	—	—	—
Наименьший среднемесячный, м ³ /сек.	0	12,1	4,20	0	—	—	—	—

Изменение внутригодового распределения стока Волги на участке Сталинград — Верхне-Лебяжье

Рассмотрев порядок величины стока, поступающего в верховье дельты, интересно проанализировать, какие же изменения претерпевает сток, пройдя путь от Стalingрада до Верхне-Лебяжьего, так как до настоящего времени при расчете поверхностного притока в Каспийское море пользовались величинами стока Волги у Стalingрада (Дубовки).

В табл. 65 сравниваются величины стока Волги у Стalingрада и у Верхне-Лебяжьего за последний пятнадцатилетний период (1939—1953 гг.). Результаты сравнения показаны на рис. 50.

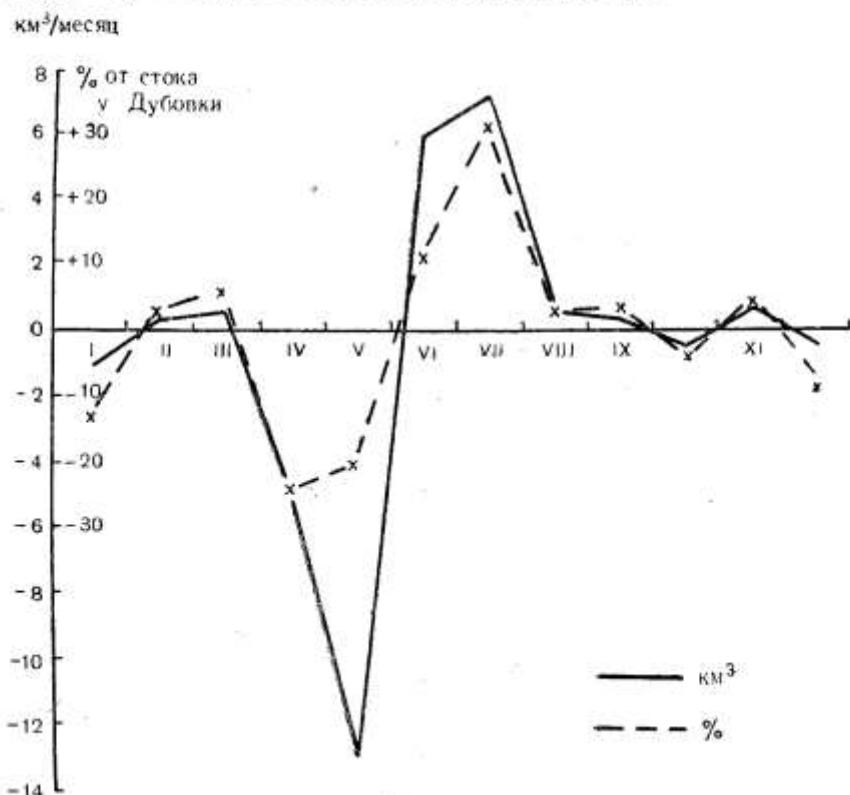


Рис. 50. Внутригодовое изменение разности стока Волги у Верхне-Лебяжьего и у Стalingрада за 1939—1953 гг.

Как известно, при прохождении волны половодья вдоль по речному руслу меняется продольный уклон водной поверхности и глубины. Вследствие различия в уклонах более быстро продвигается лобовая часть волны по сравнению с тыловой, вследствие чего гидрограф становится более пологим. При переменных глубинах в русле гребень волны половодья обгоняет основание волны, что приводит к перекашиванию гидрографа. Большое влияние на волну половодья оказывают также процессы заполнения водою русла, отдельных расширений долины, староречий, пойменных озер и углублений. В период открытого русла, помимо запаздывания вследствие затраты времени на добегание, волна половодья на участке Стalingрад — Верхне-Лебяжье также распластавляется. Волго-Ахтубинская пойма является хорошим регулирующим бассейном, который уменьшает у Верхне-Лебяжьего среднемесячный сток, приходящий из Стalingрада, в апреле на 4,9 км³, в мае почти на 13 км³, что составляет

Таблица 65

Внутригодовое перераспределение стока Волги на участке Ставрополье—
Верхне-Лебяжье за 1939—1953 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Расход Волги у Ставрополя, м ³ /сек.	3 239	3 285	3 232	8 048	24 200	21 360	8 483	5 214	4 383	4 948	4 878	2 457	7 813
Расход Волги у Верхне-Лебяжьего, м ³ /сек.	2 812	3 391	3 432	6 153	19 387	23 655	11 117	5 387	4 525	4 754	5 142	2 267	7 669
Разница в расходах Верхне-Лебяжье — Ставрополь, м ³ /сек.	—427	+106	+200	-1 895	-4 813	+2 295	+2 634	+173	+142	-194	+264	-190	-144
Разница в стоке Верхне-Лебяжье—Ставрополь, км ³	-1,1	+0,3	+0,5	-4,9	-12,9	+5,8	+7,1	+0,5	+0,4	-0,5	+0,7	-0,5	-4,6
Разница в расходах Верхне-Лебяжье — Ставрополь в % от месячных стоков у Ставрополя	-13,2	+3,2	+6,2	-23,5	-19,9	+10,7	+31,0	+3,3	+3,2	-3,9	+5,4	-8,4	-1,9

ляет от 23 до 20% от соответствующего месячного стока у Стalingрада. Сток у Верхне-Лебяжьего оказывается большим в основном в июне на 5,8 км³ и в июле на 7 км³, что составляет от 11 до 31% месячного стока у Стalingрада. К сентябрю весь запас воды за счет накоплений в руслах Волго-Ахтубинской поймы почти иссякает, и в октябре сток вновь оказывается большим у Стalingрада, чему способствуют также и дождевые паводки. Превосходя несколько сток у Стalingрада в ноябре, сток у Верхне-Лебяжьего оказывается меньше на 0,5 км³ в декабре и на 1 км³ в январе (от 4 до 10% от стока у Стalingрада). Это происходит, очевидно, за счет потери части вод на ледообразование на всем вышеприведенном участке реки и накопления воды в русле в зоне подпора. Вследствие последнего к середине зимы при уменьшении шероховатости льда и увеличении скоростей течения воды сток вновь увеличивается до 0,5 км³ в месяц (на 6% от месячного стока у Стalingрада).

Таким образом, внутригодовое распределение среднемесячного стока Волги у Верхне-Лебяжьего несколько меняется по сравнению с аналогичным распределением стока у Стalingрада.

Наибольшие секундные расходы воды Волги у Верхне-Лебяжьего не только запаздывают, но и значительно уменьшаются против расходов у Стalingрада. Так, в наиболее многоводном 1947 г. за период 1937—1953 гг. наибольший расход у Верхне-Лебяжьего был на 4800 м³/сек. меньше, чем у Стalingрада. В среднем же за 15 последних лет он оказался меньше на 3500 м³/сек., т. е. почти на 12%.

В течение года в руслах и Волго-Ахтубинской пойме вследствие регулирующей их емкости задерживается около 20 км³ воды. Однако из нее только около 15,5 км³ возвращается, а 4,5 км³ составляет безвозвратные потери на участке от Стalingрада до Верхне-Лебяжьего.

Подсчитанные величины задержания и потерь в пойме относятся к периоду 1939—1953 гг., когда сток Волги в среднем был только на 4% меньше среднемноголетнего стока за период 1881—1953 гг.

Полученная путем сравнения объема стока Волги у Стalingрада и у Верхне-Лебяжьего величина потерь стока является до некоторой степени приближенной и может несколько изменяться из года в год, а также и в многолетнем разрезе. На точность подсчетов потерь Волго-Ахтубинской поймы могла отразиться некоторая приближенность подсчета величин стока Волго-Ахтубинской поймы у Верхне-Лебяжьего и зимнего стока Волги в этом створе, что могло несколько преувеличить цифру потерь. Поэтому величину их для Волго-Ахтубинской поймы можно принять около 4 км³ в год.

При подсчете поверхностного притока в Каспийское море обычно учитывались потери части стока Волги в размере 6—7 км³ в год [9, 46, 94, 132, 221], при этом указывалось, что большая часть потерь падает на дельту [94, 132].

До настоящего времени подсчеты потерь стока Волги на пути от Стalingрада до моря были произведены только П. С. Кузиным в 1939 г. [132].

Величина потерь, или, по П. С. Кузину, величина приращения стока Волги, между Стalingрадом и морем определялась из уравнения водного баланса:

$$\Delta Q = (N + A + g) - W,$$

где $N = n_s + n_p$, а $W = v_s + v_p$, n_s — осадки на водную поверхность, n_p — осадки на временно заливаемую часть суши поймы и дельты, v_s — испарение с зеркала реки, ериков, протоков и т. д., v_p — испарение с поверхности поймы и дельты (суши), A — поверхностный приток в русло реки с прилегающей части бассейна, g — грунтовый приток в русло реки.

Развернутое уравнение имеет вид

$$\Delta Q = n_s + n_p + A + g - v_s - v_p.$$

Если принять нарастание площади бассейна Волги до устья равным 30 000 км² и модуль поверхностного стока за счет весеннего снеготаяния равным 0,3 л/сек. и исключить площадь поймы и русла (7500 км²), то сток окажется равным 0,22 км³/год, или 7 м³/сек.

Приток грунтовых вод принят равным 0,2 км³/год.

Для Волго-Ахтубинской поймы средняя величина слоя осадков принята равной 260 мм, а для дельты 160 мм. Получается, что объем осадков, выпадающих за год на водную поверхность и поверхность льда, с учетом внутригодового изменения площади водной поверхности равен 0,52 км³, а на площадь суши поймы 1,43 км³, на водную поверхность дельты — 0,55 км³, на поверхность суши дельты, заливаемую в период весеннего половодья, 0,69 км³. Таким образом, объем осадков, выпадающих на всю водную поверхность Волго-Ахтубинской поймы и дельты равен 1,07 км³, а на заливаемую часть поймы и дельты 2,12 км³, т. е. всего 3,19 км³.

Годовой слой испарения с водной поверхности поймы принят равным 880 мм, а с поверхности дельты 865 мм, что соответствует 2,10 и 3,13 км³/год, т. е. общие потери на испарение с водной поверхности равны 5,23 км³.

Величина испарения с поверхности временно заливаемой части суши поймы и дельты подсчитывалась как сумма объема осадков плюс объем насыщения поймы и дельты в период половодья.

Для принятого активного слоя почвы поймы в 1 м и дельты в 0,5 м полное насыщение составило 2,3 км³, считая, что временно затапливаемая часть поймы составляет 6600 км², а дельты 5200 км² (из 10 000 км² общей площади дельты). Следовательно, вместе с осадками испарение с поймы равно 3,08 км³, с дельты 1,34 км³, а в сумме 4,42 км³.

Общие потери на испарение с водной поверхности и с поверхности временно заливаемой части поймы равны 5,18 км³, в дельте 1,95 км³; всего от Сталинграда до моря теряется на испарение 9,65 км³ в год. Если считать, что часть потерь компенсируется осадками, поверхностным и подземным стоком, то безвозвратные потери будут, по П. С. Кузину, равны 6,04 км³, причем в пойме они составляют 2,81, а в дельте 3,23 км³. Отдавая должное тщательности этих подсчетов, следует отметить, что они все же требуют корректировки, так как являются весьма приближенными по следующим обстоятельствам:

1. Поверхностный сток с участка бассейна Волги ниже Сталинграда, принятый равным 0,22 км³ в год, завышен, так как с части площади поверхностный сток вообще не осуществляется (бессточные области).

2. Величина притока грунтовых вод неизвестна и принята весьма приближенно.

3. Величина осадков на площадь Волго-Ахтубинской поймы несколько завышена. По данным 10 гидрометстанций, в среднем за период 1936—1950 гг. слой осадков равен 240 мм, а по данным Н. Г. Николаева (1941 г.), за 1878—1937 гг. эта величина по 4 станциям (Степная, Харабали, Енотаевск, Старо-Петропавловка), расположенным вблизи поймы, равна в среднем 202 мм.

4. Считалось, что на испарение тратилась влага только деятельного слоя поймы в 1 м, а дельты в 0,5 м. Взятые величины деятельного слоя, несомненно, занижены, особенно в дельте, где в отдельных местах, по данным В. Н. Кузина [131], грунтовые воды стоят ниже меженного уровня воды протоков дельты, что указывает на значительный расход влаги на испарение.

5. Не учтено испарение с водной поверхности озер, яльменей, стариц и других депрессий поймы и дельты после прохождения половодья. Величина испарения с таких малых водоемов, сильно прогревающихся в теплый период времени, может быть приравнена к величине испарения с малых прудов и водохранилищ, что по карте Б. Д. Зайкова дает для поймы 1000, а для дельты 900 мм.

Особенно значительное количество малых водоемов образуется в приморской зоне дельты. При отступлении моря паводковые уровни в протоках и ериках понижаются. После прохождения половодья течение во многих водотоках этой зоны прерывается, образуются озерные водоемы и поверхностный сток не сбрасывается в море.

6. До настоящего времени трудно определить величину испарения с территорий, покрытых довольно развитой растительностью, особенно с площадей, занятых камышом. Есть основание полагать, что испарение с таких площадей окажется большим, чем с открытой водной поверхности, тем более, что вероятное уменьшение дефицита влажности в камышах дельты Волги в значительной мере гасится ветрами и отчасти бризами.

7. Не учтен расход воды на орошение земель в пойме. Так, по данным И. И. Филиппова, на орошение в 1952 г. было израсходовано около 0,15 км³ воды.

8. По данным Д. П. Кожевникова (1949 г.), общая площадь надводной дельты около 19 000 км², что почти в 2 раза больше принятой в 1939 г. П. С. Кузиным.

За последние 15 лет дельта выдвинулась в море на 30—40 км, вследствие чего площадь ее увеличилась примерно на 6000—7000 км². Не вызывает сомнения, что, заросшая камышом и другой обильной водной растительностью и богатая поверхностными водоемами, сильно прогревающимися в теплый период времени, и почти целиком заливаемая в половодье, эта часть дельты испаряет значительно больше, чем водная поверхность больших водоемов.

В соответствии с подсчетами П. С. Кузина величина потерь в дельте с учетом площади дельты по данным 1949 г. (19 000 км²) должна оказаться равной примерно 6—6,5 км³ в год. Однако, учитывая приведенные выше соображения о приближенности подсчета потерь П. С. Кузиным и особенно значительную величину заливаемости и застаемости вновь образованного пространства дельты, величину потерь необходимо еще увеличить на 2,5—3 км³, и общая величина потерь стока в дельте окажется около 9, а вместе с Волго-Ахтубинской поймой — около 13 км³ в год.

При уменьшении стока Волги вследствие создания ряда гидротехнических сооружений казалось бы, что величина испарения с водоемов и заливаемой части суши поймы и дельты должна будет уменьшиться, так как уменьшится площадь, заливаемая в половодье. Однако предполагаемое расширение площади орошения в Волго-Ахтубинской пойме и в дельте потребует дополнительного расходования воды на орошение. По данным М. И. Филиппова (1952 г.), в случае орошения при оазисном обваловании 670 000 гектаров потребуется расход воды, равный 1,5% общего среднегодового расхода волжских вод, что соответствует 3,8 км³ в год. При создании на участке ниже Сталинграда водохранилищ или даже в случае подпора воды и выхода ее на пойму потери за счет испарения также должны несколько увеличиться.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА НА ПРОСТРАНСТВЕ ВСЕЙ ДЕЛЬТЫ

До недавнего времени в литературе по дельте Волги не появлялось схем распределения стока на пространстве всей дельты, были только общие описания основных рукавов и схемы распределения стока в отдель-

ных районах или речных узлах дельты. Так, в 1858—1870 гг. экспедиция Ивашинцева провела большие работы по описанию всех волжских устьев, сопровождавшиеся съемкой и промерами глубин. Результаты этих исследований изложены в работе Н. Ивашинцева [102] и Н. Пущина [194].

«Главнейшие из рукавов, составляющих дельту Волги, суть следующие: Ямный, к которому идет множество протоков, как-то: Никитинский ерик, Изосимское плесо и проч., р. Волга, Большой Чулпан, Коклюй, Бирюль, Иванчуг, Дресвянка, Каныча, Бусьма, Камызяк с отделяющимися от него реками Кашкалдаковка, Прорва, Калиновка, Поперечная, Малая Черная и Болда, разъединяющаяся при впадении своем в море на 3 протока: Трехизбенка, Болда и Тузуклей; Шага, Рыча, Чурка, Бузан, разделяющейся при впадении на протоки Лебяжья, Романов, Карабузан, Нижняя, Средняя и Верхняя Худяковки и Кигач. Все эти рукава довольно глубокие при начале, к устьям своим становятся до того мелководны, что при выгонных ветрах представляют серьезные затруднения для прохода по ним не только морских, но и речных судов самых малых размеров, обыкновенно плавающих в устьях Волги. Самый удобный из них в отношении судоходства есть Ямный или Бахтемировский рукав...» [194]. Эта характеристика была дана почти сто лет тому назад.

На основании изысканий 1919—1925 гг. [60] также указывается, что главными фарватерами дельты являются Бахтемировский и Камызякский, но что, кроме них, есть еще несколько банков, по которым для рыбачьих судов и бударок возможен проход в дельту. Это — Гандуринский, Цветновский, Васильевский и Иголкинский банки. Все шесть банков в то же время имеют неудобные выходы в море. Глубины на них малы, особенно при выгонных ветрах.

Работы Волго-Каспийской рыбохозяйственной станции ВНИРО, освещавшие водность многих протоков на выходных участках (кроме Главного, Белинского и Цветновского банков) в период половодья, показали, что наиболее деятельны на северо-востоке Каныческий и Овчинниковский банки, на востоке Васильевский и в юго-западной части Никитинский и Карапатский. Гандуринский банк на морском крае дельты совсем утратил свое значение, его основной ход засыпан и выход воды осуществляется по одному из протоков.

Относительное значение протоков дельты, как показывает сравнение всех этих описаний, меняется, что связано с изменением общего облика дельты: происходит нарастание дельты, появляются новые русловые образования, отмирают некоторые старые банки и появляются новые, происходит заиление русел, а также перераспределение основных масс стока воды между речными системами дельты.

Первые количественные данные о распределении стока относятся к верхнему узлу западной части дельты (Астрахань). Получены они были на основании поплавочных наблюдений в 1846 г. Затем для этого же узла, а также для Канычи, Иванчула и Бузана было дано распределение стока по данным работ 1887—1890 и 1898 гг., а для водотоков района изысканий под строительство Астраханской железной дороги в верхней части дельты — в 1904 и 1908 гг.

Впервые наиболее полные сведения о распределении стока на пространстве всей западной части дельты были получены в результате изысканий 1923—1925 гг. [60]. Однако до 1936 г. не было никаких количественных данных о распределении стока на пространстве всей дельты Волги, что было связано с отсутствием достаточно полных гидрометрических материалов, особенно по восточной части дельты.

В первом приближении схема современного распределения стока в дельте Волги от протоков западных подстепенных ильменей до Кигача и от вершины дельты до взморья составлена в 1936 г. А. В. Соколовым

на основании единичных расходов воды, измеренных почти на 200 водотоках.

Величины расходов воды, измеренных в 1936 г., приводились к отметкам уровня воды в местах профилей, отвечающих отметкам —21,90 абс. по рейке Астраханского водомерного поста. Для этого использована формула Шези:

$$Q = C \omega V R i.$$

Из отношения $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2 \omega_2}{C_1 \omega_1} \frac{V h_2}{V h_1} \frac{V l_2}{V l_1}$, где величины со знаком (1) — измеренные, а со знаком (2) — приведенные, получаем

$$Q_2 = \frac{Q_1 C_2 \omega_2 h_2^{0.5}}{C_1 \omega_1 h_1^{0.5}} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^{0.5}.$$

Коэффициент C , как известно, зависит от гидравлического радиуса (R), замененного в этих формулах средней глубиной (h), и коэффициента шероховатости русла. Так как выбор коэффициента шероховатости в условиях дельты Волги весьма труден в связи с различием индивидуальных свойств большого количества протоков и условий их заполнения, то для упрощения вычисления принята показательная формула Б. А. Бахметева:

$$C = C_0 R^p.$$

Приняв, по Бахметеву, для каналов в земляных грунтах и для естественных водотоков с гидравлическими условиями, аналогичными условиям протоков дельты, значения показателя $p = 0,25$, т. е. придав формуле вид $C = C_0 R^{0.25}$, получаем

$$Q_2 = \frac{Q_1 \omega_2 h_2^{0.75}}{\omega_1 h_1^{0.75}} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^{0.5}.$$

Приняв далее $h_1 = \frac{\omega_1}{b_1}$ и $h_2 = \frac{\omega_2}{b_2}$, находим

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{b_1 + b_2}{2} \Delta h,$$

где b_1 и b_2 — ширина русла. Величина изменения заполнения русла (Δh) определяется при наличии равномерно расположенных постов по формуле

$$\Delta h_x = \Delta h_2 + (\Delta h_1 - \Delta h_2) \frac{l_x}{l},$$

где Δh_x — искомое изменение заполнения русла на гидрометрическом профиле; Δh_2 — изменение уровня на нижележащем водомерном посту; Δh_1 — изменение уровня на вышележащем водомерном посту; l — расстояние между постами; l_x — расстояние от нижнего поста до профиля.

Отношение уклонов водной поверхности на выбранном сечении за данный промежуток времени принято равным отношению средних уклонов на всем участке за тот же период времени. Это соотношение недопустимо для участков реки с резким поворотом, с резким расширением или разветвлением русла у истока. Точность отношения увеличивается с уменьшением расстояния между постами. Среднее падение между постами высчитывалось по пятидневкам.

Отношение $\left(\frac{l_2}{l_1} \right)^{0.5}$ принималось постоянным, т. е.

$$Q_2 = Q_1 \frac{\omega_2 h_2^{0.75}}{\omega_1 h_1^{0.75}} A.$$

По этому уравнению и производилось приведение всех расходов воды к отметке уровня — 21,90 м. Измеренные расходы на 37 профилях в период высоких уровней не приводились к этой отметке.

Некоторый контроль точности вычисленных величин расходов для отметки уровня воды — 21,90 м осуществлялся путем сравнения этих величин с близкими измеренными величинами, а также путем суммирования расходов на разветвлениях. А. В. Соколов указывает, что при проверке приведенные данные оказались неверными лишь в 15% случаев, причем ошибка была всегда в сторону снижения. В большинстве эти случаи относились к гидростворам, находящимся вблизи значительных ответвлений, т. е. там, где режим уклонов резко отличался от некоторого среднего режима уклонов на всем участке в целом.

На ряде основных рукавов подсчет величины стока производился по данным 1923—1925 гг., а для Бузана и Болды расходы воды получены приближенным расчетом на основе расходов, измеренных ниже по течению и общего характера скоростей на сравниваемых участках. Расходы для Царева и Рычи приняты были ориентировочно, с учетом данных гидрометрических измерений 1908 г.

Менее точны данные о расходах воды низовий Бахтемира и Старой Волги.

Построенная схема принималась для отметок уровней в пределах от —21,90 до —24,05 м Астраханского водомерного поста. При падении уровня ниже отметки —24,05 м происходит осыхание значительной части протоков в различных районах дельты и схема может считаться действительной только для основных узлов и направлений дельтовой речной сети.

В 1937 г. Волго-Каспийская научная рыбхозстанция ВНИРО провела дополнительные исследования в дельте с целью уточнения распределения стока и количества воды, уходящей на питание западных подстепенных ильменей. Всего было разбито 60 гидростворов.

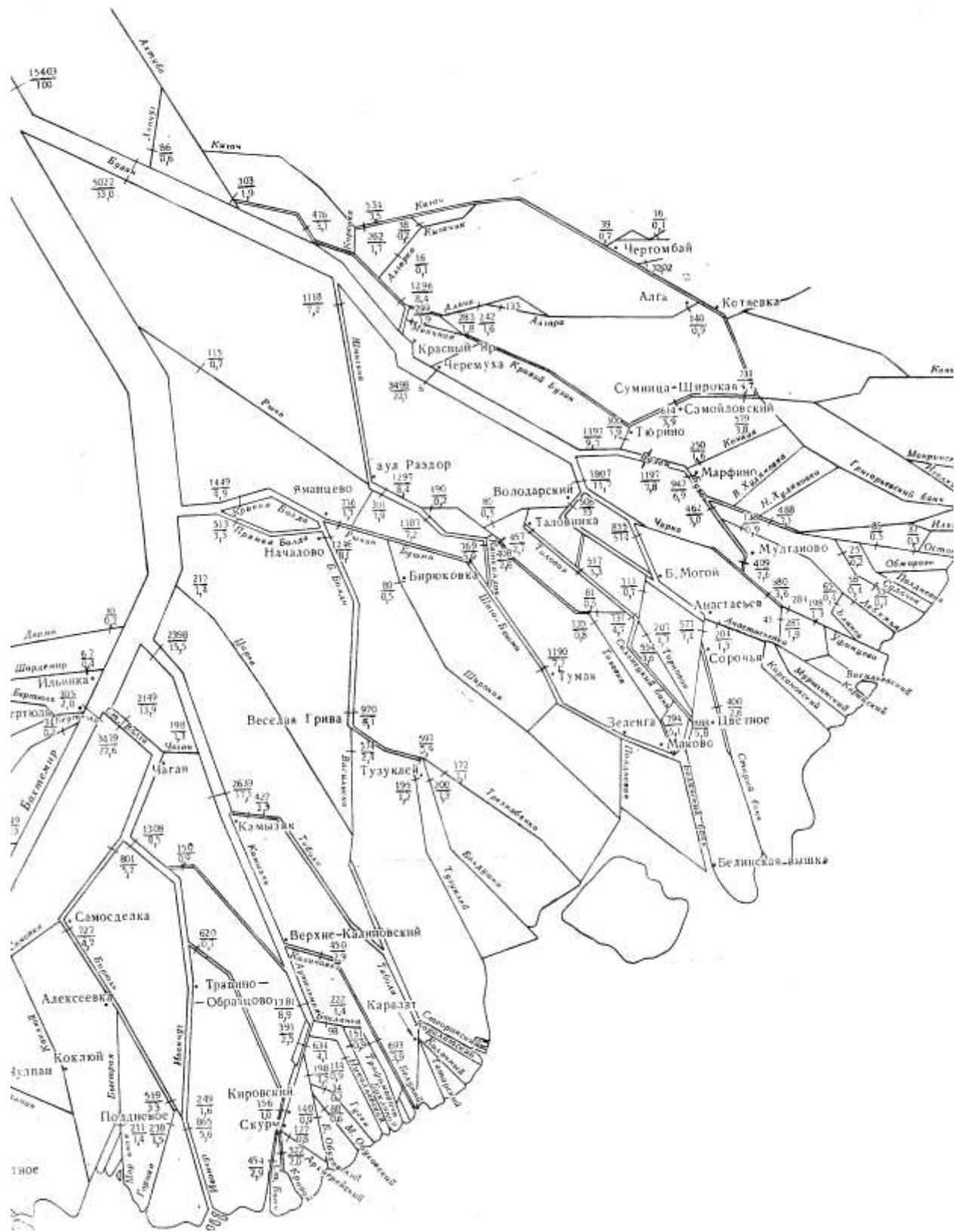
В результате работ 1936, 1937 гг. эта станция составила уточненную схему распределения стока в дельте Волги (рис. 51). В числителе у створов показан расход ($\text{м}^3/\text{сек.}$), в знаменателе процент от расхода у Старо-Петропавловки. Данные приведены к наибольшему уровню на 22 мая 1937 г., отметка которого равна —23,02 м.

Схема дает картину как бы мгновенного распределения стока и количественное представление о различиях в водоносности главных артерий дельты, т. е. о характере дробления основных рукавов в различных районах и постепенном угасании их мощности к выходным участкам.

Однако схема не дает картины распределения всего стока дельты. Она является схемой руслового стока и не учитывает сток, проходящий по поймам, т. е. не дает распределения всего количества воды, поступающей к вершине дельты в истоке. Поэтому подсчеты величины стока какой-нибудь системы в отдельной части течения путем суммирования стока по рукавам вдоль какой-то полосы дельты по этой схеме производить нельзя.

На основании данных гидрометрических наблюдений за период 1939—1941 гг. и построенных кривых расходов воды на рис. 52 представлены схемы распределения стока на пространстве всей дельты в половодье и в межень (при отметке уровня —22,00 и —25,00 м по Астраханскому водопосту). На рис. 52 ширина водотоков примерно соответствует величине расхода воды в масштабе 1 мм — 1000 $\text{м}^3/\text{сек.}$.

У гидростворов числитель дроби означает величину расхода, а знаменатель — расход в процентах от суммарного расхода Волги у Верхне-Лебяжьего. Расходы в истоках рукавов указаны в соответствии с данными наблюдений последних лет.



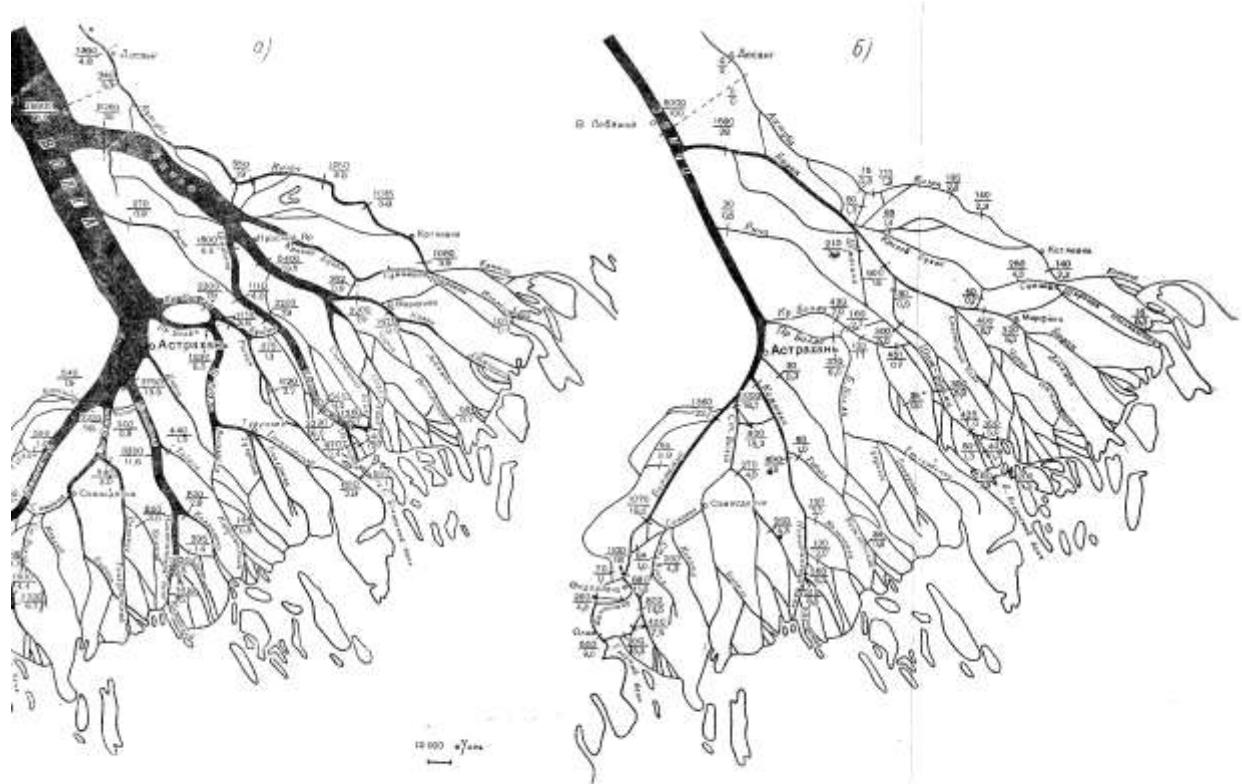


Рис. 52. Схема распределения стока на пространстве дельты Волги при отметке уровня воды Волги у Астрахани -22 (а) и -25 м абсолют. (б).

Аналогичные схемы можно построить и для других уровней воды Волги, пользуясь кривыми расходов воды.

Показанные на рис. 52 схемы дают представление о распределении расходов воды по рукавам в определенный момент времени, однако отсутствие гидрометрических данных по целому ряду протоков, особенно восточной части дельты, не дало возможности осветить полностью распределение стока во всех районах дельты.

Из схемы видно, что основные рукава дельты значительно отличаются друг от друга по характеру распределения стока по протокам их систем и, как следствие, по величине площади, занимаемой системой каждого рукава.

Хотя от Волги в восточной части дельты отделяются два многоводных рукава — Бузан и Болда, но основным стволом восточной части дельты, по которому проходит значительное количество воды до моря, является Белинско-Каспийский водный путь. К востоку от него (нижняя половина системы Бузана) и к западу (система Большой Болды) ветвление рукавов настолько большое, что значительная часть вод не доходит по основному руслу до моря. Кроме того, на востоке около 40% стока Бузана постепенно переходит в систему Белинско-Каспийского водного пути. Таким образом, наиболее многоводным, доносящим значительный объем вод до моря, является путь по Бузану, протоку Шмагина, Рыче и Кашкалдаку в основной ствол системы Кривой Болды — Белинского бака.

В западной части дельты основной сток концентрируется в системах Бахтемира и Камызяка.

Система Камызяка на выходном участке значительно рассеивает свой сток по мелким протокам и ерикам. Сеть водотоков системы Бахтемира и Старой Волги в низовье переплетается. Большое количество вод Бахтемира поступает в Старую Волгу, поэтому основными стволами в западной части дельты являются Бахтемир с ответвлением стока в низовье в Старую Волгу, Камызяк, система которого принимает часть стока из Старой Волги с запада через Канычу и другие более мелкие протоки, и сток из Царева и Большой Болды через проток Василиска и мелкие ерики.

Из сопоставления приведенных выше описаний дельты и схемы распределения стока по рукавам видно, что процесс постепенного перемещения с течением времени основных масс воды в дельте с востока на запад происходит очень медленно вопреки существующим в литературе указаниям [36, 60, 151]. Одновременно происходит и некоторое перераспределение стока между основными рукавами и отдельными районами дельты.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА В СИСТЕМАХ ОСНОВНЫХ РУКАВОВ ДЕЛЬТЫ

Как уже упоминалось, первым, наиболее мощным рукавом, отделяющимся от Волги, является Бузан, в его систему ниже вливаются воды Ахтубы и Кигача. Следующим отделяется рукав Болда, разделяющийся в истоке на Прямую и Кривую Болду. Ниже Астрахани от Волги отделяется рукав Камызяк, принимающий в свою систему в низовьях воды Царева и отчасти Большой Болды. Еще ниже происходит разветвление Волги на Старую Волгу (слева) и Бахтемир (справа), с образованием которых Волга теряет свое название. В низовьях протоки Старой Волги и Камызяк переплетаются, и одна часть вод Старой Волги вливается в систему Камызяка, другая часть — в систему Бахтемира, а еще ниже по течению более половины стока Бахтемира поступает в море через систему рукавов Старой Волги.

Гидографическая сеть дельты представляет собой два веера рукавов. Основные протоки, возникшие в результате разветвлений Бахтемира, Ст-

рой Волги и Камызяка, направлены на юг и юго-запад, образуя западную часть дельты, протяжением по морскому краю, считая от устья Бахтемира к востоку, около 65 км.

Протоки системы Бузана, Рычана и Большой Болды в основном направлены на юго-восток, а отчасти — на восток, образуя восточную часть дельты.

А. М. Норина и К. И. Иванов (1953—1954 гг.) высказали предположение, что на предустьевом взморье в меженный период волжские воды разбиваются на два потока: западный и восточный. Волжская вода, вносимая западными рукавами, прижимается к западному побережью Северного Каспия, а вносимая восточными рукавами, течет на юг и юго-восток. Направление ее совпадает с направлением подводной возвышенности, отделяющей глубоководные районы восточной и западной частей Северного Каспия. Разделению волжских вод на предустьевом взморье способствует напор морской воды, поступающей по углублению, расположенному ближе всего к берегам дельты в центральном районе предустьевого взморья, а также ветровые течения от западных до юго-восточных румбов. Таким образом, воды Волги, поступающие на предустьевое взморье так же, как в дельте, делятся на западную и восточную части, что имеет важное значение при рассмотрении гидрологического режима Северного Каспия.

Для характеристики гидрологического режима дельты Волги ниже рассматривается изменение расходов воды, площади водных сечений, скорости течения и т. д. в различных рукавах дельты, а также вопрос о том, как изменяется сток на разных участках рукавов и как распределяется он по их водным системам и между западной и восточной частями дельты.

Сток системы Бузана

Перечисленные выше системы рукавов дельты имеют различное значение для судоходства и рыбного хозяйства, поэтому и полнота их исследований неодинакова. Значительное количество исследований по стоку в рукавах было проведено в связи с решением проблемы водного пути от Астрахани до Астраханского рейда. Вследствие этого наиболее изученными оказались Бахтемир и Болда (Белинский водный путь), имеющие наилучшие условия для судоходства. Наименее изучена система Бузана, являющаяся весьма важным районом для рыболовства и мелиорации.

Система Бузана, будучи наиболее многоводной в истоке, уже через 36 км своего пути резко уменьшает свой сосредоточенный сток вследствие значительного увеличения густоты речной сети, особенно ниже Красного Яра. Гидрографическая сеть Бузана очень сложна. Слева крупными протоками являются Кигач, Сумница-Широкая, Кривой Бузан, Алгара, Иголкинский банк. Преобладающая часть мелких ериков левобережья Бузана полупроточна или пересыхает. Справа речная сеть более густа и многоводна. Крупные ее протоки — Лебяжья, Каширская, Васильевская, Сарбай, Корневая — в низовье дробятся и дают многочисленную сеть мелких протоков и ериков. В отличие от них проток Шмагина, сбрасывающий свои воды в систему Белинского банка, не дробится.

Отделившись от Волги в 46 км выше Астрахани, Бузан направляется на юго-восток и сохраняет это направление до самого моря.

Измерения расходов воды Бузана были произведены в 1887—1889 гг. Волжской описной партией и в 1904 и 1908 гг. в связи со строительством Астраханской железной дороги. Затем в течение почти 30 лет сток Бузана не исследовался. Исследования возобновлены в 1936—1937 гг. Волго-Каспийской научной рыболовственной станцией, которая производила измерения расходов как в западной части дельты, так и на протоках системы Бузана.

Наиболее полные работы по измерению расходов воды на водотоках системы Бузана были проведены в 1938—1940 гг. Центроморпроектом и ВНИРО. С 1941 г. регулярные измерения расходов воды Бузана в его истоке, а также в устье Кигача проводит Волжская устьевая гидрометстанция. Достаточно точные данные освещают только расход в истоке Бузана. Общий характер кривых расхода воды в истоке Бузана (рис. 53)

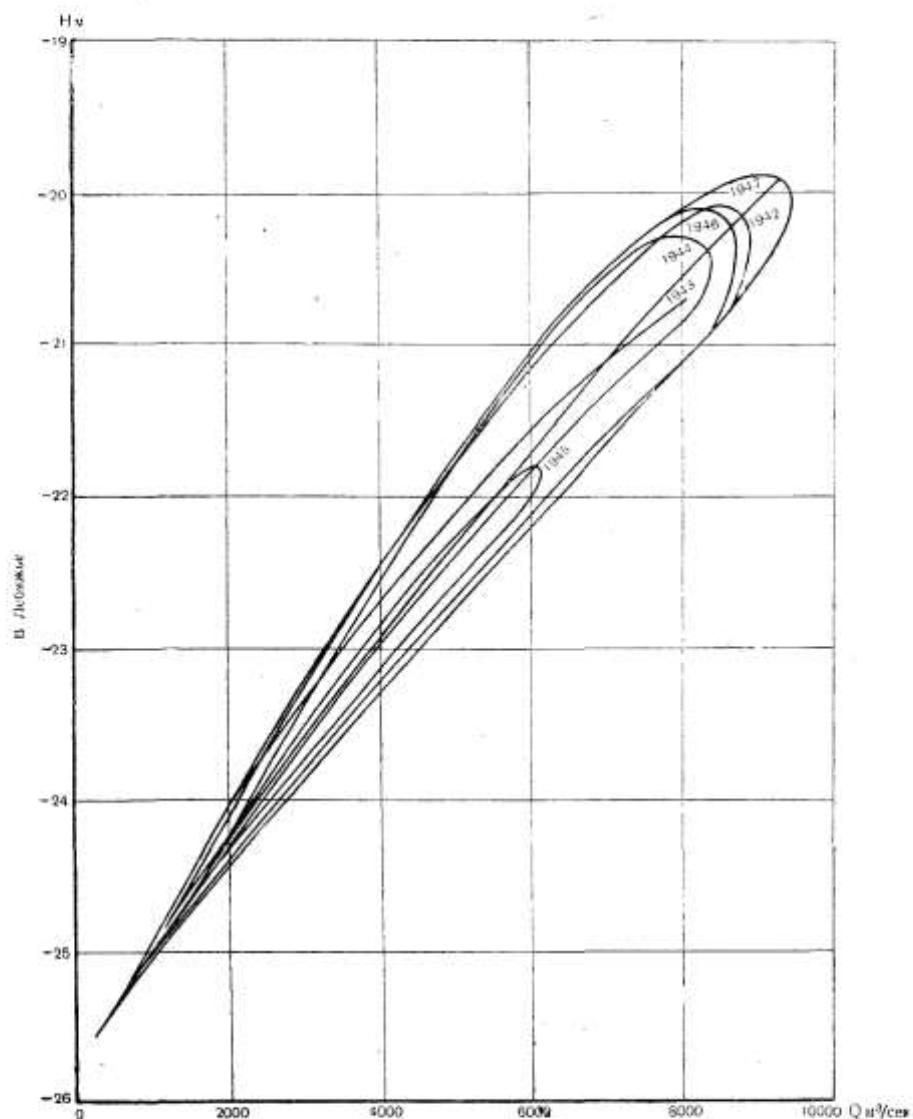


Рис. 53. Кривые $Q = f(H)$ Бузана в истоке за отдельные годы.

такой же, как и характер рассмотренных выше кривых для Волги и Ахтубы, однако ветви подъема и спада расходятся более значительно. Разница между крайними значениями расходов на спаде и подъеме при одном и том же уровне воды достигает 25%.

В маловодные годы (1945 г.), когда почти не происходит затопления поймы, кривая $Q = f(H)$ имеет наименьшую разницу между расходами на подъеме и спаде.

Кривые расходов воды для Бузана более пологи, чем для других рукавов дельты, что указывает на наличие более разработанного в ширину русла и отсутствие сколько-нибудь интенсивного процесса самоуглубления. Такое предположение подтверждается практикой путейских расчетов величины углубления русел по зависимости ее от величины расхода и градиента изменения расхода с приращением уровня по формуле $h = mQ \frac{1}{dQ} \frac{1}{dH}$ (Х. М. Полин, 1949).

В период межени интенсивность увеличения расходов воды с ростом уровней у Бузана небольшая, а в период половодья она значительно увеличивается. Так, при изменении отметок от —26,00 до —25,00 м приращение расхода воды равно $800 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а в интервале от —21,00 до —20,00 м оно достигает $2500 \text{ м}^3/\text{сек.}$

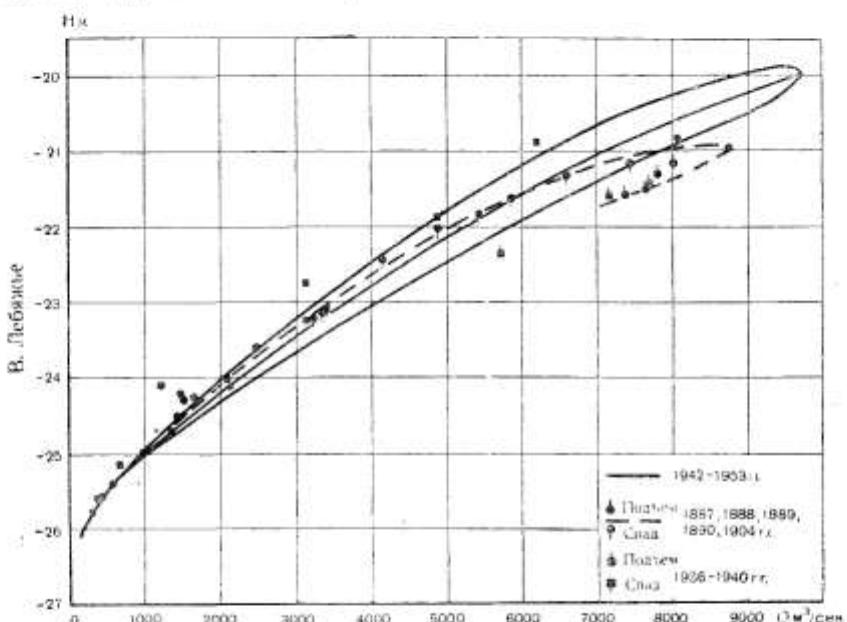


Рис. 54 Связь расходов воды в истоке Бузана с уровнями воды Волги у Верхне-Лебяжьего.

На рис. 54 показана осредненная за период 1942—1953 гг. кривая $Q = f(H)$. На указанный график нанесены также данные измерений расходов, произведенных до 1942 г. Вследствие отсутствия измерений уровней воды у Верхне-Лебяжьего за период до 1936 г. использованы связи соответственных уровней Верхне-Лебяжьего с Астраханью за период 1937—1953 гг. Связи соответственных уровней Астрахани и Сталинграда за отдельные периоды 1900—1905, 1921—1926, 1936—1950 гг. (рис. 55) показывают понижение уровней Астрахани за период 1900—1950 гг. Это было учтено при определении величины уровней Волги у Верхне-Лебяжьего за прошлые годы по графику связи соответственных уровней воды Волги у Астрахани и у Верхне-Лебяжьего (рис. 56).

Кривая $Q = f(H)$ (рис. 54) показывает, что точки измерений расходов воды 1904 г. дают наибольшее отклонение в сторону больших расходов воды при высоких уровнях. В межень большинство точек ложится слева, причем они довольно разбросаны, что можно объяснить, очевидно, влиянием колебания уровня вследствие гидро-нагонных явлений, распростра-

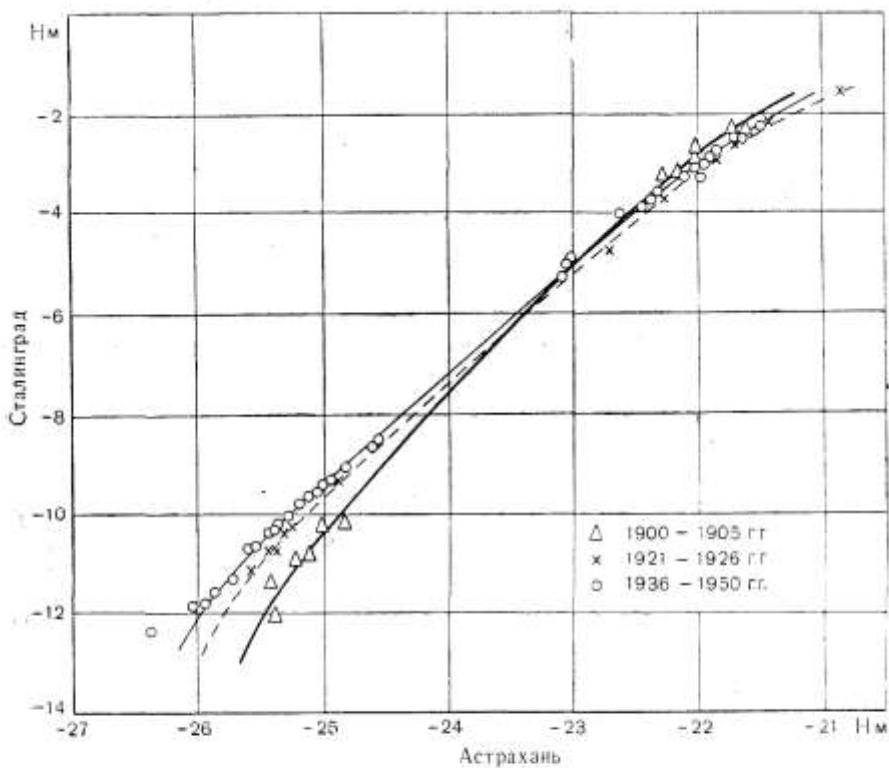


Рис. 55. Связь соответственных уровней воды Волги у Стalingрада и Астрахани за отдельные периоды.

нявшихся в то время и до Верхне-Лебяжьего. Несколько большую величину расхода Бузана в 1904 г. можно отчасти объяснить тем, что между истоком и гидроствором 1904 г. в Бузан впадает ерик Ланчуг, который при низких горизонтах воды имеет ничтожный сток, а при уровне —21,50 м по водомерному посту Верхне-Лебяжье расход воды в ерике достигает 300 м³/сек. (1904 г.). Однако величина стока Ланчуга все же недостаточна для объяснения причины уменьшения стока Бузана за рассматриваемый период. Анализ кривых связи средних скоростей течения и площадей водного сечения с уровнями воды (рис. 57) за последнее десятилетие не указывает на сколько-нибудь значительные изменения этих характеристик. Материалов по морфометрическим характеристикам русла

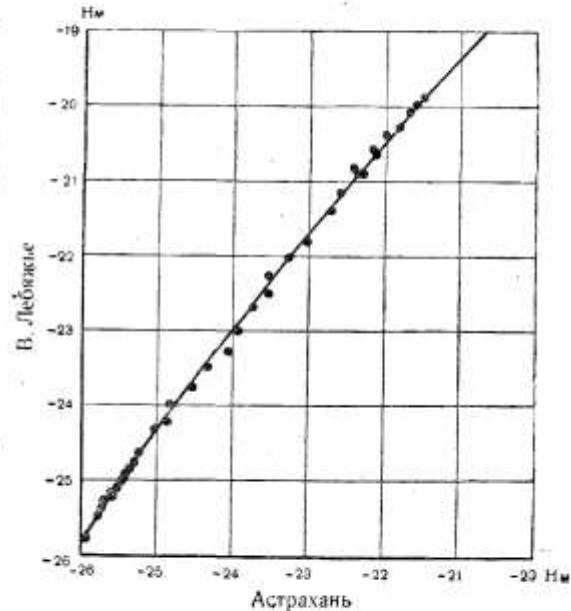


Рис. 56. Связь соответственных уровней воды Волги у Верхне-Лебяжьего и Астрахани.

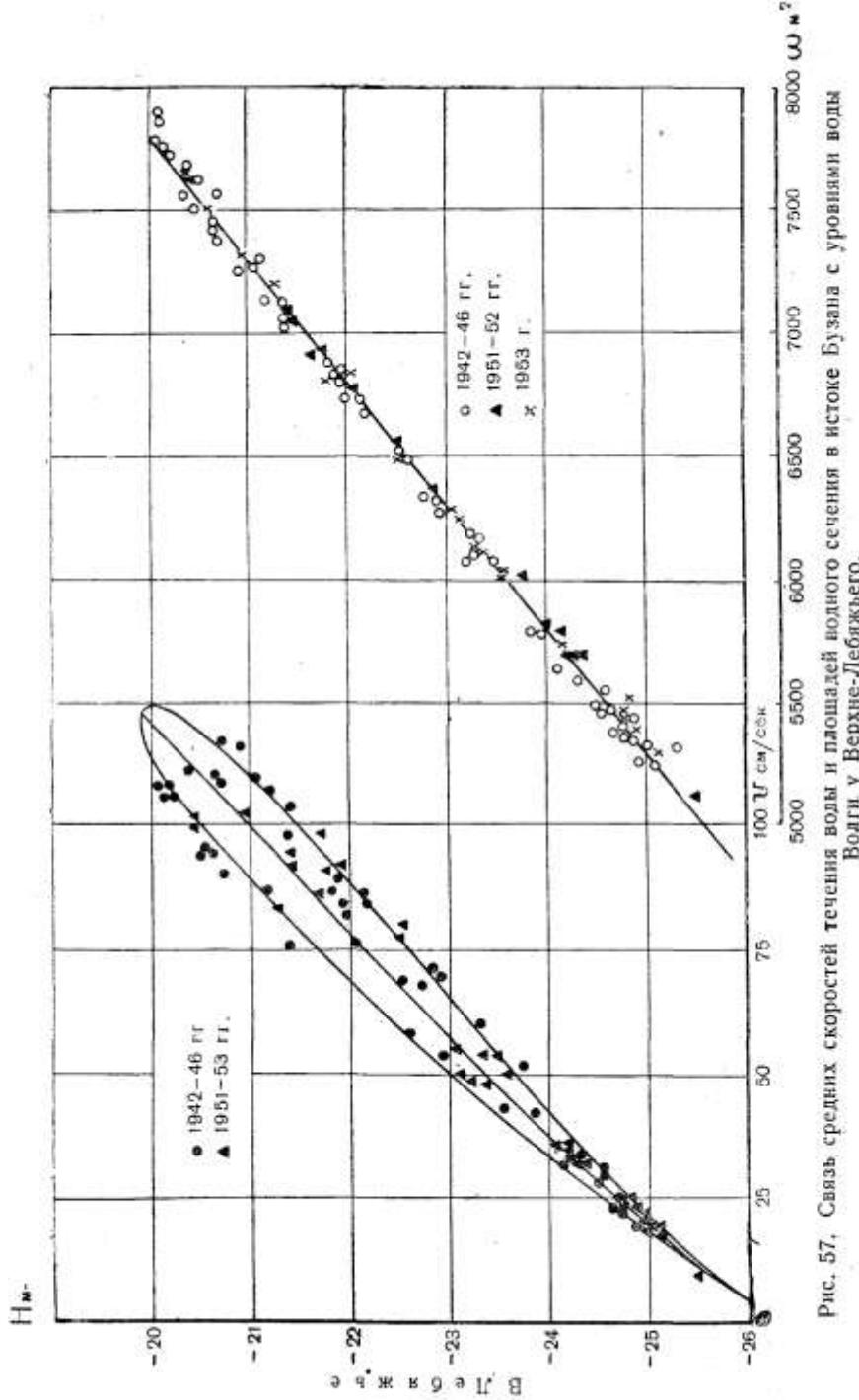


Рис. 57. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Бузана с уровнями воды
Волги у Верхне-Лебяжьего,

Бузана за более ранние годы не имеется, поэтому окончательно решить рассматриваемый вопрос нельзя.

Подсчитанные величины расходов воды и стока за период 1937—1953 гг. показаны в табл. 65 и в приложении 5. Средний многолетний расход Бузана равен 2100 м³/сек., наибольший — 3010 м³/сек. (1947 г.) и наименьший — 1260 м³/сек. (1938 г.). Средний месячный расход июня с наибольшим месячным стоком равен 6550 м³/сек., сентября — около 1130 м³/сек. и декабря — около 510 м³/сек. Наибольший среднемесячный расход почти в 6 раз больше среднемесячного расхода летне-осенней межени и в 13 раз больше среднемесячного расхода декабря. Если среднемесячный расход периода половодья (IV—VII) равен 4300 м³/сек., то за период летне-осенней межени (VIII—XI) он равен 1280 м³/сек., а за период зимней межени — 720 м³/сек.

Наибольший среднемесячный расход воды Бузана равен 8800 м³/сек. (май 1947 г.), а наименьший расход открытого русла равен 277 м³/сек. (октябрь 1938 г.).

Среднегодовой сток Бузана равен 66,4 км³ в год, т. е. почти одинаков со стоком Днепра (62 км³ в год). За четыре месяца периода половодья по Бузану проходит почти 46 км³ воды (69% всего годового стока), за зимний период (XII—III) — 7,5 км³, т. е. 11,3% (табл. 66).

На протяжении года сток Бузана в процентах от стока Волги у Верхне-Лебяжьего колеблется от 23,3% в декабре и 26,2% в сентябре до

Таблица 66
Внутригодовое распределение стока Бузана в истоке

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний, м ³ /сек. . . .	677	874	826	1 710	5 880	6 550	3 070
Суммарный, км ³	1,81	2,12	2,21	4,43	15,76	16,96	8,23
% от годового стока . . .	2,7	3,4	3,2	6,5	23,7	26,0	12,4
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего . . .	25,2	26,9	25,2	28,2	30,6	28,7	29,2

Характеристика стока	VIII	IX	X	XI	XII	год	Среднее			
							IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI
Средний, м ³ /сек. . . .	1 460	1 130	1 180	1 350	511	2 100	2 790	723	4 300	1 280
Суммарный, км ³	3,91	2,93	3,16	3,50	1,37	66,38	58,88	7,50	45,38	13,50
% от годового стока . . .	5,9	4,4	4,5	5,3	2,0	100	88,7	11,3	68,6	20,1
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего . . .	27,9	26,2	26,4	27,6	23,3	28,4	28,1	25,2	29,2	27,0

30,6% в мае, т. е. доля Бузана от стока Волги несколько увеличивается в период половодья. В среднем за год на Бузан приходится 28,4% от годового стока Волги у Верхне-Лебяжьего.

Наибольшие расходы воды Бузана колеблются от 9670 м³/сек. до 5560 м³/сек. и приурочены обычно к началу июня. Наименьшие зимние расходы воды (декабрь — январь) за период 1937—1953 гг. колебались в широких пределах — от 190 до 670 м³/сек. В период летне-осенней межени наименьшие расходы воды приходятся на сентябрь — октябрь и достигают 190 м³/сек., но не превосходят 1280 м³/сек. Характеристика наибольших и наименьших расходов воды Бузана по годам приведена в табл. 67.

Таблица 67
Наибольшие и наименьшие расходы воды Бузана у истока

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м ³ /сек.	дата	летне-осенние		зимние	
			м ³ /сек.	дата	м ³ /сек.	дата
1937	5 560	19—23 V	500	17—18 X	320	2—3 I
1938	7 350	9—10 VI	280	30 IX	230	5 I
1939	7 420	10 VI	370	30 IX	230	19—27 XII 1938
1940	7 450	4—5 VI	380	6 X	190	1 I
1941	8 420	27 VI	720	1—3 X	200	4—5 I
1942	9 250	13—15 VI	1 030	10—15 X	300	8—13 XII 1941
1943	7 780	5—9 VI	270	15 XII	390	21—22 XII 1942
1944	8 500	16—17 VI	910	28 XI	200	21—22 XII 1943
1945	5 640	8—11 VI	980	3—7 X	220	10—12 XII 1944
1946	9 240	16 VI	920	19—22 IX	340	19 XII 1945
1947	9 670	4—5 VI	1 280	7 IX	390	19 XII 1946
1948	8 720	6—9 VI	1 130	13—14 X	240	4 I
1949	7 300	20—21 VI	760	18 X	310	24—25 XII 1948
1950	6 820	1—3 VI	1 240	22 XI	190	23—24 XII 1949
1951	7 940	25 V	190	1—2 X	670	1—2 I
1952	6 970	8 VI	978	7—11 IX	503	30—31 XII 1951
1953	8 040	25—26 VI	1 060	4—5 IX	350	26—29 XII 1952
Наибольший	9 670	1947	1 280	1947	670	1951
Наименьший	5 560	1937	190	1951	190	1940, 1950

В период 1936—1941 гг. были измерены расходы воды ряда протоков системы Бузана. На основании этих данных оказалось возможным построить ряд кривых связи этих расходов воды с уровнями у Астрахани. Однако на многих протоках было измерено всего по 1—2 расхода, которые дают представление только о водности того или другого протока. На основании имеющихся материалов составлена табл. 68, показывающая распределение расходов воды в системе Бузана при различных уровнях воды.

Бузан постепенно отдает свои воды отходящим от него протокам. Пройдя первую треть своего пути от истока до моря, он уменьшает свой сток в полтора раза, а на второй трети пути — уже в 5 раз. В нижней части системы самые многоводные выходные рукава имеют расход воды в период половодья всего лишь около 100 м³/сек.

Таблица 68

Распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в системе Бузана в зависимости от высоты уровня воды в Волге

Водоток	Пункт	Отметка (абс.) уровня по Астраханскому водомерному посту, м				
		-26	-25	-24	-23	-22
Бузан	исток	300	1 680	3 470	5 570	8 280
	выше тони Пастухова	300	1 700	3 700	5 800	8 800
	с. Черемуха	—	900	2 200	3 700	5 400
	выше Тюрино	100	400	850	1 500	2 200
	Марфино	40	320	750	1 170	1 670
Корсака	в 0,5 км выше устья	10	80	165	260	360
Берекет	устье	—	15	85	225	(550)
Шмагина	в 0,6 км ниже истока	140	210	540	1 160	(1 800)
Кигач	ниже Подчалыка	0	110	290	500	(750)
	у Кордуана	0	120	300	590	1 050
	у Чертомбая	15	140	320	550	1 035
	устье	0	140	320	600	1 080
Альча	—	—	85	250	430	—
Маячная	—	10	50	145	320	(580)
Прорва	—	—	30	105	190	280
Сумница Широкая	—	90	260	480	810	1 200
Тюрина	у Тюрино	6	40	110	206	262
Сарбай	в 2,5 км ниже истока	при уровне —25,30 м 167 $\text{м}^3/\text{сек.}$				
Иголкинский банк	ниже тригонометрической вышки	5	16	34	60	102
Васильевский	—	12	19	27	38	59
Пароходная	у Алексеевки	при уровне —25,30 м 62 $\text{м}^3/\text{сек.}$				
Солонецкий банк	—	—25,30 , 97 *				

В половодье при отметке —22,00 м по Астраханскому водомерному посту Бузан ниже истока принимает воды Волго-Ахтубинской поймы, увеличивая свой сток до 9210 $\text{м}^3/\text{сек.}$. Несколько ниже он принимает часть вод Ахтубы — около 100 $\text{м}^3/\text{сек.}$, основной расход которой поступает в Берекет. Воды Берекета, слившись с водами протока Корсака, расход которого равен 360 $\text{м}^3/\text{сек.}$, дают начало достаточно многоводному восточному рукаву системы Бузана — Кигачу. Расход этого протока на всем его протяжении остается почти постоянным. Доля его стока, исчисляемая в процентах от стока Бузана в истоке, колеблется от 9 до 13% в половодье и от 6,5 до 8% в межень при отметке уровня воды —25,00 м (табл. 69). Потери части расхода Кигача пополняются водами протока Альча, также ответвляющегося от Бузана, несколько ниже Корсаки. В период половодья расход Кигача несколько больше 1000 $\text{м}^3/\text{сек.}$ (при отметке уровня —22,00 м), в межень же он уменьшается до 110—140 $\text{м}^3/\text{сек.}$ при уровне —25,00 м. При уровне —26,00 м на отдельных участках сток в протоке Кигач практически прекращается.

Распределение расходов воды Кигача у Чертомбая по месяцам за период открытого русла, по данным Волжской устьевой гидрометстанции, за 1952 и 1953 гг. приведено в табл. 70.

Таблица 69

Распределение расходов воды в системе Бузана от истока до устья в м³/сек.
и в процентах от расхода Бузана у истока

Водоток, пойма	Пункт	Отметка (абс.) уровня по Астраханскому водомерному посту, м			
		-22,00		-25,00	
		м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%
Бузан	исток	8 280	100	2 680	100
Волго-Ахтубинская пойма	Верхне-Лебяжье . . .	930	11,2	0	0
Бузан с Волго-Ахтубинской поймой	—	9 210	111,2	1 680	100
Ахтуба	Досанг	650	7,9	0	0
Берекет	устые	(550)	6,6	15	0,9
Бузан с Волго-Ахтубинской поймой и Ахтубой без Берекета	—	9 310	112,6	1 665	99,1
Корсака	в 0,5 км выше устья . . .	360	4,3	80	4,8
Берекет с Корсакой	—	910	11,0	95	5,7
Кигач	ниже Подчалыка	750	9,1	110	6,5
	у Кордуана	1 050	12,7	120	7,1
	у Чертомбая	1 035	12,5	140	8,3
Альча	—	—	—	85	5,1
Кигач с Альчею	—	—	—	225	13,4
Кигач	устые	1 080	13,0	140	7,1
Шмагина	в 0,6 км ниже истока . . .	(1 800)	21,7	210	12,5
Маячная	—	(580)	7,0	50	3,0
Прорва	—	280	3,4	30	1,8
Сумница-Широкая	Рыбзавод им. Самойловой	810	9,8	90	5,4
Бузан	Черемуха	5 400	65,0	900	53,5
	выше Тюрино	2 200	26,6	400	23,8
Тюрина	Тюрино	262	3,2	40	2,4
Бузан	выше Марфино	1 670	20,2	320	19,1

Таблица 70

Распределение расходов воды Кигача у Чертомбая по месяцам за период открытого русла

Годы	Характерные расходы воды, м ³ /сек.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1952	Средний	43	321	667	367	134	91	143
	Наибольший	73	584	711	603	158	131	170
	Наименьший	25	73	594	148	97	73	131
1953	Средний	154	734	824	190	95	87	170
	Наибольший	430	989	990	393	101	89	255
	Наименьший	80	447	414	100	89	86	90

Следующим наиболее многоводным протоком, отделяющимся от Бузана слева, является Кривой Бузан, переходящий в Сумницу Широкую, которая выше впадения в нее Кигача имеет расход в половодье 880 м³/сек.

При отметке уровня —25,00 м расход ее уменьшается до 90 м³/сек. и

ставляет 5,4% от истока Бузана у истока. Несколько ниже истока Еривого Бузана от коренного рукава Бузан отходит два протока: Маячная с расходом от 50 до 580 м³/сек. при отметках уровня —25,00 и —22,00 м и Прорва, расход которой почти в 2 раза меньше Маячной.

Выше впадения Ахтубы в Бузан от него справа отделяется большой проток Шмагина, расход которого в половодье достигает 1800 м³/сек., а в межень — 210 м³/сек. Воды протока Шмагина через рукав Рычу переходят в систему рукава Болда. Таким образом, уже в верхней своей части 21,7% расхода воды в половодье и 12,5% в межень Бузан сбрасывает в систему Белинского водного пути.

Выше с. Тюрино от Бузана отделяется проток Чурка, который, в свою очередь, отделяет Корневую, а ниже отходит проток Сарбай. Данные о расходах воды этих протоков имеются только за период низкой межени.

Так, при отметке уровня —25,30 м расход воды Сарбая в истоке равен 167 м³/сек., или 25% от расхода воды Бузана в его истоке. Река Корневая в низовье сбрасывает свои воды через протоки Солонецкий банк и Пароходная в систему Белинского банка. Расход воды протока Пароходная у с. Алексеевка равен в низкую межень 62 м³/сек., или 9,3% от стока Бузана, а Солонецкий банк у с. Солонец имеет расход воды 97 м³/сек., или 14,5% стока Бузана.

Таким образом, только через 3 протока: Шмагина, Пароходную и Солонецкий банк, Бузан отдает в межень системе Белинского водного пути около 36% своего стока. Наибольшей водностью в приморской части системы Бузана обладают Иголкинский и Карайский банки, расход воды которых в половодье превышает 100 м³/сек. Также относительно многоводны протоки Овчинникова, Обжорова и Васильевская с расходами около 60 м³/сек. (табл. 71).

Таблица 71

Распределение расходов воды в системе Бузана по морскому краю дельты
в м³/сек. и в % от расхода Бузана у истока
(по материалам Волго-Каспийской рыбхозстанции ВНИРО)

Водоток	В половодье		В межень	
	отметка (абс.) уровня по Астра- ханскому водо- мерному посту, м	расход м ³ /сек.	отметка (абс.) уровня по Астра- ханскому водо- мерному посту, м	расход м ³ /сек.
			%	
Каныча	—22,40	38	0,8	—
Каныча Корзиночная	—22,40	24	0,5	—
Мокринский	—22,34	42	0,9	—
Иголкинский	—22,00	102	1,2	—25,00 16 1,0
Ильинка	—22,21	21	0,4	—25,63 1,3 0,3
Остовая	—22,15	7	0,1	—25,55 1,2 0,3
Овчинникова	—22,15	63	1,2	—25,55 13,4 2,8
Обжорова	—21,92	63	1,2	—25,69 36 9,5
Полдневая	—22,10	29	0,6	—25,69 24 6,3
Судачья	—22,10	39	0,8	—25,65 11 2,7
Каменная левая	—21,96	14	0,3	—
Уфимцева	—21,96	29	0,5	—25,50 16 3,2
Васильевская	—22,00	59	0,7	—25,00 19 1,1
Карайский	—21,95	116	1,4	—
Мурыгинский	—21,95	26	0,5	—
Кирсановский	—21,90	6	0,1	—

Однако их использование для судоходства лимитируется наличием в большинстве случаев микробаров, а также наличием малых глубин (0,20—0,80 м) при выходе речных вод на взморье.

Обычно банки восточной части дельты, имеющие значительные расходы воды в половодье, выносят на мелководное взморье большое количество твердых осадков, которые отлагаются вследствие уменьшения скоростей течения. Отложению наносов в значительной мере способствует обильная растительность взморья. Так, мутные воды Карайского банка на четвертом километре по выходе из дельты уходят на восток в култук, где довольно быстро осветляются, а Карайский канал заполняют воды, приходящие из банков, расположенных западнее. Эти воды обычно чистые, так как, проходя через култуки, отлагаются свои наносы.

Большое влияние на процесс и величину отложения наносов в годы с большими половодьями, особенно наступающими после более или менее продолжительного маловодного периода, оказывает растительность. В годы с небольшим стоком многие ерики и прилегающая к дельте култучная зона обычно застают более густой растительностью, которая является как бы фильтром при прохождении паводочных вод в многоводные годы. Поэтому сочетание маловодных и многоводных периодов оказывается весьма неблагоприятно на судоходство в култучной зоне — вследствие уменьшения глубин. При прорытии искусственного канала на взморье какого-нибудь банка увеличивается водный сток этого банка и, следовательно, количество выносимого твердого стока. Потенциальная возможность заносимости прилегающей култучной зоны, роста кос и островов также увеличивается. Заражение их обильной растительностью, особенно в маловодные годы, создает подпор дельтовым водам и в случае хотя бы временного прекращения землечерпания на канале приводит к быстрому уменьшению глубин вследствие увеличения заиления. В дальнейшем использование такого канала или прорытие нового в этом месте становится нецелесообразным.

Таким образом, выявляется необходимость постоянного землечерпания на искусственных каналах не только для поддержания определенных глубин, но и для более свободного и равномерного распределения твердого стока по акватории култучной зоны на протяжении канала.

Вследствие выдвижения дельты на взморье и значительной застасмости и заносимости ериков на бывшей приморской полосе дельты происходит их отмирание. Сток на таких участках водных систем концентрируется в нескольких более крупных протоках. На вновь образованной полосе собственно дельты, наоборот, происходит ветвление водотоков. Населенные пункты, расположенные на сравнительно небольших водотоках в полосе собственно дельты, на которой происходит процесс отмирания ериков, лишаются подходных водных путей, что часто приводит к вынужденному переселению в другие места. Поэтому при заселении территории вновь образующейся полосы дельты населенные пункты следует располагать на более крупных и более жизнеспособных водотоках с учетом их русловой активности.

В период низкой межени расходы воды на выходных участках дельтовых рукавов и банков сильно уменьшаются. Так, Иголкинский банк уменьшает свой расход по сравнению с расходом в половодье в 7 раз, Овчинникова в 5 раз, Васильевская в 3 раза. Изменяется и доля расхода воды каждого водотока от расхода воды Бузана. Значительно увеличивается относительная величина расхода воды у Обжорова — (9,5%), Поздневой — (6,3%), Уфимцева — (3,2%). Несколько уменьшают относительный сток межени самые восточные банки, в том числе и Иголкинский банк. Такое распределение расходов воды на морском крае дельты указывает на перемещение части стока в межень к западу.

Свертывание волжской дельты в связи с уменьшением стока Волги последние 20 лет действительно уже началось в системах восточных ганков. Протоки Джамбайский, Шароновский, Ганюшкина фактически прекратили свое существование, так как живая сила этих протоков в период с малым стоком оказалась недостаточной, чтобы уносить накапливающиеся в их руслах наносы.

Увеличение относительной доли стока более западных банков связано с наличием в межень больших уклонов и скоростей течения в этих банках. Более восточные банки испытывают, очевидно, значительное влияние подпора, будучи более мелководными и подверженными большей заразаемости и заносимости. По мере приближения к морю глубины в про-

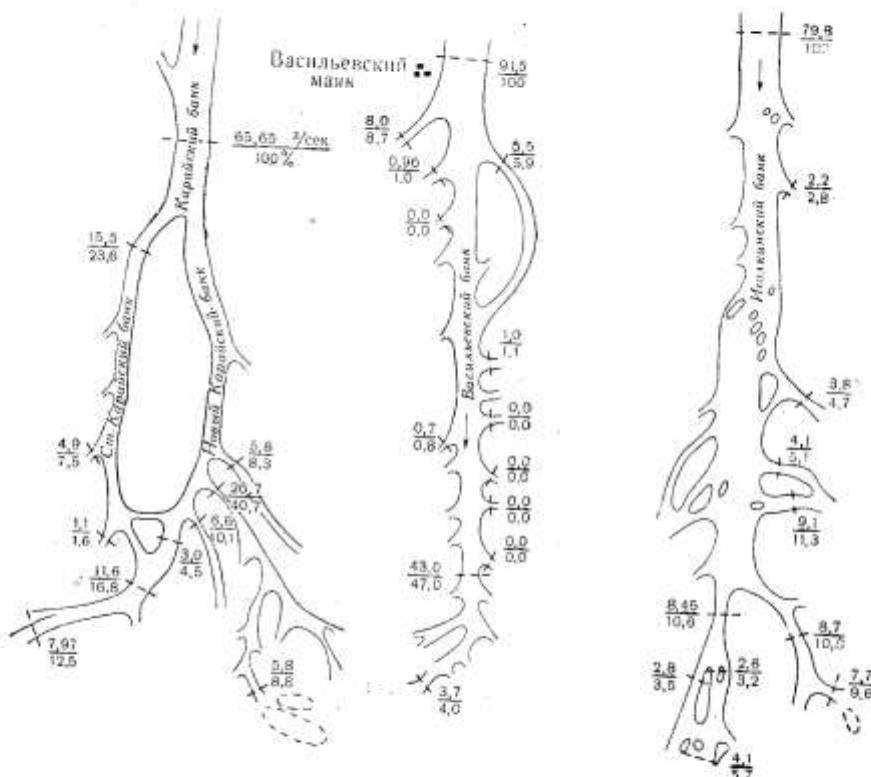


Рис. 58. Схема дробления выходных участков отдельных банков системы Бузана (по М. П. Гудкову).

токах значительно снижаются вследствие ветвления дельтовых водотоков на более мелкие, а также под влиянием нагонных явлений, благодаря которым создается подпор воды в протоках, происходит расширение общего водного зеркала и увеличение аккумуляции осадков. Кроме того, нагонные явления отодвигают место интенсивной аккумуляции речных наносов с предустьевого взморья в устьевые протоки. В результате всего этого образуются мели и осередки и повышается дно протока. Такое повышение dna протока в устьевой его части, обусловленное еще и большими глубинами русла в низовье протоков по сравнению со взморьем, вызывает интенсивное дробление рукавов или протоков на ерики, воды которых прокладывают путь к морю.

На основании исследований М. П. Гудкова (1948 г.) на рис. 58 представлена схема дробления наиболее многоводных банков системы Бу-

зана на выходных участках. Как видно из рисунков, от основного ствола каждого банка в 1947 г. отходили многочисленные ерики и к взморью Иголкинский банк доносил по основному стволу только 5,7% своего расхода, полученного в истоке; Васильевский банк — 4%, Карайский банк — 16,8%. За годы 1946—1948 расходы при выходе на взморье колебались: для Иголкинского банка от 1,7 до 4,1 м³/сек., что составляет от 2,9 до 5,7% его расхода в истоке; для Васильевского банка — от 3,7 до 12,0 м³/сек. — от 4,0 до 14,5%; для Карайского банка — от 5,2 до 11,6 м³/сек., что соответствует 9,2—16,8% расхода воды в истоке. Хотя отметки горизонтов воды, к которым относятся эти расходы, и отсутствуют, все же эти схемы дают общее представление о распределении стока на выходных участках рукавов системы Бузана. Из табл. 72 видно, что основные стволы банков большую часть стока теряют на выходных участках их устьев, отдавая его многочисленным ерикам. Наибольшими скоростями течения обладают Карайский и Васильевский банки, а наименьшими — Иголкинский, т. е., несмотря на меньшую водность, наиболее активными в отношении русловых процессов являются западные банки.

Таким образом, сток Бузана, особенно в нижней части, распределяется между большим количеством протоков и только часть его доходит до моря поверхностным стоком по многочисленным мелким ерикам и небольшим банкам. Значительная часть стока Бузана, как уже отмечалось, сбрасывается в систему Болды.

Таблица 72

Распределение скоростей течения и расходов воды по ерикам на выходных участках системы трех банков Бузана осенью 1948 г. (по М. П. Гудкову)

Банк	Ерик	Скорость течения, м/сек.	Расход	
			м ³ /сек.	%
Иголкинский	исток	0,15	98,8	100
	ерик 1	0,15	3,6	3,7
	" 2	0,15	8,4	5,5
	" 3	0,16	5,4	5,5
	" 4	0,20	14,6	14,8
	" 5	0,32	13,1	13,2
	главное выходное устье	0,25	9,2	9,3
Васильевский	неучтенные ерики	—	44,5	48,0
	исток	0,30	82,8	100
	ерик 1	0,24	9,2	11,1
	" 2	0,25	8,9	10,7
	" 3	0,33	3,8	4,6
	" 4	0,25	1,4	1,7
	" 5	0,48	6,7	8,1
Карайский	главное выходное устье	0,61	38,1	46,0
	неучтенные ерики	—	14,7	17,8
	исток	0,34	71,0	100
	ерик 1	0,27	16,8	28,7
	" 2	0,28	7,4	10,5
	" 3	0,44	28,8	40,5
	" 4	0,23	8,5	12,0
	главное выходное устье	0,33	5,4	7,6
	неучтенные ерики	—	4,1	5,7

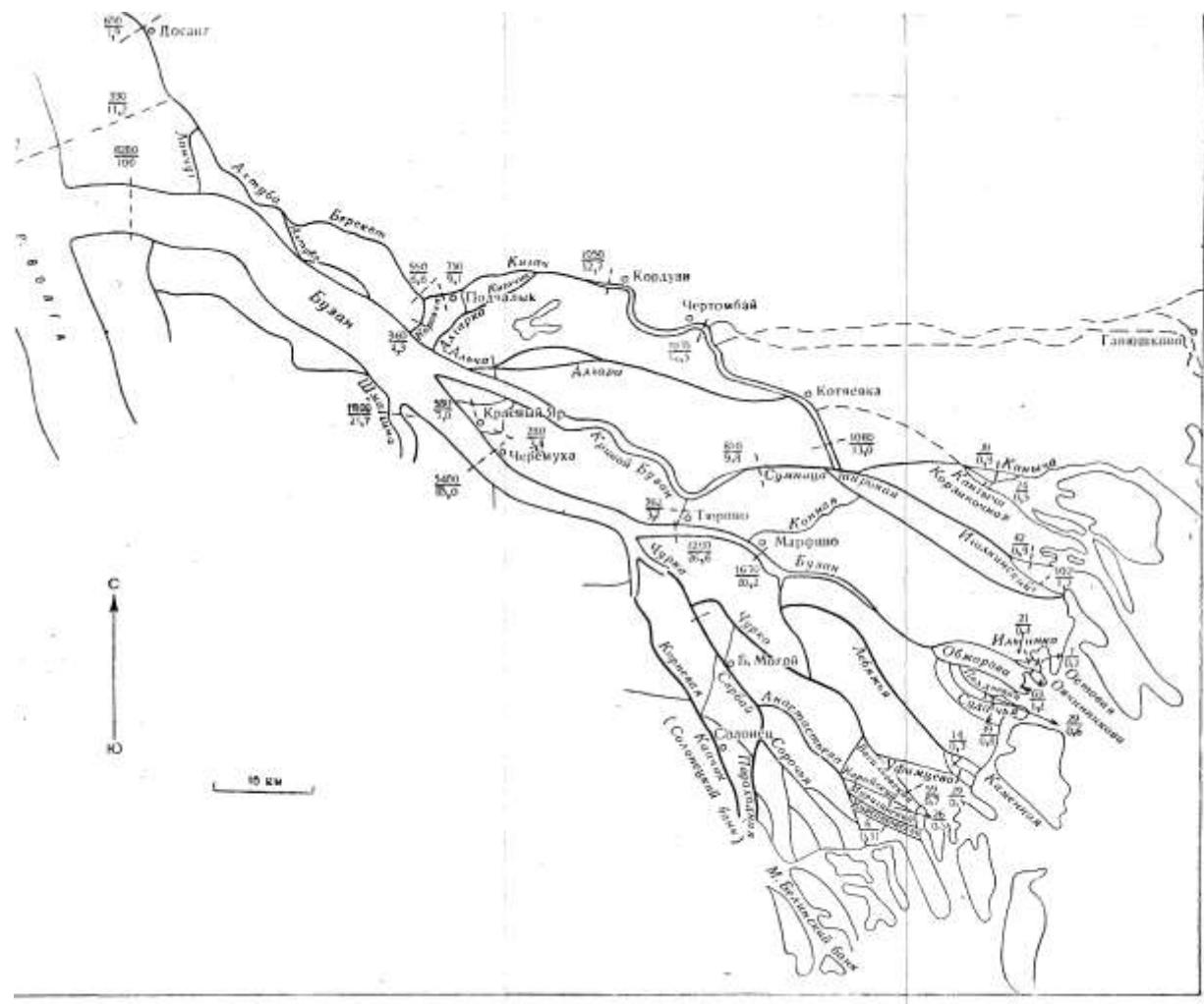


Рис. 59. Схема распределения стока в системе Бузана при отметке уровня воды у Астрахани - 22 м абсолютной высоты.

В числителе – расход в м³/сек., в знаменателе – процент от расхода в первом Гуське.

Наглядное представление об общем распределении стока в системе Бузана в период половодья (при отметке уровня — 22,00 м) дано на рис. 59. На схеме ширина водотоков, вычерченных двумя линиями, соответствует величине расхода в масштабе 1 мм — 1000 м³/сек. Жирные линии показывают значительную водность рукавов и протоков с расходами больше 1000 м³/сек. Тонкими линиями показаны водотоки с расходами воды менее 1000 м³/сек. Прерывистой жирной линией обозначены гидростраторы. Числитель дроби, стоящей возле условных обозначений гидростраторов, означает величину расходов в м³/сек., а знаменатель — расход в процентах от расхода Бузана в истоке.

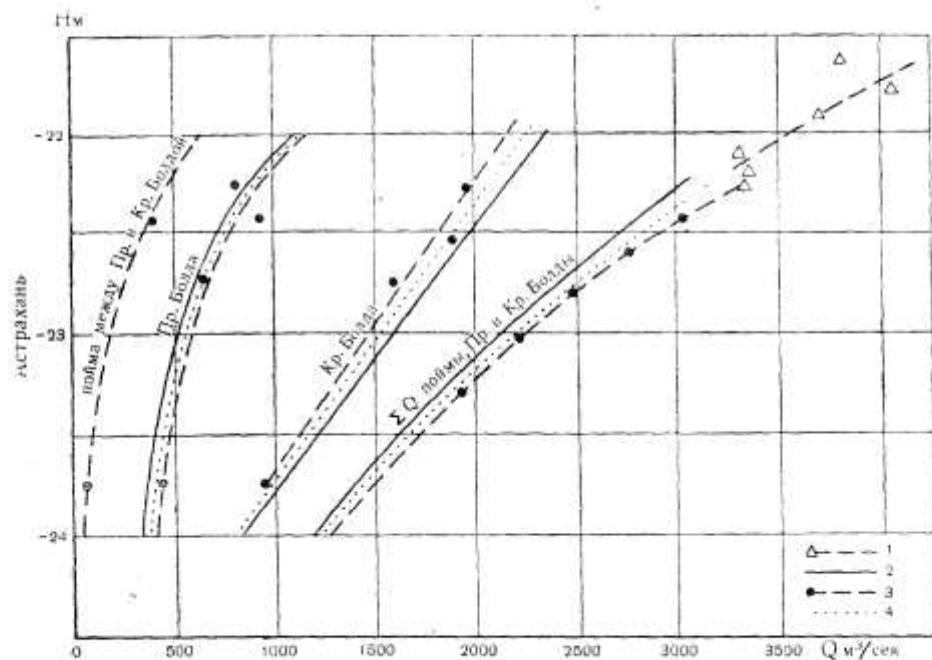


Рис. 60. Кривые $Q = f(H)$ Болды за 1904 и 1908 гг.
1 — 1908 г.; 2 — по магистрали «А», 1904 г.; 3 — 940 м ниже магистрали «А», 1904 г.; 4 — средняя суммарная кривая расходов Болды.

Сток системы Болды

Основная масса волжских вод после отделения от Волги рукава Бузан направляется дальше вниз к морю, причем лишь в 46 км ниже вершины дельты, в районе Астрахани, от Волги отделяется второй основной рукав — Болда, который в 0,7 км от своего истока разделяется на Кривую Болду и Прямую Болду. На 16 км своего пути Прямая и Кривая Болды вновь соединяются проравом (протоком), идущим от Кривой Болды в Прямую. С этого места правый проток коренного русла принимает название Большой Болды, а левый — Рычана.

В 1904 и 1908 гг. Строительным управлением Астраханской железной дороги производились гидрометрические измерения в дельте Волги, в том числе и на Болде. Через Болду проходили два профиля по двум варнантам пересечения дельты линией железной дороги и один профиль у Казачьего Ерика. Материалы наблюдений позволили построить кривые расходов воды Болды (рис. 60). Как видно из графика, средняя кривая по двум створам хорошо совпадает с данными 1908 г.

Из табл. 73 видно, что расход воды Кривой Болды почти в 2 раза больше расхода Прямой Болды. С ростом уровней значительно возрастает расход поймы. При повышении отметки уровня воды с —22,00 до —24,00 м доля расхода поймы увеличивается с 3 до 16,2%, т. е. более чем в 5 раз, а сам расход воды — с 40 до 630 м³/сек., т. е. в 15 раз.

Таблица 73

Распределение расходов воды по рукавам Болды в зависимости от отметки уровня

Отметка уровня по Астраханскому водомерному посту, м	Прямая Болда		Кривая Болда		Пойма между ними		Суммарный расход	
	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%
—24,00	(410)	31,1	(870)	65,9	(40)	3,0	1 320	100
—23,00	580	26,2	1 450	65,6	180	8,2	2 210	100
—22,00	(1 075)	27,5	2 200	56,3	(650)	16,2	3 905	100

Если расход воды поймы отнести к Прямой и Кривой Болде пропорционально их расходам, т. е. третью часть расхода воды поймы к Прямой Болде, а две трети к Кривой Болде, тогда при отметке уровня —24,00 м расход воды Прямой Болды оказывается равным 423 м³/сек., а Кривой Болды — 896 м³/сек., а при отметке уровня —22,00 м соответственно 1290 и 2690 м³/сек. Таким образом, на Прямую Болду при отметке уровня —22,00 м приходится 32,1%, при отметке уровня —24,00 м — 32,9% расхода воды Болды до разделения ее на рукава Прямую и Кривую Болду.

Построенная по данным наблюдений Волжской устьевой гидрометстанции за период 1942—1953 гг. кривая $Q = f(H)$ для истока Рычана (у Яманцуга) показана на рис. 61. Она имеет такую же петлеобразную форму, как и кривые для Бузана и Волги. До отметки уровня —25,00 м увеличение расходов воды происходит медленно — всего на 140 м³/сек. на 1 м повышения уровня воды. В дальнейшем интенсивность увеличения расходов воды с повышением уровня увеличивается.

Нанесенные на этот график данные гидрометрических наблюдений за прошлые годы показывают, что совпадают с кривой 1942—1953 гг. только данные 1926 г. Точки расходов воды, измеренных в 1904 г., легли значительно правее, т. е. сток был больше, чем в период 1942—1953 гг. Точки же, нанесенные по данным наблюдений 1936—1940 гг., в большинстве оказались несколько левее, что можно, вероятно, объяснить меньшей точностью измерения расходов воды. Если судить по графику связи площадей водного сечения с уровнями воды, представленному на рис. 62, то уменьшение стока Рычана за период 1942—1953 гг., по сравнению с данными 1904 г., связано, возможно, с уменьшением площадей водного сечения. Это уменьшение больше при низких уровнях. График $v = f(H)$ (рис. 58) никаких изменений скоростей течения не показывает, хотя точки на графике несколько разбросаны.

В среднем за последние 17 лет расход воды Рычана оказался равным 266 м³/сек., что соответствует стоку 8,4 км³ в год. Наибольший расход воды имеет июнь — 887 м³/сек., наименьший — декабрь — 66 м³/сек. В то время как средний расход паводочного периода равен 559 м³/сек., средний расход воды зимнего периода равен всего 86 м³/сек. (табл. 74).

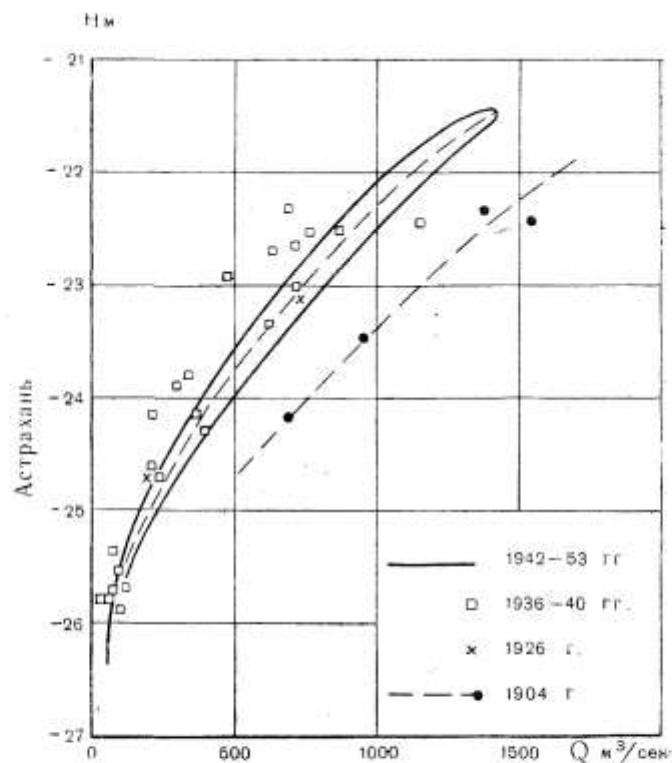


Рис. 61. Связь расходов воды в истоке Рычана с уровнями воды Волги у Астрахани.

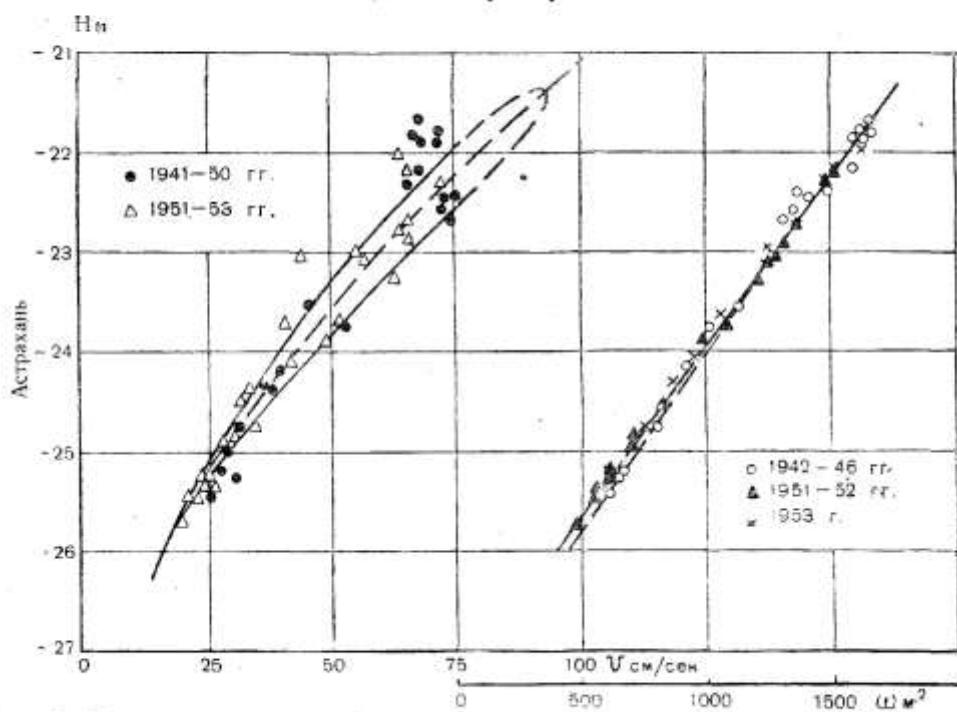


Рис. 62. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Рычана с уровнями воды Волги у Астрахани.

Таблица 74

Внутригодовое распределение стока Рычана в истоке

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний, м ³ /сек.	76	99	163	197	738	887	414
Суммарный, км ³	0,20	0,24	0,27	0,51	1,98	2,24	1,12
% от годового стока	2,4	2,9	3,2	6,0	23,4	26,5	13,2
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	2,8	3,0	3,1	3,2	3,8	3,9	3,9
	VIII	IX	X	XI	XII	год	Среднее
	IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI			
Средний, м ³ /сек.	178	137	140	156	66	266	356
Суммарный, км ³	0,48	0,36	0,38	0,51	0,17	8,40	7,58
% от годового стока	5,7	4,3	4,4	6,0	2,0	100	89,5
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	3,9	3,2	3,0	3,2	3,3	3,6	3,5
							3,0
							3,7
							3,3

Наибольший расход воды за исследуемый период колеблется от 730 до 1290 м³/сек. (б VI 1947 г.). Летние минимальные расходы изменились от 55 до 180 м³/сек., зимние же — от 22 до 90 м³/сек. Более подробные данные о характерных расходах приведены в табл. 75.

Рычан за два паводочных месяца уносит 50% своего годового стока. За четыре месяца (IV—VII) проходит 69% всего стока. На летне-осеннюю межень (VIII—XI) приходится 20%, а на зимнюю (XII—III) — 11% годового стока.

Меньшие амплитуды колебаний дают цифры, выражающие годовой ход стока Рычана в процентах от стока Волги у Верхне-Лебяжьего. Наименьший процент стока приходится на январь — 2,8%, наибольший — на июнь — август — 3,9% от стока Волги. В период половодья (IV—VII) Рычан уносит 3,7, а зимою (XII—III) — 3,0% стока Волги.

Среднегодовой сток рукава Рычан в истоке равен 3,6% от стока Волги. Однако ниже по течению сток рукава претерпевает значительные изменения вследствие раздробления на более мелкие протоки, а также и вследствие притока вод из системы Бузана.

Наиболее полные гидрометрические измерения на всем протяжении Белинского фарватера, от Кривой Болды до взморья, были проведены в 1939—1940 гг. Центроморпроектом. Расходы измерялись на 16 основных гидростворах (табл. 76). На основании этих гидрометрических работ построены графики связи расходов с уровнями воды. Ниже дается характеристика распределения расходов воды по длине Белинского водного пути.

Таблица 75

Характерные расходы воды Рычана

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м³/сек.	дата	летне-осенние		зимние	
			м³/сек.	дата	м³/сек.	дата
1937	730	21—23 V	85	18—19 X	50	30 XI 1936
1938	960	9—13 VI	60	19—20 X	60	5 I
1939	975	11 VI	70	8 X	50	24 XII 1938
1940	975	5—6 VI	55	30 XI	40	5 I
1941	1 080	22 VI—10 VII	100	11 X	45	27 XII 1940
1942	1 200	13—18 VI	115	11 X	70	11—12 XII 1942
1943	1 020	4—6 VI	145	29 X	50	24 XII
1944	1 090	16—21 VI	180	7—10 IX	45	20—21 XII 1942
1945	750	7—14 VI	110	22 X	45	11—12 XII
1946	1 180	8 VI	115	25—29 IX	65	20 XII
1947	1 290	5 VI	180	21 IX	70	19—20 XII
1948	1 140	7—8 VI	120	15 X	50	1 I
1949	960	19—25 VI	85	19 X	54	25 XII 1948
1950	875	3—4 VI	90	10 XII	40	23 XII
1951	1 030	26—28 V	85	6—11 X	90	3—5 I
1952	920	13 VI	129	9—13 IX	22	31 XII
1953	1 090	3—4 VI	118	4—5 IX	23	1 I
Наибольшие	1 290	1947	180	1944	90	1951
Наименьшие	730	1937	55	1940	22	1962

Таблица 76

Список гидростворов Центроморпроекта в период работ 1939—1940 гг.

№ гидроствора	Водоток	Пункт	Расстояние от истока Кривой Болды, км
1	Кривая Болда	в 2 км выше Яманцуга	15
2	Рычан	Яманцуг	16,5
3		в 0,15 км ниже истока Быстрой . . .	20,6
4	Быстрая	в 0,5 км ниже истока	20,5
5	Кашкалдак	в 0,5 км выше устья	
6	Бушма	перед слиянием с Кашкалдаком . . .	41,0
7	Шага-Бушма	в 0,2 км выше ерика Жиротопный . . .	55,0
8		ниже истока ерика Жиротопный . . .	55,0
9		в 4,5 км выше Зеленги	56,5
10		в 0,5	60,0
11	Зеленга	в 0,3 км ниже истока	64,0
12	Полдневая	в 0,3	64,0
13	Стариков	в 0,2 км ниже Зеленги	64,0
14	Белинский бак	ниже истока на 2,3 км	68,0
15	Старо-Белинский бак	в 0,5 км ниже истока (в 0,5 км ниже о. Революционного)	76,0
16	Революционный бак	в 1 км ниже истока	76,0

Так как верховье дельты от истока Бузана до Болды характеризуется ничтожным развитием межениной речной сети, представленной лишь Сухим Бузаном и Рычей, узкими и малопроточными ериками, то здесь дается характеристика только расходов Рычи. На основании данных гидрометрических измерений 1940—1941 и 1952—1953 гг. построена кривая $Q = f(H)$ для Рычи (рис. 63). Этот рукав, приняв часть вод Бузана из протока Шмагина, отдает почти весь свой сток в систему Белинского фарватера.

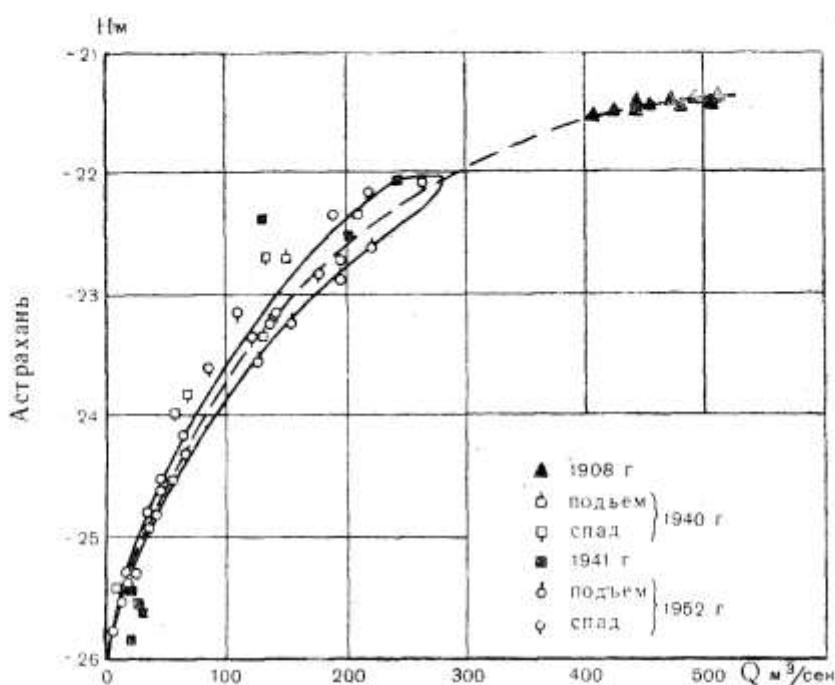


Рис. 63. Кривые $Q = f(H)$ для Рычи.

Среднегодовой расход воды Рычи в 1953 г. равен $56 \text{ м}^3/\text{сек.}$, наибольший расход периода половодья — $263 \text{ м}^3/\text{сек.}$, наименьший летний — $10 \text{ м}^3/\text{сек.}$, наименьший зимний — $2 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (табл. 77).

Таблица 77
Распределение расходов воды Рычи ($\text{м}^3/\text{сек.}$) по месяцам за 1952 и 1953 гг.

Расходы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1952													
Средние . .	—	—	—	8	89	193	92	28	17	31	—	—	—
Наибольшие	—	—	—	17	173	206	170	36	29	39	—	—	—
Наименьшие	—	—	—	2	14	171	31	16	12	27	—	—	—
1953													
Средние . .	10	27	24	36	206	195	40	15	12	43	55	7	56
Наибольшие	22	27	28	99	263	260	76	18	18	62	68	20	—
Наименьшие	3	23	17	13	103	78	18	11	10	18	22	2	—

На протоке Шмагина систематических наблюдений за расходами воды производилось.

Распределение расходов воды по длине Белинского водного пути ме-
няется при разных уровнях воды Волги (табл. 78).

Таблица 78

Распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в системе Кривой Болды
(Рычана) — Белинского банка в зависимости от уровней воды в Волге

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м				
		-26,00	-25,00	-24,00	-23,00	-22,00
Кривая Болда	в 2 км выше Яманцуга . . .	20	420	920	1 520	2 200
Рычан ¹	Яманцуг	55	200	430	740	1 100
		40	165	400	740	1 260
Быстрая	в 0,5 км ниже истока . . .	10	80	170	260	370
Рычан	в 0,15 км ниже истока Быстрой . . .	—	100	310	640	1 050
Яблонка	в 2,3 км ниже истока . . .	—	35	125	320	620
Собачий	исток	—	—	10	60	115
Бушма	перед слиянием с Кашкаалдаком . . .	10	45	120	200	375
Рыча	исток	5	30	80	160	270
Шмагина		140	210	540	1 160	1 800
Кашкаалдак	в 0,5 км выше устья . . .	—	300	830	1 500	2 200
Шага-Бушма	в 0,2 км выше истока ерика Жиротопный	—	350	880	1 450	2 100
	Нижнеистока ерика Жиротопный . . .	—	350	920	1 620	2 540
	в 4,5 км выше Зеленги . . .	—	370	860	1 440	2 230
	Зеленга (в 0,5 км ниже ерика Кустового)	80	420	860	1 360	1 890
Зеленга	в 0,3 км ниже истока . . .	80	300	570	870	1 260
Полдневая	в 0,3 км ниже Зеленги . . .	0	80	260	450	570
Стариков	в 0,2	0	40	100	170	240
Солонецкий банк	Солонец	при уровне — 25,30 м $97 \text{ м}^3/\text{сек.}$				
Пароходная	Алексеевка	— 25,30 . 62 .				
Белинский банк	в 2,3 км ниже истока . . .	100	460	880	1 400	2 000
Старо-Белинский банк	в 1,0 км ниже острова Рево- люционного (в 0,5 км ниже истока) . . .	40	180	350	550	800
Революционный банк	в 1,0 км ниже истока . . .	100	200	320	440	550

Кривая Болда в 15 км от истока до соединения с Прямой Болдой изме-
няет свой расход от 2200 $\text{м}^3/\text{сек.}$ при отметке уровня — 22,00 м до
420 $\text{м}^3/\text{сек.}$ при отметке уровня — 25,00 м, т. е. при падении уровня воды
на 3 м величина расхода воды уменьшается в 5,2 раза. Ниже Кривая Болда
принимает название Рычан, расход которого оказывается почти в 2 раза
меньше, т. е. половина стока уходит в Прямую Болду. При отметке
уровня — 22,00 м расход воды равен только 1100 $\text{м}^3/\text{сек.}$ На 19-м кило-
метре от истока Кривой Болды Рычан отделяет от себя слева ряд ериков,
а на 21-м км — проток Быструю, расход воды которого в период пого-
водья равен 370 $\text{м}^3/\text{сек.}$, а в межень 80 $\text{м}^3/\text{сек.}$. Несколько ниже Рычан
отделяет от себя справа проток Яблонку, который интенсивно увеличивает

Гидроствор Волжской устьевой гидрометстанции (1942—1953 гг.).

свой сток в половодье. Его расход при уровне —22,00 м почти в два раза больше расхода Быстрой, в межень же он, наоборот, в 2 раза меньше, а в весьма маловодный период года сток практически отсутствует.

Отделив еще целый ряд мелких ериков и слева и справа, коренной рукав принимает название Бушма, которая справа отделяет относительно многоводный ерик Собачий, действующий главным образом только в период половодья. Расход его при отметке уровня —22,00 м равен 115 м³/сек. и уменьшается до 10 м³/сек. уже при отметке уровня —24,00 м.

Перед слиянием с Кацкалдаком Бушма уменьшает расход до 375 м³/сек. в половодье и 45 м³/сек. в межень, т. е. расход уменьшается на протяжении 25 км в половодье в 3 раза, а в межень в 4 раза. Отношение же расхода половодья к расходу межени увеличивается до 8,3.

Слившись с Кацкалдаком, рукав принимает название Шага-Бушма. Воды Кацкалдака являются большей частью водами Рычи и Бузана, поступающими через проток Шмагина, и водами ериков, отходящих от Рычана и Бушмы слева.

Величина расхода Рычи у истока почти в полтора раза меньше расхода Бушмы, однако расход протока Шмагина в истоке в 5 раз больше расхода Бушмы.

После отделения еще нескольких ериков расход коренного рукава системы Кривой Болды — Белинского банка (Шаги-Бушмы) при отметке уровня —22,00 м оказывается равным 2100 м³/сек., т. е. через 9 км в период половодья, расход этого рукава стал в 5,6 раза больше. В то же время он сравнялся с расходом Кривой Болды на 15-м километре от истока и стал в 2 раза больше расхода Рычана в истоке (на 16,5-м километре от истока Кривой Болды).

В межень расход Шаги-Бушмы равен 350 м³/сек. Водность Шаги-Бушмы сохраняется почти одинаковой до разветвления ее на ряд протоков, несколько уменьшаясь на протяжении последних километров. На 64-м километре пути от истока Болды Шага-Бушма разделяется на 3 протока: Зеленгу, Польневую и ерик Стариков. Наиболее многоводной является Зеленга. Ее расход при отметке уровня —22,00 м равен

Таблица 79

Распределение стока (%) рукава Шага-Бушма по водотокам при его разветвлении

Водоток	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м	
	-25,00	-22,00
Зеленга	71,5	58,0
Польневая	19,0	30,9
Стариков	9,5	11,1
Шага-Бушма	100	100

1260 м³/сек., а при отметке уровня —25,00 м — 300 м³/сек. Вообще же в этом узле сток по трем протокам распределяется следующим образом: в период межени основной сток проходит по Зеленге — 71,5%, а в период половодья увеличивается доля стока Польневой и уменьшается доля стока Зеленги до 58% (табл. 79).

Через 1,5—2,0 км пути Зеленга отделяет ерик Сахарный, а несколько ниже она еще раз делится на 2 протока: правый — Пермякова и левый —

кая. Через 3,0—3,5 км ниже с. Зеленга все 3 протока сходятся и в начало Белинского банку. В него через Пароходную и Солонецкий вливается часть вод Бузана.

При отметке уровня —25,30 м расход Солонецкого банка равен 7 м³/сек., а Пароходной —62 м³/сек. Расход Зеленги при этом уровне равен всего 200 м³/сек.

Расход Белинского банка в истоке почти равен расходу Кривой Болды и в 2 раза больше расхода Рычана у его истока. При отметке уровня —22,00 м расход Белинского банка равен 2000 м³/сек., в межень при уровне —25,00 м —460 м³/сек. В очень маловодную межень, при отметке уровня —26,00 м, расход воды Белинского банка в 5 раз больше расхода Кривой Болды и в 2 раза больше расхода Рычана. При падении уровня на 3 м, с —22,00 до —25,00 м, расход Белинского банка уменьшается только в 4,3 раза.

На 76-м километре от истока рукава Болда Белинский банк делится на Старо-Белинский банк и Революционный банк. В период половодья действует также и ряд других протоков.

Расход воды Старо-Белинского банка в половодье равен 800 м³/сек., а Революционного —550 м³/сек., в межень расход Революционного банка становится больше расхода Старо-Белинского банка и в весьма маловодную межень (при отметке уровня —26,00 м) он равен 100 м³/сек., в то время как расход Старо-Белинского банка составляет только 40 м³/сек. Распределение расходов воды на 76-м километре Белинского водного пути при меженином ($-25,00$ м) и половодном ($-22,00$ м) уровнях показано в табл. 80.

Таблица 80
Распределение стока (%) Белинского банка по водотокам при его разветвлении

Водоток	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м	
	—25,00	—22,00
Старо-Белинский банк .	39,1	40,0
Революционный банк .	43,5	27,5
Другие рукава . . .	17,4	32,5
Белинский банк . . .	100	100

Из табл. 80 видно, что Старо-Белинский банк имеет постоянную долю расхода как в межень, так и в половодье (около 40%). Революционный банк увеличивает свою долю от половодья к межени почти в два раза (от 27,5 до 43,5%) и в межень она становится больше доли расхода Старо-Белинского банка.

Дельта системы Кривой Болды — Белинского банка, как и дельты других систем, постепенно разрастается, появляются новообразования на выходных участках водотоков. Все это связано с формированием новых русел на морском крае дельты, а также с возможностью перераспределения стока в протоках приморской части дельты. Так, после 1872 г. изменил свое основное направление сток реки Шага-Бушма. Раньше воды ее стекали на юг в направлении нынешнего рукава Поздневая. Затем Шага-Бушма резко отклонилась влево, и основным рукавом стала Зеленга [216].

Но еще и сейчас Поздневая увеличивает свой расход в половодье по сравнению с меженью более чем в 8 раз, в то время как сравнительно молодое русло Зеленги только в 4 раза.

Расходы воды Кривой Болды в 15 км от истока в основном русле постепенно уменьшаются и на 41-м километре составляет при отметке уровня —25,00 м около 11%, а при отметке уровня —22,00 м 17%, затем вследствие притока вод из системы Бузана и Рычи по Кашкальдаку он на 60-м километре увеличивается до 100% в межень и до 85,9% в период половодья, а на 68-м километре — соответственно до 109,5 и 90,9% (табл. 81).

Таблица 81
Распределение расходов воды в системе Кривой Болды — Белинского банка от истока до устья в % от расхода Кривой Болды у истока (в 2 км выше прорана Яманцуг)

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м	
		—25,00	—22,00
Кривая Болда	в 2 км выше Яманцуга	100	100
Рычан ¹	Яманцуг	47,6	50,5
Рычан	36,9	57,3
Быстрая	в 0,5 км ниже истока	19,0	16,8
Рычан	в 0,15	23,5	47,7
Яблонка	в 2,3	8,3	28,2
Собачий	исток	—	5,2
Бушма	перед слиянием с Кашкальдаком	10,7	17,0
Рыча	исток	7,1	12,3
Шмагина	50,0	81,8
Кашкальдак	в 0,5 км выше устья	71,4	100,0
Шага-Бушма	в 2 км выше истока Жиротопного	83,3	95,4
	ниже истока Жиротопного	83,3	115,5
	в 4,5 км выше с. Зеленга	88,1	101,4
	с. Зеленга (в 0,5 км ниже истока Арика Кустовой)	100,0	85,9
Зеленга	в 0,3 км ниже истока	71,4	57,3
Поздневая	в 0,3 км ниже с. Зеленга	19,0	30,5
Стариков	в 0,2	9,6	10,9
Солонецкий банк	с. Солонец	при уровне —25,30	40,4
Пароходная	Алексеевка	при уровне —25,30	25,8
Белинский банк	в 2,3 км ниже истока	109,5	90,9
Старо-Белинский банк	в 0,5	42,9	36,4
Революционный банк	в 1	47,6	25,0

Расход воды Кашкальдака по отношению к расходу Кривой Болды составляет в половодье 100 и в межень 71%.

Расход воды Солонецкого банка и протока Пароходная при уровне —25,30 м составляет соответственно 40 и 26% по отношению к расходу Кривой Болды.

Таким образом, можно предположить, что без притока вод Бузана и Рычи через Кашкальдак система Кривой Болды — Белинского банка перестала бы доносить волжские воды до моря, теряя их почти полностью уже на первой трети своего пути. Без притока вод Бузана через Солонецкий банк и проток Пароходную не существовало бы, вероятно, и более или менее многоводного Белинского банка. Из Белинского банка сток двумя основными рукавами — Старо-Белинским банком и Революционным банком поступает в Большой Белинский банк и дальше в море.

¹ Гидроствор Волжской устьевой гидрометстанции (1942—1953 гг.).

Таблица №2

Внутригодовое распределение расходов воды (м³/сек.) водотоков нижней части системы Кривой Болы — Белинского банка за 1939—1940 гг. (по данным Центроморпроекта)

Водоток	Год												Лето IV-VIII	
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Х		
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	M ³ /СЕК.	
Шага Гумма	176	100	108	100	94	100	134	100	125	100	402	100	1320	100
Зеленца	137	78	100	93	86	92	118	88	111	88	306	76	855	65
Полдесная	25	15	7	10	11	2	11	9	90	23	323	25	460	32
Стариков	7	4	2	4	4	7	5	7	5	37	9	154	12	
Сумма расходов трех ручьев	169	97	109	102	100	107	127	95	129	102	433	108	1332	102
Белинский банк	224	100	198	100	131	100	182	100	174	100	456	100	1370	100
Старобелинский банк	84	34	72	36	50	38	66	37	70	40	189	42	473	35
Ремонтно-монтажный банк	153	63	128	65	80	61	99	54	105	60	208	45	424	31
Сумма расходов двух рукавов	247	97	200	101	130	99	165	91	175	100	397	87	897	66
													102382	77
													99206	93231
													77219	1400
													157100	1430
													67	67

Современное распределение стока основного ствола Белинского направления находится, очевидно, в очень благоприятных условиях, так как к этому стволу постепенно перемещаются воды из системы Бузана. Кроме того, система Болды расположена вдоль низины (депрессии), разделяющей повышенные районы дельтовой равнины, препятствующие дальнейшему перемещению вод восточной части дельты на запад. Влияние этой низины на поверхностный сток подтверждается очень большими уклонами в течение года, связанными, очевидно, с уклонами суши рек Нижне-Быстремькая и Макарка. Нижне-Быстремькая имеет уклон на северо-восток, а Макарка — в обратном направлении. Таким образом, направления этих протоков характеризуют скаты в низине.

Внутригодовое распределение расходов воды на двух узлах нижней части системы Кривой Болды имеет следующие общие характеристики. На Зеленгинском узле 72% стока приходится на Зеленгу, 23% на Полдневую и 10% на Стариков. Суммарный расход воды этих трех рукавов несколько больше расхода на выходном створе Шаги-Бушмы, очевидно, вследствие добавочного притока по более мелким ерикам. Доля Зеленги в летний сезон уменьшается на 17%, в то время как расход Полдневой увеличивается на 9%, а ерика Стариков на 8% по сравнению с расходами в осенне-зимний сезон (табл. 82).

На Белинском узле только 77% среднегодового стока воды направляется в Старо-Белинский и Революционный банки, причем, если доля Старо-Белинского банка остается в течение года почти постоянной (35—40%), то доля Революционного банка в осенне-зимний период увеличивается более чем в два раза (от 30 до 65%). Интенсивная «работа» Революционного банка в межень указывает на то, что этот банк является более молодым и более деятельным по сравнению со Старо-Белинским банком.

В летний период (IV—VIII), включающий и период половодья, через Старо-Белинский и Революционный банки проходит только 67% стока Белинского банка, 33% уходит в море по другим протокам. В осеннюю и зимнюю межень сток Белинского банка целиком распределяется между Старо-Белинским и Революционным банками.

Годовой сток Белинского банка на 17% больше стока на выходном створе Шаги-Бушмы.

Сток Шаги-Бушмы равен 13,7 км³ в год. Суммарный сток трех рукавов равен 14,4 км³ в год (Зеленги 9,8 км³, Полдневой 3,2 км³, Старикова 1,4 км³). Ниже по течению сток несколько увеличивается за счет стока неучтенных водотоков, и через Белинский банк проходит 16,05 км³ воды в год.

Сравнение графиков внутригодового распределения расходов воды в процентах от годового расхода за 1940 г. показывает, что наибольший среднемесячный расход на выходном участке наступает на один месяц позднее, чем в истоке рукава. Расходы на подъеме меньше, зато в период межени расходы в Белинском банке больше, чем в истоке Рычана. Однаковые величины среднемесячных расходов и в истоке, и в Белинском банке отмечены только в апреле (рис. 64).

Наибольший расход воды Белинского банка оказывается несколько превышающим наибольший расход вышерасположенной Шаги-Бушмы, что можно объяснить неучтеною приточностью воды по мелким ерикам (табл. 83).

Правый рукав Болды, называемый Большой Болдой, приняв в 15 км от истока почти половину стока Кривой Болды, через несколько километров пути направляется на юг.

Наиболее многочисленные наблюдения за расходами воды на Большой Болде производились Волжской устьевой гидрометстанцией с 1941 г.

Сравнивая эти расходы и расходы 1936—1940 гг. с более ранними изменениями, можно предположить, что сток Большой Болды за последнее двадцатилетие увеличился.

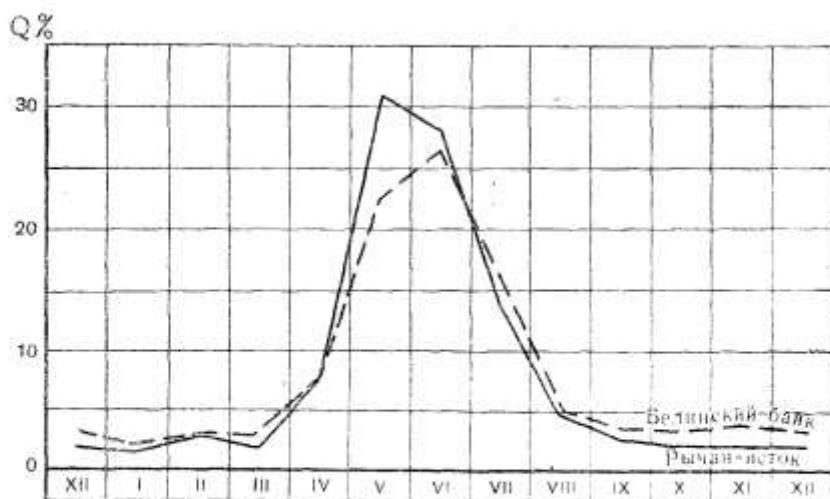


Рис. 64. Гидрографы среднемесячных расходов Рычана и Белинского банка в процентах от среднегодовых расходов.

Таблица 83

Наибольшие расходы воды водотоков нижней части системы Кривой Болды—Белинского банка в 1940 г.

Водоток	Дата	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м	Максимальный расход, м ³ /сек.
Шага-Бушма	7—11 VI	-22,30	1 760
Зеленга	7—11 VI	-22,30	1 110
Полдневая	7—11 VI	-22,30	610
Стариков	7—11 VI	-22,30	216
Белинский банк	10—12 VI	-22,23	1 840
Старо-Белинский банк . . .	10—12 VI	-22,23	680

Точки расходов 1904 и 1926 гг. расположились значительно левее точек последующих лет (рис. 65).

Наименее интенсивное увеличение расходов воды Большой Болды при повышении уровня воды происходит до отметки уровня —25,00 м. В дальнейшем интенсивность нарастания расходов несколько увеличивается и выше отметки уровня —24,00 м остается почти одинаковой.

Анализ графиков площадей водного сечения показывает некоторое общее уменьшение площадей в 1951—1953 гг. по сравнению с периодом 1942—1946 гг. (рис. 66). Так как за более ранний период данные о площадях водного сечения отсутствуют, то нет возможности установить изменения, произошедшие в них за период значительного последнего понижения уровня Каспия.

Изменений в распределении скоростей течения в зависимости от уровней воды по имеющимся данным за последнее десятилетие не обнаружено (рис. 66).

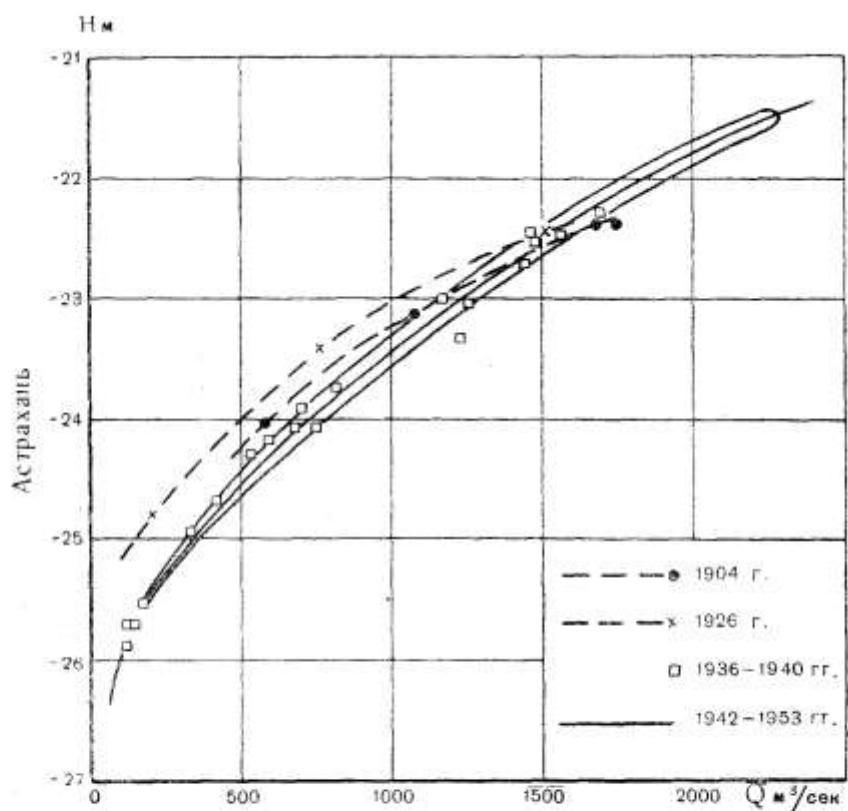


Рис. 65. Связь расходов воды в истоке Большой Болды с уровнями Волги у Астрахани.

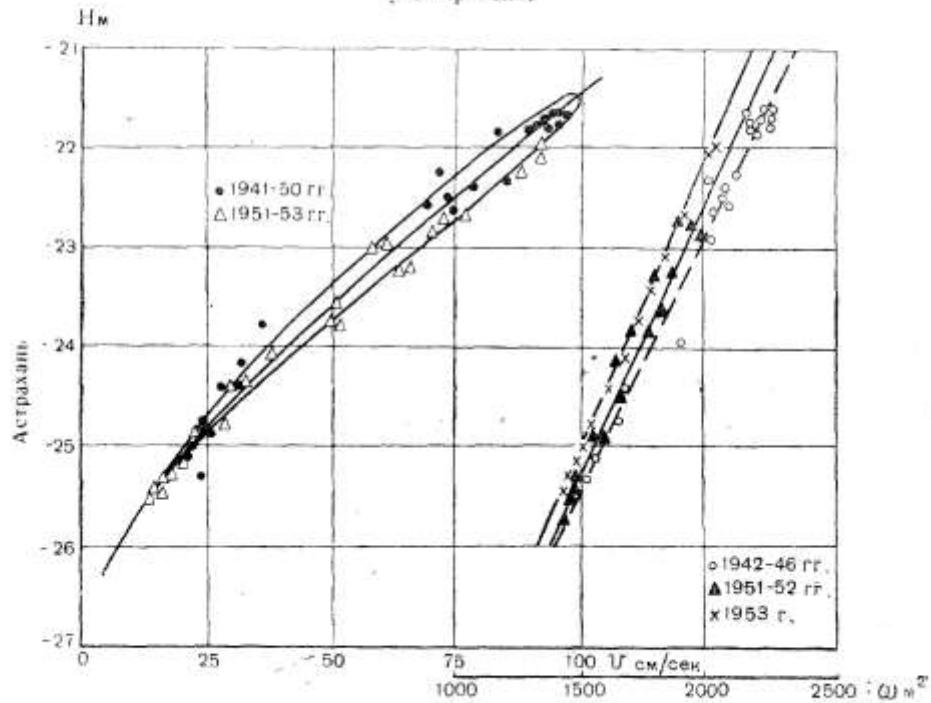


Рис. 66. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Большой Болды с уровнями воды Волги у Астрахани.

Среднегодовой расход Большой Болды, равный 464 м³/сек., соответствует стоку 14,7 км³ в год и почти в два раза больше расхода левой составляющей Болды — Рычана. Среднемесячные и сезонные величины расходов воды также почти в два раза больше расходов Рычана (табл. 84).

Таблица 84

Внутригодовое распределение стока Большой Болды у Началова

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Средний, м ³ /сек.	148	188	185	351	1240	1500	711	318	254
Суммарный, км ³	0,40	0,45	0,49	0,92	3,32	3,89	1,91	0,85	0,66
% от годового стока	2,7	3,1	3,4	6,3	22,5	26,6	13,0	5,8	4,5
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	5,2	5,8	6,6	5,8	6,4	6,6	6,8	6,1	5,9
Характеристика стока	X	XI	XII	год	IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI	
Средний, м ³ /сек.	266	286	120	464	616	160	950	281	
Суммарный, км ³	0,71	0,75	0,32	14,68	13,02	1,66	10,05	2,97	
% от годового стока	4,8	5,1	2,2	100	80,1	14,1	57,1	23,0	
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	6,0	5,9	5,5	6,3	6,2	5,8	6,4	6,0	

За период открытого русла Большая Болда уносит почти 13 км³ воды, т. е. почти 80 % годового стока, причем 10 км³ (57 % годового стока) приходится на период половодья (IV—VII) и около 3 км³ — на летне-осеннюю межень (23 % годового стока). За зимний период (XII—III) сток Большой Болды равен 1,67 км³, что соответствует 14,1 % годового стока. В июне проходит 26,6 % стока, а в декабре 2,7 %.

Величина стока Большой Болды изменяется от месяца к месяцу от 5,2 в январе до 6,8 % от стока Волги в июле. В среднем за год на Большую Болду приходится 6,3 % стока Волги, причем за зимний период ее доля меньше (5,8 %), а за период половодья больше (6,4 %).

За период 1937—1953 гг. наибольший расход наблюдался в 1947 г. и был равен 2450 м³/сек., наименьший — в 1950 г. — 55 м³/сек. Более подробные данные о характеристиках расходах воды в истоке Большой Болды помещены в табл. 85. Материалы о распределении стока по длине Большой Болды весьма скучны (табл. 86).

Имея в истоке довольно большой расход воды, Большая Болда уже к Тузуклею уменьшает его при отметке уровня —22,85 с 1320 до 416 м³/сек., т. е. почти в 3 раза (до 31,5 % от расхода у Началова). Наиболее крупным протоком, через который Большая Болда сбрасывает свой сток в Царев и затем в систему Камызяка, является Василиска. Расход его даже в низкую межень, при отметке уровня —25,31 м, равен 104 м³/сек. и составляет 43,3 % от расхода Большой Болды.

Ниже по течению, но несколько выше селения Тузуклей, Большая Болда разделяется на 3 протока, которые, в свою очередь, рассыпаются на множество мелких, в большинстве не доносящих свои воды до моря. Наиболее многоводным является Болдышка с ее левым протоком. В межень при отметке уровня —25,31 м она несет 5 м³/сек. воды, что составляет

Таблица 85

Характерные расходы воды Большой Болды

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м³/сек.	Дата	летне-осенние		зимние	
			м³/сек.	дата	м³/сек.	дата
1937	1 200	21—23 V	140	18—19 X	80	30 XII 1936
1938	1 440	9—13 VI	100	19—20 X	90	5 I
1939	1 460	11 VI	115	8 X	70	24 XII 1938
1940	1 610	5—6 VI	85	30 XI	65	5 I
1941	1 820	23 VI—10 VII	180	11 X	70	27 XII 1940
1942	2 150	13—18 VI	210	11 X	110	11—12 XII 1941
1943	1 700	4—6 VI	265	29 X	75	24 XII
1944	1 850	16—21 VI	320	7—10 IX	65	20—21 XII
1945	1 220	7—12 VI	205	22 IX	75	11—12 XII
1946	2 120	18/VI	220	25—29 IX	105	20 XII 1945
1947	2 450	5 VI	315	21 IX	115	19—20 XII
1948	1 950	7—8 VI	225	15 X	80	1 I
1949	1 540	19—25 VI	155	19 XII	90	25 XII 1948
1950	1 440	3—4 VI	55	10 XII	55	23 XII 1949
1951	1 720	26—28 V	150	6—11 X	160	3—5 I
1952	1 440	14—17 VI	379	23—25 X	76	31 XII
1953	1 870	28 V—1 VI	206	19—20 IX	85	26—29 XII
Максимальный	2 450	1947	379	1952	160	1951
Минимальный	1 200	1937	55	1950	55	1950

Таблица 86

Распределение стока по длине Большой Болды

Водоток	Пункт	Отметки уровня по Астраханскому водомерному посту, м				
		-26,00	-25,00	-24,00	-23,00	-22,00
Большая Болда	Началово	90	370	730	1 240	1 830
Василиска	выше Тузуклея	при уровне	-22,85	416	м³/сек.	
Трехизбинка	в 2 км ниже истока	"	-25,31	104	"	
Болдушка	исток	"	-25,31	0	"	
Левая Болдушка	в 1 км ниже истока	"	-25,31	5	"	
Тузуклей	исток	"	-21,93	36	"	
	"	"	-25,31	0	"	

ляет 2,1% расхода Большой Болды в истоке. Величина расхода ее левого протока — Левой Болдушки — при отметке уровня —21,93 м составляет 2,0% расхода Большой Болды.

Течения воды в Трехизбинке и в Тузуклее в низкую межень вообще не наблюдается.

Общая схема распределения стока в системе Болды при отметке уровня —22,00 м показана на рис. 67. В числителе у створов показан расход (м³/сек.), а в знаменателе — процент от стока в истоке системы. Ширина рукавов примерно отвечает их водности (в масштабе 1 мм — 1000 м³/сек.).

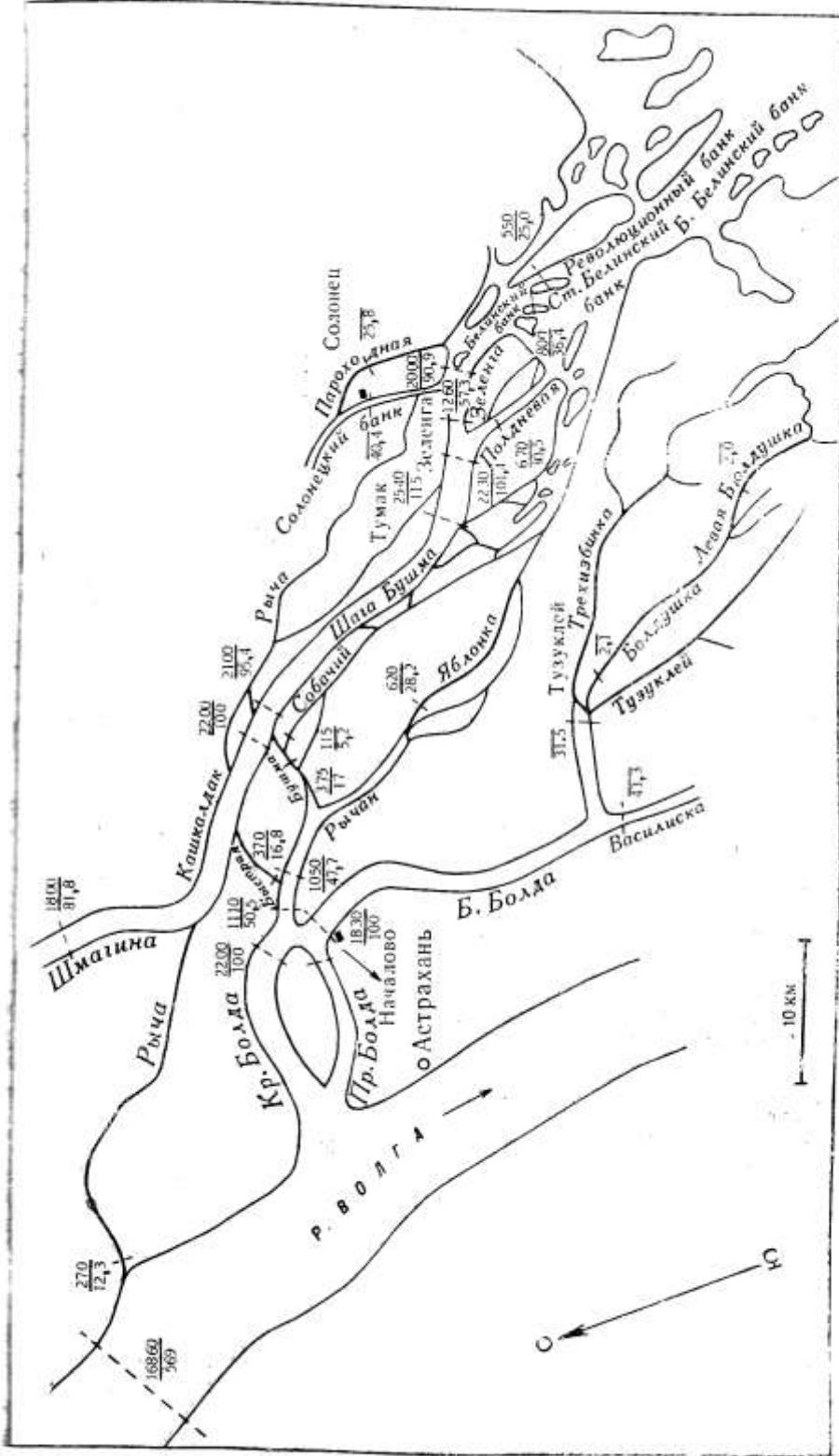


Рис. 67. Схема распределения стока в системе Волги при отметке уровня воды Волги у Астрахани — 22 м abs.
В числителе — расход в м³/с., в знаменателе — процент от расхода в истоке Волги. Насеченные пункты почеркнуты.

Сток в истоке главных рукавов западной части дельты

Течение волжских вод в западной части дельты в общем направлено на юг. После отделения Болды Волга на протяжении 14 км течет почти неразветвленным руслом. От нее отходят только мелкие рукава, самым большим из которых является Царев.

В 7 км ниже Астрахани от Волги отделяется Камызяк, а еще через 8 км Волга разделяется на Старую Волгу и Бахтемир. Таким образом, три перечисленных крупных рукава образуют «узел» истоков, в котором происходит основное распределение стока по территории западной части дельты.

Впервые измерение расходов воды на этом узле было произведено поплавками в 1846 г. Работы на Волге у Ново-Александровского на Бахтемире и Старой Волге в период 18—19 IX 1846 г. показали, что расход воды Волги в межень был равен $3070 \text{ м}^3/\text{сек.}$, из которого $1580 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 52%, приходится на Бахтемир и $1020 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 33%, на Старую Волгу. Остальные $470 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 15%, приходятся на Камызяк и мелкие рукава.

На основании последующих исследований Н. А. Балинский [22] отмечает, что «сопоставляя данные о расходах воды в Волге и протоках ее дельты 1887—1890 гг. и 1898 г. с графиками стояния уровня воды в устье Волги у Астрахани и Енотаевска, можно вывести с некоторою достоверностью, что при меженном уровне и спокойном море расход воды в Волге у Астрахани колеблется в пределах 200—300 саж.³/сек. ($1940—2910 \text{ м}^3/\text{сек.}$) и что из этого количества попадает в среднем в Бахтемир 31%, в Старую Волгу 46%, в Башмаковку 2,5% и в Мордань 12,5%» [22]. Эти данные, хотя и выведены на основании измерений расходов воды вертушкой, но значительно отличаются от предыдущих. Здесь почти половина расхода Волги приходится на Старую Волгу, а не на Бахтемир. Расход Камызяка оказался только на несколько процентов больше, чем по материалам 1846 г.

По данным В. В. Валединского и Б. А. Аполлова [60], за период 1885—1888 гг. через рукав Камызяк прошло 16,5%, Старую Волгу — 60% и Бахтемир — 33,5% стока западной части дельты.

В дальнейшем измерения расходов воды в этом районе производились в 1904 и 1908 гг. (у Астрахани, ниже отделения от нее рукава Болды) и в 1923—1925 гг. (у поселка Советского).

За период с октября 1924 г. по сентябрь 1925 г. годовой расход воды Волги у Советского равен $3260 \text{ м}^3/\text{сек.}$, причем на Бахтемир приходится $1165 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 34%, Старую Волгу — $1300 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 38% и на Камызяк — $935 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 28%. Наиболее подробно материалы по исследованию стока западной части дельты до 1926 г. изложены в упомянутом труде В. В. Валединского и Б. А. Аполлова [60].

По измерениям 1932—1933 гг. расход воды Бахтемира был равен $1100 \text{ м}^3/\text{сек.}$, что составляет 37% расхода воды Волги в западной части дельты, на Старую Волгу приходится $1040 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или уже только 35%, и на Камызяк — $830 \text{ м}^3/\text{сек.}$, или 28%, т. е. почти та же величина расхода, что и по данным 1923—1925 гг.

Исследования, проведенные в 1936—1939 гг. Волго-Каспийской рыбохозяйственной станцией ВНИРО и Севкаспрыбмелиостроем, дали следующую картину распределения стока по рукавам западной части дельты: в низкую межень при отметке уровня —26,00 м в Бахтемир идет 57,4% расхода воды, в Старую Волгу — 19,8% и в Камызяк — 22,8%; в паводок при уровне —22,36 м расход соответственно равен 46,0, 26,4 и 27,6%, т. е. процент расхода значительно увеличивается в паводок у Старой Волги и Камызяка и уменьшается в Бахтемире, что можно

объяснить преимущественным направлением стока дельты Волги в половодье в восточную часть дельты.

Данные 1936—1939 гг. показывают несколько преуменьшенное значение стока главных рукавов, так как по новейшим данным более точных гидрометрических измерений относительная роль стока малых рукавов и поймы оказывается в два раза меньше.

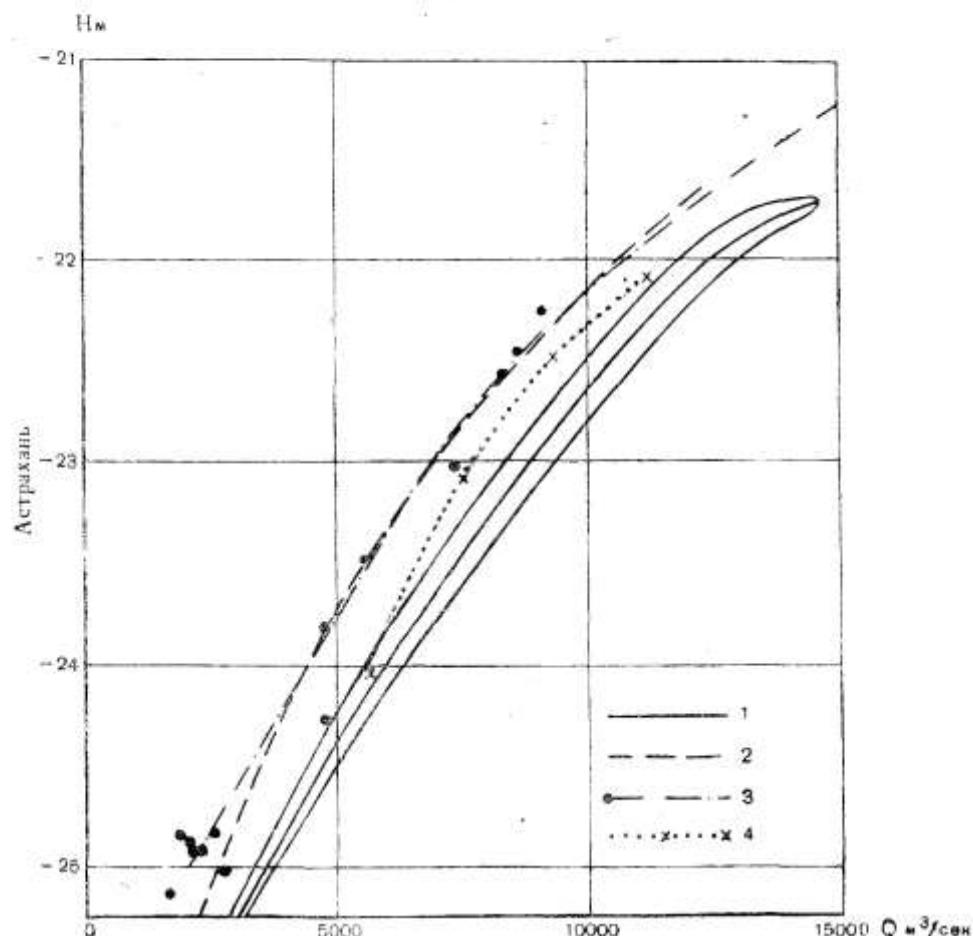


Рис. 68. Кривые $Q = f(H)$ Волги у поселка Советского и суммарные кривые трех основных рукавов западной части дельты.
1 — сумма расходов рукавов Камызяк, Бахтемир, Ст. Волга за 1937—1953 гг.; 2 — то же за 1924—1926 гг.;
3 — расход Волги у поселка Советского за 1923—1926 гг.; 4 — то же за 1904 г.

Как видно из рис. 68, кривая расходов воды $Q = f(H)$ трех рукавов (Бахтемира, Старой Волги и Камызяка) за период 1923—1926 гг. довольно хорошо совпадает с кривой расхода воды Волги у пос. Советского. В то же время кривая суммарного расхода воды этих рукавов за период 1937—1953 гг. лежит правее кривых 1904 и 1923—1926 гг. Это позволяет предполагать относительное увеличение расхода Волги у поселка Советского в 1937—1953 гг. по сравнению с 1904 и 1923—1926 гг.

Из табл. 87 видно, что расход воды Бахтемира в весьма низкую межень почти в три раза больше расхода Камызяка и в три раза с лишним больше расхода Старой Волги. В высокое половодье расход воды Бахтемира почти в полтора раза больше, чем расход Камызяка и почти

Таблица 87

Среднее распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) по трем основным западным рукавам дельты за 1937—1953 гг.

Рукав	Пункт	Отметка уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м					
		-26,00	-25,00	-24,00	-23,00	-22,00	-21,00
Бахтемир	исток	850	1 700	2 700	3 850	5 230	6 200
Камызяк	"	300	1 000	1 780	2 700	3 750	4 480
Старая Волга	"	260	750	1 520	2 360	3 300	3 850
Суммарный расход в истоке западной части дельты		1 410	3 450	6 000	8 910	12 280	14 530

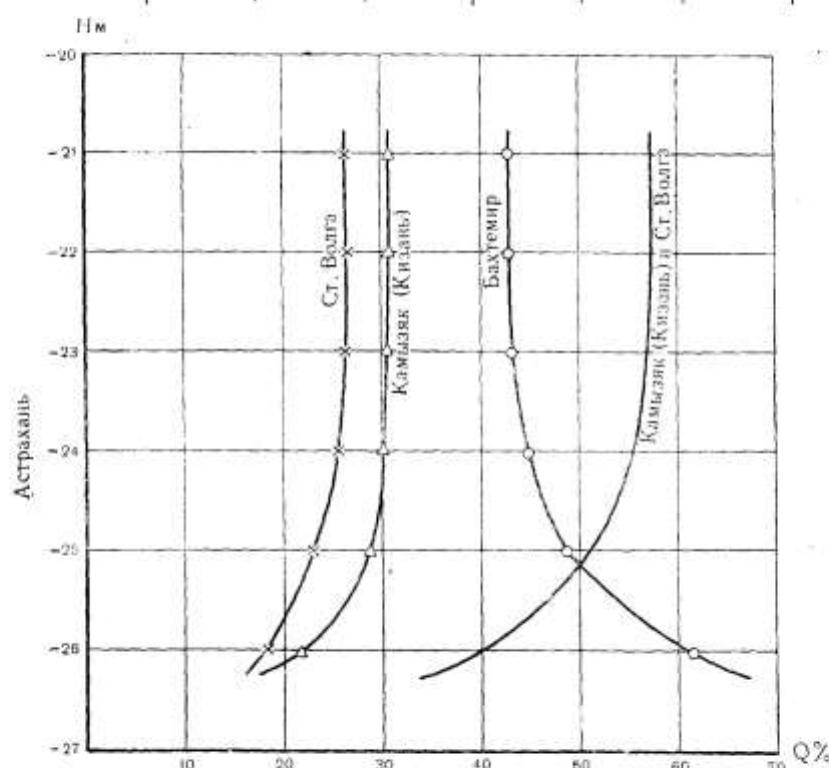


Рис. 69. Распределение расходов воды в истоках основных рукавов западной части дельты при различных отметках уровня воды Волги у Астрахани (проценты).

в 2 раза больше расхода Старой Волги. В то же время в межень расход воды Бахтемира в полтора раза больше, чем расход Камызяка и Старой Волги вместе взятых, а в половодье, наоборот, расход последних почти в полтора раза больше, чем у Бахтемира. Если Бахтемир в период от высокого половодья к низкой межени уменьшает свой расход в 7 раз, то Камызяк и Старая Волга — в 15 раз.

Изложенные данные показывают, что при сезонном уменьшении стока наиболее деятельным рукавом является Бахтемир и что в весьма низкую межень около 60% стока западной части дельты направляется в Бахтемир и только 40% — в Камызяк и Старую Волгу.

На рис. 69 показано изменение величин расходов воды в западных

рукавах в процентах от суммарного расхода воды западной части дельты. Изменение в распределении стока между тремя рукавами практически не происходит при отметке уровня выше —24,00 м. Ниже этого уровня относительная роль расходов Камызяка и Старой Волги убывает, а Бахтемира соответственно возрастает. При отметке уровня —25,15 м расход воды Бахтемира равен суммарному расходу Камызяка и Старой Волги. В низкую межень доля расхода воды Бахтемира еще больше увеличивается за счет расходов Камызяка и Старой Волги.

Ориентируясь на вышеуказанные данные, можно сделать некоторые выводы о влиянии на сток дельты сезонного регулирования стока Волги по окончании сооружения ее гидроузлов.

При уменьшении стока в период половодья значительного перераспределения стока между тремя западными рукавами дельты не произойдет, однако при срезке стока в межень относительно наиболее водоносным рукавом окажется Бахтемир (в своем истоке).

Сток системы Камызяка

Основным стволом в верховье системы рукава Камызяка является Кизань (Тизань, Мордань), которая на протяжении первых 15—20 км полноводна и широка, а далее начинает дробиться на ряд рукавов и ериков. Ниже поселка Атил этот рукав называется Тарновой, после отделения Таболы Камызяком, затем Артельной и в нижнем течении — Никитинским банком (Бусьмой). В настоящее время рукав на всем протяжении принято называть Камызяком.

Исследования стока в системе Камызяка производились неоднократно в связи с проблемой Волго-Каспийского канала. Наибольшее количество данных гидрометрических измерений имеется за период 1937—1953 гг.

Сравнение кривых связи расходов воды с уровнями за различные периоды времени (рис. 70) показывает, что кривая расходов воды, построенная по материалам наблюдений 1941—1953 гг., лежит правее кривых за предыдущие годы, что может говорить о происходящем увеличении стока Камызяка. Так как в одном и том же гидростворе расходы измерялись только с 1942 г., то анализ данных о площадях водного сечения и средних скоростях течения произведен только за эти годы. Рис. 71 ясно показывает некоторое увеличение площадей водного сечения в 1951—1953 гг. по сравнению с 1942—1946 гг. Этим можно отчасти объяснить увеличение расходов Камызяка. Изменений в скоростях течений воды не обнаруживается.

За период 1937—1953 гг. средний годовой расход воды Камызяка в истоке равен 1090 м³/сек. (сток 34 км³/год), что составляет 28,6% от расхода Волги у Астрахани. Средний расход воды периода половодья равен 2050 м³/сек., т. е. в 4 раза больше расхода зимней межени и почти в 3 раза больше расхода осенней межени.

В период половодья здесь проходит 21,6 км³ воды, в зимний же период — только 4,8 км³, а в период осенней межени — 8 км³. Всего за период открытого русла по Камызяку проходит 29,6 км³/год воды. Подробные данные о распределении расходов и стока воды по месяцам и сезонам за 1937—1953 гг. приведены в табл. 88.

Что касается внутригодового распределения стока Камызяка в процентах от годового стока, то по нему за два паводочных месяца (май—июнь) проходит почти 43% стока, а за весь зимний период (декабрь—март) — лишь 14,2%.

Интересен ход внутригодового распределения стока Камызяка в процентах от стока Волги у Верхне-Лебяжьего. В течение года доля стока Камызяка колеблется от 13,4% в мае и июне до 16,6% в декабре,

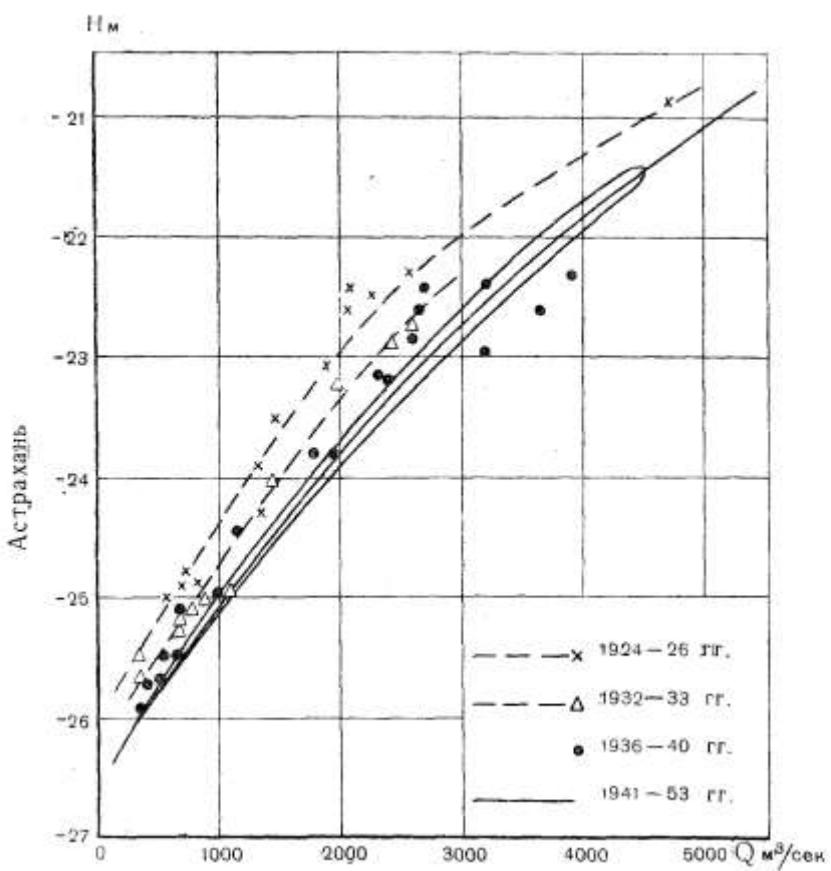


Рис. 70. Связь расходов воды в истоке Камызяка с уровнями воды Волги у Астрахани.

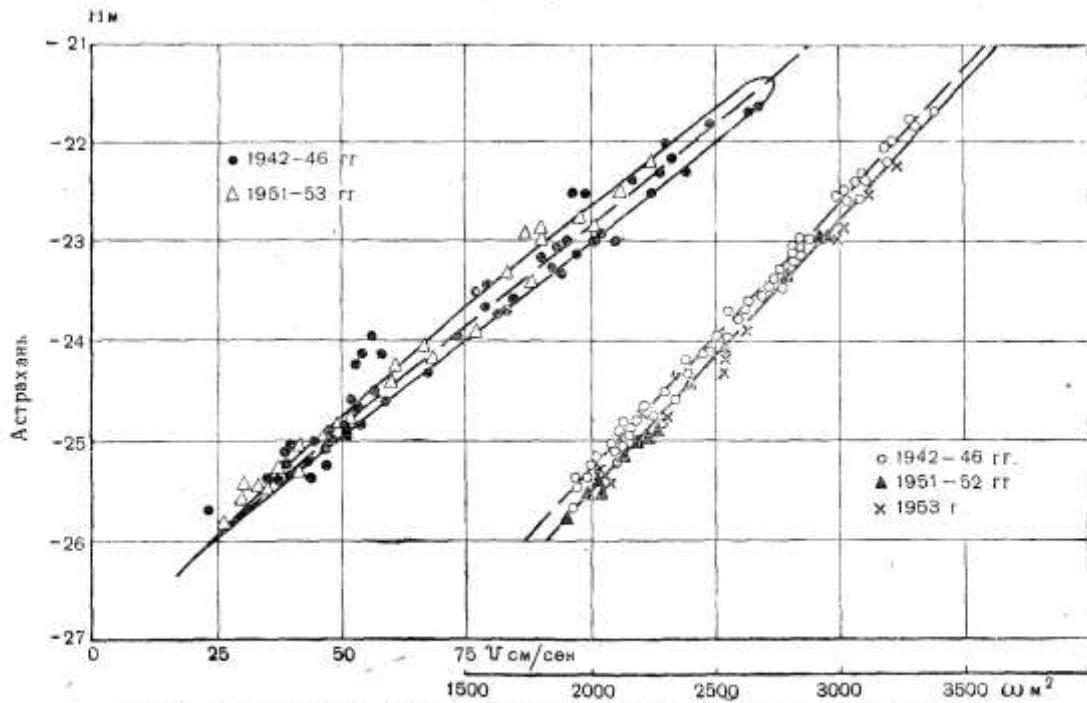


Рис. 71. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Камызяка с уровнями воды Волги у Астрахани.

е. возрастают в период межени и уменьшаются в период половодья. Таким образом, внутригодовое распределение стока Камызяка в процентах от стока Волги имеет обратный ход по сравнению с внутригодовым распределением стока рукавов восточной части дельты.

За период 1937—1953 гг. наибольший расход наблюдался 5 июня 1947 г. и был равен 4450 м³/сек., наименьший — в период открытого русла 280 м³/сек., а в зимний период 140 м³/сек. (табл. 89).

Таблица 88
Внутригодовое распределение стока Камызяка в истоке

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Средний, м ³ /сек.	436	540	517	908	2 570	3 050	1 660	861	700
Суммарный, км ³	1,17	1,31	1,39	2,35	6,89	7,90	4,45	2,30	1,82
% от годового стока	3,4	3,8	4,1	6,8	20,0	22,9	12,9	6,7	5,3
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	16,2	16,6	15,8	15,0	13,4	13,4	15,8	16,5	16,2
Среднее									
Характеристика стока	X	XI	XII	год	IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI	
Средний, м ³ /сек.	723	747	363	1 090	1 400	464	2 050	758	
Суммарный, км ³	1,94	1,93	0,97	34,42	29,58	4,84	21,59	7,90	
% от годового стока	5,6	5,6	2,9	100	85,8	14,2	62,6	23,2	
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	16,2	15,6	16,6	14,8	15,3	16,3	14,4	16,1	

Таблица 89
Характерные расходы воды Камызяка у истока

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м ³ /сек.	дата	летне-осенние		зимние	
			м ³ /сек.	дата	м ³ /сек.	дата
1937	2 660	21—23 V	460	18—19 X	250	30 XII 1936
1938	3 320	9—13 VI	340	19—20 X	300	5 I, 22—23 III
1939	3 390	11 VI	380	8 X	230	24 XII 1939
1940	3 380	5—6 VI	280	30 XI	150	5 I
1941	3 730	23 VI—10 VII	560	11 X	200	27 XII 1940
1942	4 200	13—18 VI	660	11 X	360	11—12 XII 1941
1943	3 530	4—6 VI	800	29 X	220	24 XII 1942
1944	3 290	16—21 VI	930	7—10 X	170	20—21 XII
1945	2 700	7—14 VI	650	22 IX	210	11—12 XII 1944
1946	4 140	18 VI	680	25—29 IX	340	20 XII 1945
1947	4 450	5 VI	930	21 IX	360	19—20 XII 1946
1948	3 950	7—8 VI	680	15 IX	230	1 I
1949	3 260	19—25 VI	480	19 X	270	25 XII 1948
1950	3 070	3—4 VI	500	10 XII	140	23 XII 1949
1951	3 580	25—28 V	460	6—11 X	490	3—5 I
1952	2 930	11—13 VI	630	10—13 IX	349	29—30 XII
1953	3 620	28, 30, 31 V	604	9 IX	302	5 I
Наибольший	4 450	1947	930	1947	490	1951
Наименьший	2 660	1937	280	1940	140	1950

Наибольший расход за прошлые годы отмечен 6 VII 1926 г. при уровне —21,04 м и был равен 4729 м³/сек. [60].

Сток Камызяка, так же как и сток других рукавов, претерпевает значительные изменения по длине рукава. Наиболее полно распределение стока Камызяка от истока до взморья исследовалось в 1924—1925 гг. [60]. По материалам этих исследований впервые было дано распределение стока по крупным протокам системы Камызяка и показано его изменение в течение года. Из табл. 90 видно, что Камызяк, пройдя половину пути,

Таблица 90
Среднемесячные расходы воды (м³/сек.) водотоков системы Камызяка

Водоток	Пункт	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Год
1924—1925 гг.														
Камызяк (Кизань)	в 0,5 км ниже истока	637	600	353	396	443	540	760	2 027	2 647	1 546	657	598	954
Безымянка	в 0,15 км ниже истока	68	65	43	48	56	58	72	186	230	130	70	60	82
Камызяк	в 0,4 км ниже истока Бакланьей	245	246	165	172	190	235	250	473	630	340	250	230	286
Бакланья	исток	53	52	31	37	48	45	55	215	285	130	54	43	86
Николаевская	в 0,3 км ниже истока	30	30	20	21	24	29	31	53	73	34	32	28	34
Караульный	в 0,3 км выше устья	130	126	84	91	106	117	135	235	295	180	135	115	146
Шараповский	в 0,5 км выше истока Заведенского	107	112	71	77	88	102	112	203	246	150	112	100	124
Бусьма	—	195	180	116	140	194	185	205	625	825	406	215	165	288
Каныча	у бывшего Торгуевского промысла	55	55	38	40	46	50	57	100	125	80	59	54	64
Гусек	в 0,1 км ниже истока	15	13	10	11	12	14	15	26	31	20	15	14	17
1932—1933 гг.														
Камызяк (Кизань)	Башмаковка	552	610	390	523	670	553	732	1 730	1 900	1 116	602	587	830
Камызяк	выше истока Бакланьей	343	356	222	255	358	266	388	575	668	476	334	332	381
Никитинский банк	Промысел Никитинский	235	260	192	217	272	225	235	326	537	353	228	190	272
Шараповский	—	143	151	108	138	162	135	85	179	332	232	145	120	161
1937—1938 гг.														
Камызяк (Кизань)	исток	492	216	297	300	271	515	2 022	2 450	755	460	293	385	675
Никитинский	у с. Кировского	—	—	97	114	—	305	817	956	456	338	—	—	440

теряет значительную часть стока. К истоку Бакланьей расходы воды уменьшаются более чем в 3 раза. Особенно значительное уменьшение расходов воды в рукавах ощущается в нижней части системы, характеризующейся значительной раздробленностью. Наиболее крупные выходные рукава этой системы имеют среднегодовые расходы примерно 30—300 м³/сек. Наибольшие расходы воды на протяжении всего коренного рукава наблюдались в июне, а наименьшие обычно в ноябре.

По данным Управления единой гидрометслужбы Азербайджана, приведенным в табл. 89, 90, в 1932—1933 гг. сток Камызяка выше истока

Бакланьей уменьшился по сравнению со стоком в истоке только в два раза, сток же Никитинского банка, так же как и в 1924—1925 гг., был почти в 3 раза меньше стока Камызяка в истоке.

С 1952—1953 гг. производятся регулярные измерения расходов воды на ряде гидростворов рукава Камызяк и его ответвлений. В табл. 91 приведено внутригодовое распределение расходов воды в 1952 и 1953 гг. на гидростворах Камызяк у с. Камызяк (посредине верхней половины течения рукава), Никитинский у с. Карапульного (в начале выходного участка), а также протока Табола в истоке. Среднегодовой расход воды Камызяка на пути от истока до с. Камызяк почти не меняется, однако к с. Карапульному основное русло Камызяка уменьшает расход почти на половину.

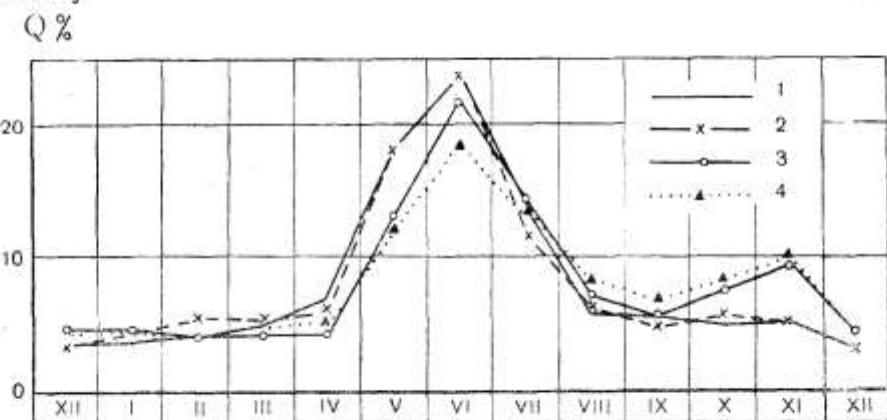


Рис. 72. Гидрографы среднемесячных расходов воды Камызяка в истоке и в выходных рукавах в процентах от среднегодовых расходов воды.

1925 г.: 1 — Камызяк (Кизань) исток, 2 — Бусьма (Никитинский банк). 1953 г.: 3 — Камызяк (Кизань) исток, 4 — Никитинский банк.

По данным 1953 г., среднегодовой расход Таболы составляет около 11% расхода Камызяка у его истока.

Сравнение внутригодового распределения расходов воды в истоке и на выходном участке Камызяка по вышеупомянутым данным не указывает на какое-нибудь различие во внутригодовом распределении расходов воды на протяжении этого рукава. Однако, как показывает график распределения расходов воды в 1953 г. (рис. 72), в период половодья доля стока в выходных протоках несколько уменьшается, а в период летне-осенней межени она несколько увеличивается, что, очевидно, можно объяснить влиянием регулирующего воздействия на сток поймы и русел многочисленных рукавов и ериков системы.

Материалы гидрометрических измерений различных лет в рукавах, банках и ериках системы Камызяка позволили построить приближенные кривые $Q = f(H)$. Материалы 1952—1953 гг. дали возможность построить кривые расходов с ветвями подъема и спада, за другие годы кривые получились однозначными вследствие меньшей точности данных измеренных расходов воды.

На основании кривых расходов воды $Q = f(H)$ составлена таблица распределения расходов воды в системе Камызяка в зависимости от уровня воды (табл. 92). Из этой таблицы видно, что рукав Камызяк у истока при отметке уровня — 22,00 м по Астраханскому водомерному посту имеет расход 3750 м³/сек. После притока вод из Старой Волги через проток Чаган и ответвления Таболы расход Камызяка к с. Камызяк уменьшается до 3200 м³/сек. и составляет только 85,3%, причем расход Таболы равен 440 м³/сек., т. е. 11,7% от расхода Камызяка у истока.

Таблица 91
Внутригодовое распределение характерных расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) отдельных водотоков системы Камызяка
за 1952 и 1953 гг.

Водоток	Пункт	Год	Характеристика расхода	Год и характеристика												Год
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1953 г.																
Камызяк	с. Камызяк		средний	451	696	681	1 060	2 760	2 700	1 060	704	678	978	1 240	587	1 144
			найбольший	640	733	804	2 040	3 220	3 220	1 660	746	768	1 470	1 560	636	—
			наименьший	323	633	614	619	2 070	1 720	746	659	611	776	659	309	—
Табола	с. Камызяк		средний	31	60	46	83	354	360	101	46	39	102	134	28	117
			найбольший	59	76	70	223	438	438	188	53	49	145	157	66	—
			наименьший	13	56	30	30	228	197	52	38	34	50	69	13	—
1952 г.																
Никитинский	с. Караульное		средний	305	322	365	401	929	1 440	1 040	636	550	651	795	346	651
			найбольший	331	331	489	481	1 340	1 480	1 380	683	652	671	1 240	848	—
			наименьший	273	313	306	369	474	1 340	666	560	509	633	691	211	—
1953 г.																
Никитинский	с. Караульное		средний	304	443	495	623	1 480	1 610	625	627	419	661	829	279	700
			найбольший	397	518	577	1 110	1 830	1 860	1 030	442	463	815	919	483	—
			наименьший	227	398	406	450	1 110	1 070	412	408	398	468	573	208	—

Таблица 92

Распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) отдельных водотоков системы Камызяка в зависимости от уровня воды в Волге

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м				
		-26,00	-25,00	-24,00	-23,00	-22,00
Камызяк (Кизань)	в 3 км ниже истока	300	1 000	1 780	2 700	3 750
Чаган	—	—	55	130	200	300
Камызяк	с. Камызяк	400	890	1 530	2 280	3 200
Табола	—	20	60	153	287	440
Калиновка	—	20	150	340	560	820
Бакланенок	—	85	130	205	295	395
Царев	исток	—	20	110	240	385
Карапатский банк	—	13	38	68	102	144
Никитинский банк	с. Карапульное	270	580	970	1 350	(1 820)
—	в 1,5 км выше Кировского маяка	230	510	810	1 120	1 440
Каныча	ниже маяка	104	138	(178)	—	—
	—	100	260	430	630	850

Воды Таболы соединяются с водами рукава Царев, расход которого равен $385 \text{ м}^3/\text{сек.}$, вливаются в Карапатский банк, разветвляющийся на Створный, Бардынский, Колочный и Татарский банки. На своем пути до соединения Царев и Табола теряют часть стока, уходящего, очевидно, в мелкие протоки и ерики. Суммарный расход выходных рукавов Карапатского банка (Створного, Бардынского, Колочного и Татарского), по данным 1936—1940 гг., при отметке уровня —22,00 м был равен $324 \text{ м}^3/\text{сек.}$, т. е. 8,3% расхода Камызяка (табл. 93). Течение воды в Цареве в низкую межень не ощущается, и сток его практически пропадает.

Таблица 93

Распределение расходов воды на выходных участках системы Камызяка при наибольших уровнях воды Волги у Астрахани в 1936 г.

Водоток	Пункт	Дата	Отметка уровня по Астраханскому водомерному посту, м	Расход воды	
				$\text{м}^3/\text{сек.}$	% от расхода Камызяка
Створный левый банк	—	16 VI	-21,90	27,4	0,7
Створный средний банк	—	16 VI	-21,90	25,3	0,6
Створный главный банк	—	16 VI	-21,90	67,5	1,7
Бардынский банк	выше слияния с Колочным	17 VI	-21,93	30,9	0,8
Колочный банк	выше слияния с Бардынским	17 VI	-21,93	71,8	1,9
Татарский левый банк	—	17 VI	-21,93	27,6	0,7
Татарский главный банк	—	17 VI	-21,93	73,6	1,9
Белукий левый банк	—	18 VI	-21,95	75,1	2,0
Трофимовичев банк	—	18 VI	-21,95	29,9	0,8
Николаевская Гусек	—	20 VI	-22,04	51,6	1,4
Мало-Обуховский	—	22 VI	-22,16	38,6	1,1
Большой Обуховский	—	22 VI	-22,16	46,9	1,3
Кривой	—	23 VI	-22,22	62,3	1,8
Старый	—	23 VI	-22,22	119,3	3,4
	—	24 VI	-22,31	191,7	5,5

Ниже Калиновского Камызяк отделяет проток Калиновка с расходом в 820 м³/сек. (21,9% от стока Камызяка) и принимает название Артельной. Дальше Артельная отделяет слева проток Бакланый, часть вод которого по ерику Бакланенок с расходом в 395 м³/сек. (10,5% стока Камызяка) уходит в Калиновку и, соединившись с последней, дает начало Белужье с выходными берегами. Суммарный расход основных выходных берегов Белужьего левого и Трофимычева равен 105 м³/сек., или 2,8% от стока Камызяка в истоке.

Нижний участок основного ствола системы Камызяка — Никитинского берега довольно многоводен. У с. Кауального расход воды берега при отметке уровня —22,00 м равен 1800 м³/сек., что составляет 49% расхода, полученного Камызяком в истоке от Волги. Ниже Никитинского берега дробится на большое количество рукавов.

Еще в 1914 г. К. А. Балинский [22] указывал, что «несколько десятков лет тому назад Камызяк имел очень широкий выход в море по направлению нынешних протоков: Шараповский рукав, Шараповский ерик, Старая Мартыновка и Словный берег, носивший тогда название р. Зюдева. Часть Камызяка, от истока Кауального ерика на 4 версты вверх, называли тогда Польневой». Верхняя часть бывшей р. Зюдева, по данным Балинского [22], была еще довольно широкой (100 саж.), а Шараповский рукав длиною 2 версты глубок, Шараповский ерик длиною 3 версты мелководен, но еще доступен для мелкосидящих судов; нижняя же часть Зюдева, протяженностью 3,5 версты, уже в то время была почти совершенно занесена и покрыта густым камышом.

По данным Волго-Каспийской рыболовецкой станции ВНИРО, наиболее деятельными протоками в низовье системы Камызяка являются Безымянный (16% стока Камызяка), Кауальный (9%), Архиерейский (Кировский, 4%) и Кривой берег (6,3%) (табл. 94).

Таблица 94
Распределение расходов воды в водотоках системы Камызяка в межень 1936 г.

Водоток	Пункт	Дата	Отметки уровня по Астраханскому водомерному посту, м	Расход воды	
				м ³ /сек.	% от расхода Камызяка
Табола	Чапаевский	1 VIII	—25,31	242	28,6
Калиновка	Каралат	1 VIII	—25,31	141	18,1
	выше промысла	10 VIII	—25,38	49	6,8
	Калиновский				
Артельная	—	8 VIII	—25,31	110	14,1
Бакланый	в 0,5 км ниже истока	3 VIII	—25,30	52	6,7
	у тони Круглень-кои	3 VIII	—25,30	50	6,4
Безымянный	в 1 км ниже истока	4 VIII	—25,31	126	16,2
Николаевская	—	7 X 1935	—24,99	53	6,8
Кауальный	—	7 VIII	—25,31	70	9,0
(Никитинский берег)					
Шараповский	—	8 VIII	—25,31	47	6,0
Гусек	—	8 VIII	—25,31	3	0,4
Мало-Обуховский	—	9 VIII	—25,34	26	3,3
Быстрая	в 0,4 км ниже истока	9 VIII	—25,34	9	1,2
Большой Обуховский	—	9 VIII	—25,34	18	2,4
Каныча	у промысла	5 VIII	—25,34	29	3,9
	Торгуева				
Архиерейский	—	6 VIII	—25,35	30	4,0
Кривой берег	—	6 VIII	—25,34	47	6,3
Никитинский ерик	—	5 VIII	—25,34	151	2,0

Как видно из схемы (рис. 73), Камызяк сохраняет свой сток, полученный в истоке от Волги, на большей части своего пути к морю. Потери стока происходят на этом участке в основном за счет ответвления протоков Табола и Калиновка.

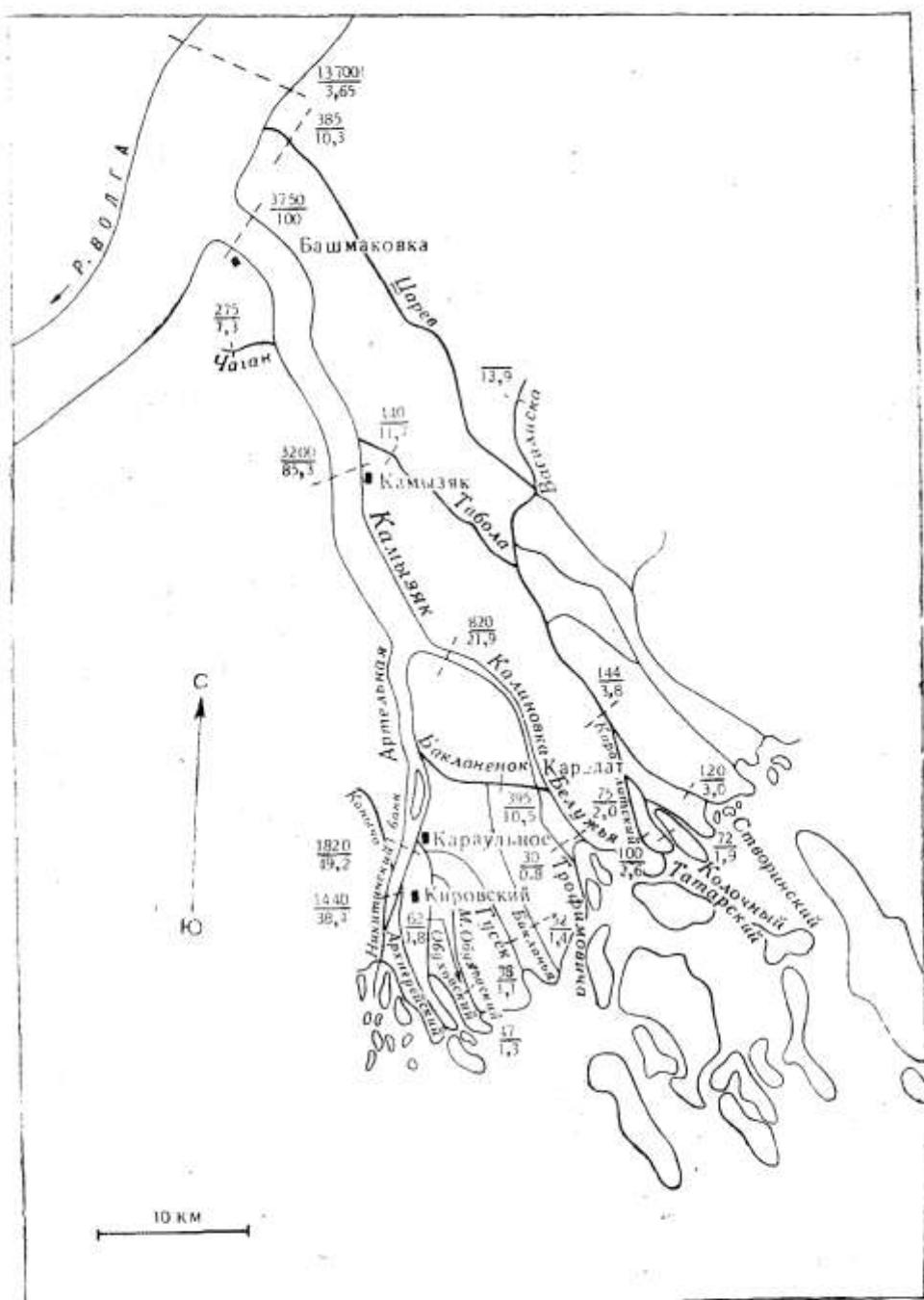


Рис. 73. Схема распределения стока в системе Камызяка при отметке уровня воды Волги у Астрахани — 22 м абрс.

В числителе — расход в $\text{м}^3/\text{сек.}$, в знаменателе — процент от расхода в истоке Камызяка.

Ниже отделения Бакланьей происходит многочисленное дробление Камызяка на мелкие протоки и ерики и водность основного его ствола на выходном участке почти сравнивается с водностью отдельных более мелких протоков и ериков.

Сток системы Старой Волги

Система Старой Волги не имеет хорошо выраженных фарватеров с глубокими подходами с моря. Она характеризуется сильной разветвленностью в низовье, а также массою островов между ериками, заросшими тростником и камышом.

Эта система имеет наиболее значительные ответвления к востоку — проток Иванчуг с Канычей и проток Бирюль, отдающий значительную часть стока Быстрой, а часть Иванчулу. Последний образует на выходе Гандуринский банк.

В 1890 г. в период межени впервые измерены вертушкой расходы воды Старой Волги в 11,5 км ниже ее истока. Значительные гидрометрические работы для изучения распределения стока по рукавам были проведены в 1924—1925 и 1932—1933 гг. Данные о внутригодовом распределении стока по основным протокам Старой Волги за эти годы (табл. 95) показывают, что расходы воды Старой Волги перед ее разветвлением на выходные протоки у с. Седлистого составляют всего 40—50% расхода в истоке. Из выходящих в море протоков наиболее многоводным является Бакланьи с ериками Товарницким и Зюдева.

В период 1936—1940 гг. здесь так же, как и на других рукавах западной части дельты, проводили измерения расходов воды ВНИРО и Центромпроект, а в 1941—1953 гг. Волжская устьевая гидрометстанция.

На рис. 74 показана средняя кривая расходов воды за период 1941—1952 гг. Точки расходов воды, измеренных в 1890, 1924—1925 и 1932—1933 гг., лежат на графике $Q = f(H)$ правее средней кривой расходов воды за период 1941—1952 гг. Это может объясняться происходящим уменьшением стока Старой Волги в ее истоке, которое наблюдается и в последние годы.

Зависимость площадей водного сечения от уровня воды (рис. 75) показывает, что уменьшение расходов воды связано с уменьшением этих площадей, т. е., очевидно, с повышением дна русла Старой Волги.

Существенных изменений в режиме средних скоростей течения за период 1937—1953 гг. не произошло (рис. 75).

В табл. 96 приведены среднемесячные расходы воды и сток Старой Волги за период 1937—1953 гг. Среднегодовой расход воды Старой Волги равен $928 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (сток — 29 км^3 в год), что составляет 24,4% от расхода Волги у Астрахани. За рассматриваемый период среднегодовой расход колебался от $687 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (1938 г.) до $1320 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (1947 г.) (приложение 5).

Наибольший месячный расход воды наблюдался в июне 1947 г. и был равен $3570 \text{ м}^3/\text{сек.}$, наименьший летний $199 \text{ м}^3/\text{сек.}$ — в октябре 1940 г., наименьший зимний — $150 \text{ м}^3/\text{сек.}$ — в январе 1940 г.

За период половодья проходит $18,8 \text{ км}^3$ воды при среднем расходе $1780 \text{ м}^3/\text{сек.}$, за зимний период — $4,1 \text{ км}^3$ при среднем расходе $391 \text{ м}^3/\text{сек.}$ За весь период открытого русла проходит $25,3 \text{ км}^3$ воды. Средний расход за этот период равен $1200 \text{ м}^3/\text{сек.}$.

За два паводочных месяца (май и июнь) уносится 45% от годового стока воды, что несколько больше, чем у Камызяка. Сток зимнего периода (XII—III) составляет 14%, а летне-осенней межени (VIII—XI) 22% от годового стока. Величина среднемесячного стока в процентах от годового стока изменяется от 2,6% в декабре до 23,7% в июне (табл. 96).

Среднемесечные расходы воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в системе Старой Волги

Водоток	Пункт	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Год	
Старая Волга	исток	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Жеребятый	Седлистоев	865	818	479	537	666	770	1 062	2 990	3 880	1 917	887	715	—	—	1 269	
Зюлевка	в 0,3 км ниже истока	525	360	378	503	580	650	1 065	1 415	900	580	465	490	—	—	659	
Бураков	в 0,25 км	76	40	40	69	75	86	200	255	150	90	62	65	—	—	101	
Бакланчик	в 0,3 км	73	34	34	86	67	90	76	460	185	92	55	60	—	—	126	
Мумра	в 0,25 км ниже истока	16	6	6	23	16	21	77	105	53	22	10	12	—	—	31	
Товарищеский	в 0,2 км	270	165	165	205	270	280	415	518	360	310	255	250	—	—	289	
Бакланчик	в 0,2 км	105	64	58	98	105	115	270	355	195	120	98	112	—	—	141	
		64	55	50	90	65	70	160	197	122	70	58	68	—	—	89	
Бакланчик	Седлистоев	53	88	68	54	120	137	89	164	242	78	89	59	—	—	103	
Старая Волга	исток	317	682	313	246	290	257	493	877	1 060	422	300	266	—	—	467	
		700	658	250	335	708	408	955	2 760	2 860	1 380	704	758	—	—	1 040	
Старая Волга	исток	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Старая Волга	исток	325	444	128	237	232	244	470	2 082	2 450	775	460	293	—	—	676	
Галанча	—	415	751	291	282	275	442	—	—	857	517	458	—	—	—	—	
Крестовая	—	19	35	15	8	8	21	78	111	38	23	38	—	—	—	33	
Старая Волга	Житное	540	797	387	489	395	536	1 500	2 000	907	632	—	—	—	—	772	
Бакланчик	—	253	386	161	234	226	217	268	690	866	465	318	—	—	—	372	
Бакланчик	Мумра	277	411	236	175	169	168	288	810	1 135	442	314	—	—	—	401	
Товарищеский	—	139	229	113	88	84	84	147	502	740	234	180	—	—	—	229	
		138	182	113	87	85	84	141	308	395	208	154	—	—	—	382	

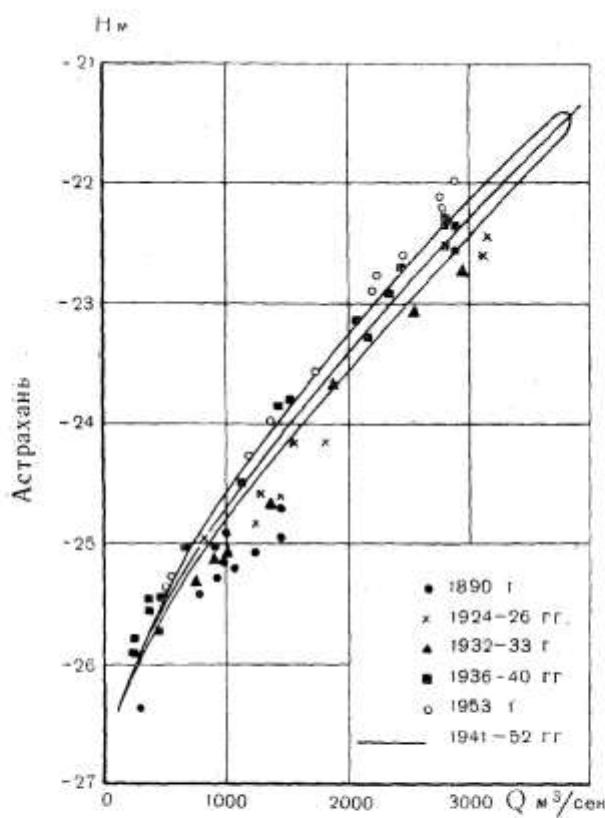


Рис. 74. Связь расходов воды в истоке Старой Волги с уровнями воды Волги у Астрахани.

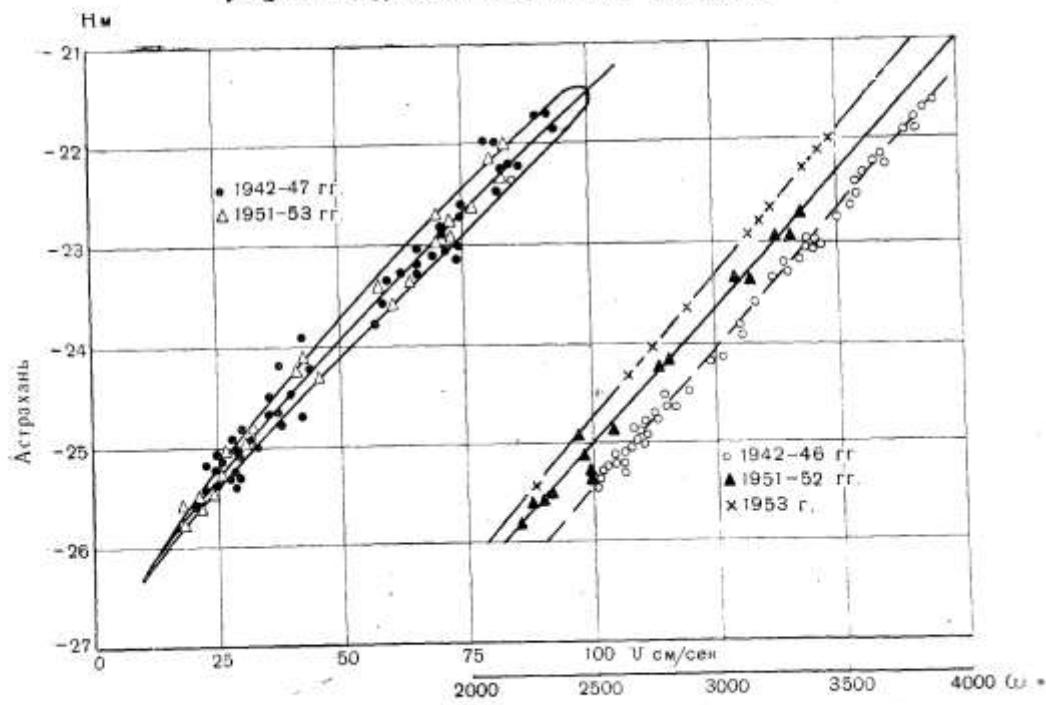


Рис. 75. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Старой Волги с уровнями воды у Астрахани.

Таблица 96

Внутригодовое распределение стока Старой Волги у истока

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Средний, м ³ /сек.	326	456	458	756	2 240	2 690	1 420	708	564
Суммарный, км ³	0,97	1,10	1,23	1,96	6,00	6,97	3,81	1,90	1,47
% от годового стока	3,2	3,7	4,2	6,7	20,4	23,7	13,0	6,5	5,2
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	13,4	14,1	14,0	12,5	11,7	11,8	13,5	13,6	13,1
	X	XI	XII	год	IV—XI	XII—III	IV—VII	VIII—XI	Среднее
Средний, м ³ /сек.	574	632	289	928	1 200	391	1 780	619	
Суммарный, км ³	1,54	1,64	0,78	29,37	25,29	4,08	18,74	6,55	
% от годового стока	5,2	5,6	2,6	100	86,3	13,7	63,8	22,5	
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	12,8	13,0	13,2	12,6	12,6	13,7	12,1	13,1	

Таблица 97

Характерные расходы воды (м³/сек.) Старой Волги в истоке

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м ³ /сек.	дата	летне-осенние		зимние	
			м ³ /сек.	дата	м ³ /сек.	дата
1937	2 330	21—23 V	330	18—19 X	190	30 XII 1936
1938	2 900	9—13 VI	240	19—20 X	230	5 I
1939	2 950	11 VI	380	8 X	170	24 XII 1938
1940	2 960	5—6 VI	200	30 XI	150	5 I
1941	3 250	23 VI—10 VII	410	11 X	150	27 XII 1940
1942	3 600	13—18 VI	510	11 X	280	11—12 XII 1941
1943	3 090	4—6 VI	620	29 X	160	24 XII 1940
1944	3 280	16—21 VI	600	7—10 IX	150	20—21 XII 1943
1945	2 370	7—14 VI	500	22 IX	160	11—22 XII 1944
1946	3 560	18 VI	520	25—29 IX	260	20 XII 1945
1947	3 840	5 VI	640	21 IX	270	19—20 XII 1946
1948	3 410	7—8 VI	530	15 X	270	1 I
1949	2 860	19—25 VI	360	19 X	160	25 XII 1948
1950	2 700	3—4 VI	380	10 XII	130	23 XII 1949
1951	3 120	26—28 V	330	6—11 X	380	3—5 I
1952	2 430	14 VI	476	9—13 IX	244	27 XII
1953	2 940	31 V—1 VI	493	4—6 IX	170	27—29 XII
Наибольший	3 840	1947	640	1947	380	1951
Наименьший	2 330	1937	200	1940	150	1940

Через Старую Волгу проходит 12,6 % стока Волги у Верхне-Лебяжьего, причем в период половодья он составляет меньший процент от стока Волги, чем в межень. Таким образом, ход месячных величин стока Старой Волги в процентах от стока Волги противоположен ходу стока в рукавах восточной части дельты и совпадает с ходом стока у Камызяка.

За 1937—1953 гг. в истоке Старой Волги наибольший расход воды колебался от 2330 м³/сек. (1937 г.) до 3840 м³/сек. (1947 г.). Наименьшие расходы наблюдались в зимний период — от 150 до 380 м³/сек. В летнюю межень наименьший расход отмечен в 1940 г. и был равен 200 м³/сек. По данным исследования 1926 г., наибольший расход наблюдался 6 июня 1926 г. и был равен 6508 м³/сек. при отметке уровня —21,60 м. Характерные расходы воды Старой Волги в истоке приведены в табл. 97.

Исследования 1939—1941 гг. дали возможность построить кривые связи расходов воды с уровнями для основных протоков системы Старой Волги. На основании этих кривых составлена таблица распределения расходов воды при различных уровнях воды Волги (табл. 98).

Таблица 98

Распределение расходов воды (м³/сек.) в системе Старой Волги при различных уровнях воды Волги

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м				
		-26,00	-25,00	-24,00	-23,00	-22,00
Старая Волга	исток	270	800	1 520	2 360	3 270
Чаган	—	—	55	130	200	300
Иванчуг	—	110	270	450	640	840
Старая Волга	Чулпан	130	260	390	—	—
Талыча	ниже Федоровки	280	680	1 030	1 450	1 900
Крестовая	в 1,1 км ниже истока	—	5	20	40	80
Старая Волга	Седлиштное	400	870	1 410	2 050	2 700
Бакланый	Мумра	200	450	720	1 000	(1 320)
—	Зюзин	125	250	370	—	—
Товарищеский	ниже Товарного	157	243	360	580	860
Бакланенок	ниже истока	100	200	310	—	—
Матеровский	у ВКУР	65	127	210	300	390
Садковский	—	100	190	290	400	520
Зюдева	—	65	110	165	220	290
—	—	10	90	180	280	380
Быстрая	ниже кордона № 1 25 VI 1936 г. при уровне —22,69 м	239	м ³ /сек	—	—	—
Гандуринский банк	—	24 VI	•	—22,31	• 303	•
Гандуринский (малая Шостаковка)	—	24 VI	•	—22,31	• 52	•
Гандуринский (Тухляя)	—	24 VI	•	—22,31	• 33	•
Средне-Морянная	—	25 VI	•	—22,42	• 58	•

По данным гидрометрических измерений Волго-Каспийской рыбохозяйственной станции ВНИРО (1936 г.) составлена таблица распределения расходов воды в протоках Старой Волги в межень 1936 г. (табл. 99).

Поблизости от своего истока Старая Волга через проток Чаган отдает 9,2 % расхода Камызяку. Ниже, влево, отделяется достаточно мощный

Таблица 99

Распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в системе Старой Волги
в межень 1936 г.

Водоток	Пункт	Дата	Отметка уровня по Астраханскому водомерному посту, м	Расход воды	
				$\text{м}^3/\text{сек.}$	% от расхода Ст. Волги
Иванчуг	Хмелевка в нижней части	14 VIII	—25,42	224	40,8
		15 VIII	—25,48	233	42,4
Каныча	исток	14 VIII	—25,42	18	3,3
		15 VIII	—25,48	текущего нет	
Бурун-Тау	—	15 VIII	—25,48		
		18 VIII	—25,49	133	24,2
Бирюль	в 1 км ниже Сомовки	15 VIII	—25,48	143	26,0
		16 VIII	—25,49	56	10,2
Полдневая	Полдневое	15 VIII	—25,48		
		16 VIII	—25,49	44	8,0
Горная	исток	16 VIII	—25,49	текущего нет	
Быстрая	—				
Сомовка	—				
Коклюй	—				
Чулпан	—				

проток Иванчуг, расход воды которого составляет 25,7 % расхода Старой Волги в истоке. На выходе Иванчуг, приняв часть вод Бирюля, дробится на ряд протоков, из которых наиболее многоводен Гандуринский банк. При отметке уровня —22,31 м его расход составляет 10,9 % расхода Старой Волги. Общий же расход воды основных выходных рукавов Иванчуга равен при этом уровне 440 $\text{м}^3/\text{сек.}$, т. е. 16 % расхода Старой Волги.

Ниже с. Самосделка основной сток Старой Волги направляется в проток Бирюль, отделяющийся от Старой Волги слева. Расход его в межень при уровне —25,49 м равен 133 $\text{м}^3/\text{сек.}$, или 24,2 % расхода Старой Волги в истоке. Перед разделением на выходные рукава у с. Полдневого расход воды Бирюля уменьшается до 56 $\text{м}^3/\text{сек.}$, что составляет около 10 % расхода Старой Волги. Из основных выходных рукавов этой части системы Старой Волги наиболее многоводным является Горная с расходом воды 44 $\text{м}^3/\text{сек.}$. Отделив Бирюль и потеряв почти весь свой сток, Старая Волга принимает название Сомовки, в которой при низкой межени течение воды отсутствует. Таким образом, основной ствол Старой Волги в это время стока не имеет. От Сомовки также влево отделяется проток Коклюй, не имеющий стока в низкую межень.

На нижнем участке в Сомовку вливается небольшая часть вод Бахтемира через проток Каранчаг. От устья Каранчага основной ствол рукава вновь называется Старой Волгой. До слияния с протоком Талычей Старая Волга отделяет вправо ерик Маракушу, вливющий свои воды в Бахтемир, и влево — проток Чулпан, в котором течение воды в низкую межень отсутствует. Значительный приток вод Старая Волга получает из Бахтемира через Талычу, расход которой при отметке уровня воды —22,00 м равен 1900 $\text{м}^3/\text{сек.}$. После слияния с Талычей Старая Волга как бы вновь возрождается. Существующее мнение об отмирании Старой Волги относится к ее верхней и средней частям, что касается нижней части, то есть основание предполагать даже усиление ее стока. У с. Седлистого расход этой части составляет около 80 % расхода у истока.

Ниже Житного Старая Волга делится на ряд протоков. Правый, Бакланьий, несет 40 % стока и, в свою очередь, на выходе делится на несколько протоков, из которых наиболее многоводен Товарницкий. На его долю приходится около 50 % стока Бакланьего. Из левых ответвлений Бакланьего многоводен ерик Зюдева, расход воды которого при отметке

уровня — 22,00 м равен 380 м³/сек., что составляет 28,8 % от расхода Бакланьего у Мумры или 11,6 % от расхода Старой Волги у истока.

Общее представление о распределении стока в системе Старой Волги дает схема, приведенная на рис. 76.

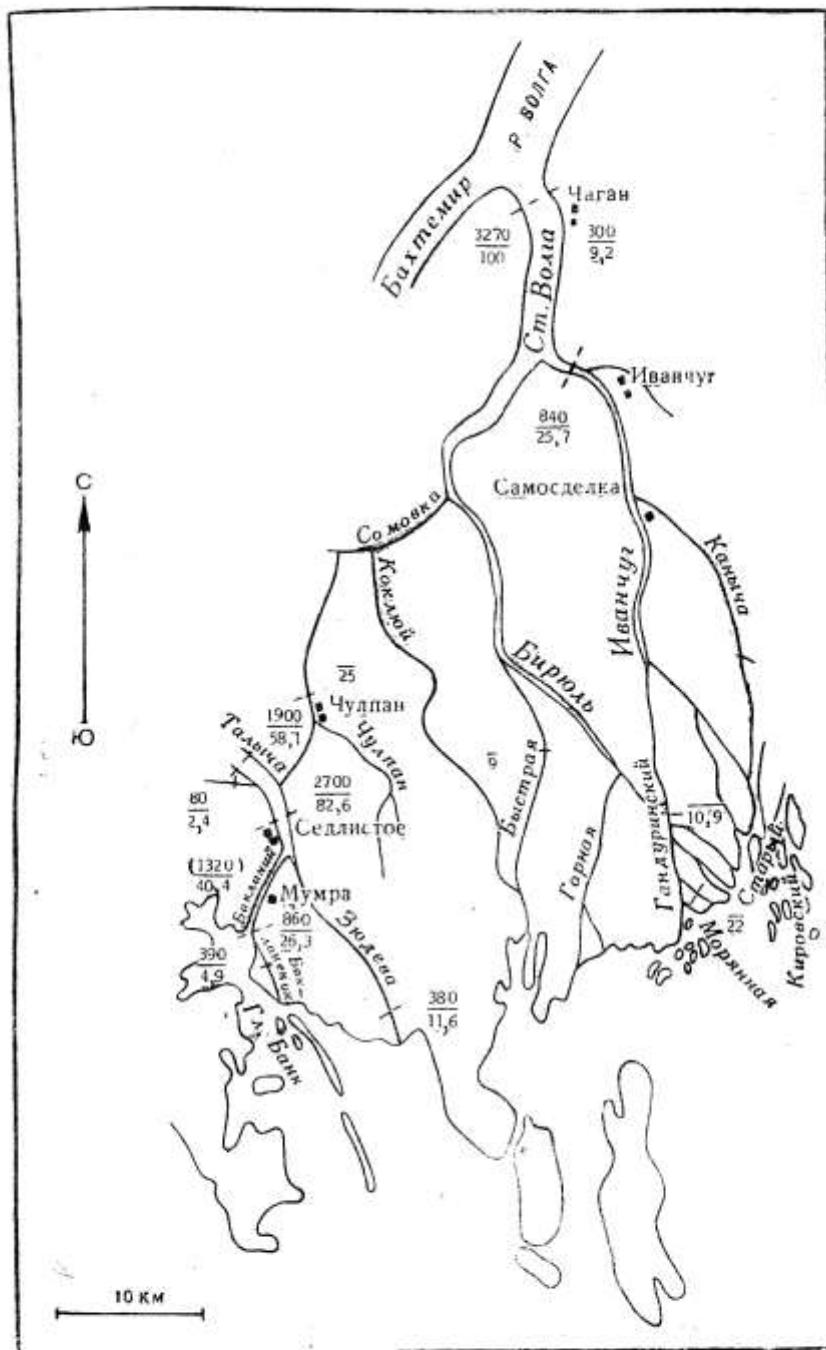


Рис. 76. Схема распределения стока в системе Старой Волги при отметке уровня воды у Астрахани — 22 м абрс.

В числителе — расход в м³/сек., в знаменателе — процент от расхода в истоке Старой Волги.

Сток системы Бахтемира

Прежде чем вступить в Бахтемир, воды Волги проходят от истока Камызяка 8 км по коренному руслу — глубоководному и широкому водному пути, почти прямолинейному. Русло Бахтемира также не разветвлено, что обусловлено, вероятно, как его молодостью, так и главным образом наличием более короткого и глубоководного пути для сброса волжских вод в море.

Бахтемир является наиболее многоводным рукавом западной части дельты, по нему проходит Волго-Каспийский водный путь.

Наибольшее внимание исследователей привлекали районы Сергиевской петли и Зюзинского архипелага, бывшего до последних десятилетий морским краем дельты. В этих районах издавна проектировалось улучшение судового хода путем устройства спрямлений и выпрямительных сооружений. На Бахтемире проводились многочисленные исследования, начиная с 1885—1890 гг. Разновременные данные этих работ дают весьма различающиеся величины стока, поступающего в Бахтемир в его истоке.

По данным Балинского [22], по материалам 1887—1890 и 1898 гг. на Бахтемир приходилось 31% стока Волги у Астрахани, а по данным Волжской описной партии [60] за период 1885—1888 гг. — 33,5% стока, по изысканиям 1919—1926 гг. — 34,3%, а по изысканиям Управления единой гидрометслужбы Азербайджана за 1932—1933 гг. — 37,1%, т. е. произошло некоторое увеличение стока Бахтемира. Распределение среднемесячных расходов воды за 1924—1925 и 1932—1933 гг. приведены в табл. 100.

Таблица 100
Внутригодовое распределение расходов воды ($\text{м}^3/\text{сек.}$) в истоке Бахтемира

Годы	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Год
1924—1925	822	797	478	518	590	770	982	2 543	3 230	1 655	845	733	1 163
1932—1933	1 066	939	573	571	652	620	1 187	2 047	2 113	1 300	1 066	1 073	1 100

В период 1936—1940 гг. на Бахтемире были произведены измерения расходов воды Волго-Каспийской рыбохозяйственной станцией ВНИРО, Центроморпроектом и Севкаспрыбмиостроем.

Наиболее полные и точные гидрометрические работы на Бахтемире были проведены в 1942—1953 гг. Волжской устьевой гидрометеостанцией. Кривые расходов воды Бахтемира $Q = f(H)$, построенные с использованием всех наиболее достоверных гидрометрических измерений разных лет, позволяют сделать некоторые выводы (рис. 77). Все точки расходов за годы до 1942 г. расположены левее средней кривой расходов последнего десятилетия, что также может указывать на увеличение расхода Бахтемира за это десятилетие. Причем, как видно из рис. 78, не обнаруживается сколько-нибудь существенных изменений в зависимости средних скоростей течения от уровня воды. В то же время заметно увеличение площади водного сечения реки, которое только за период последнего десятилетия составило в среднем около 4% (рис. 78).

За период 1937—1953 гг. средний многолетний расход воды Бахтемира равен $1790 \text{ м}^3/\text{сек.}$ (табл. 101), что составляет 47% расхода Волги у Астрахани, т. е. на 10—15% больше, чем по материалам изысканий прошлых лет.

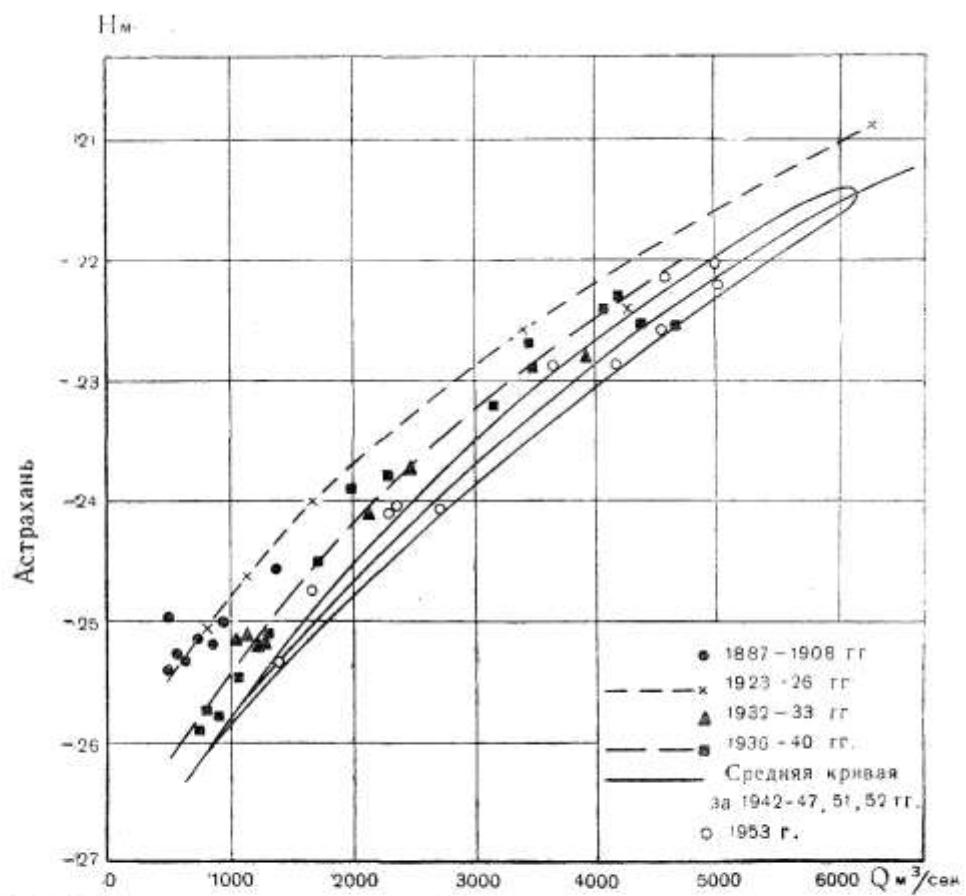


Рис. 77. Связь расходов воды в истоке Бахтемира с уровнями воды Волги у Астрахани.

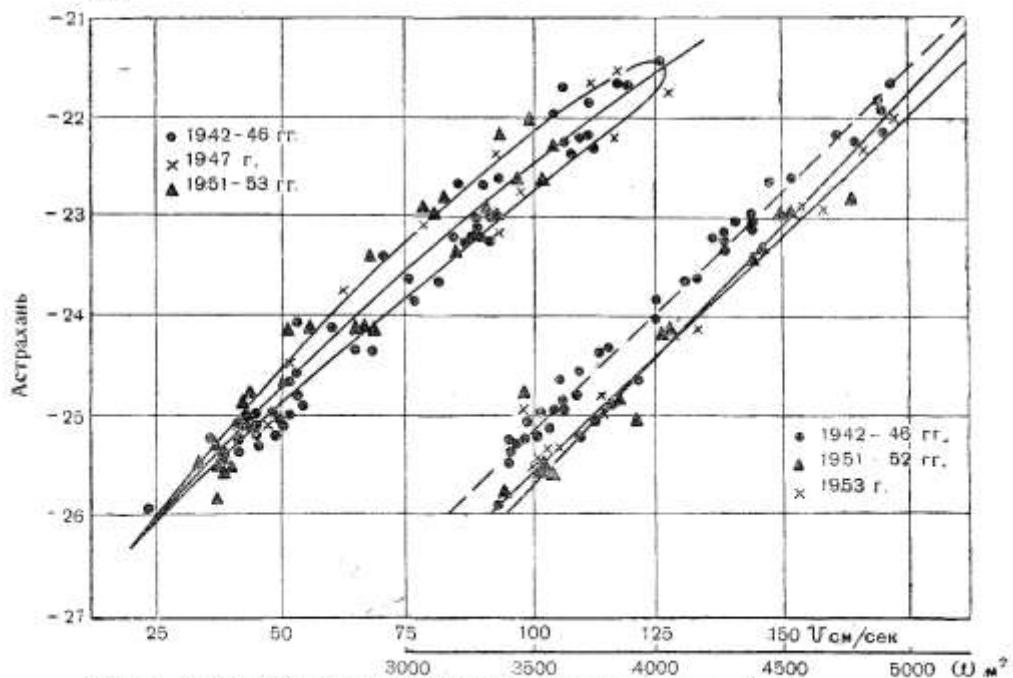


Рис. 78. Связь средних скоростей течения воды и площадей водного сечения в истоке Бахтемира с уровнями воды Волги у Астрахани.

Таблица 101

Внутригодовое распределение стока Бахтемира в истоке

Характеристика стока	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний, м ³ /сек.	866	992	1 070	1 660	3 760	4 350	2 470
Суммарный, км ³	2,32	2,40	2,87	4,29	10,08	11,25	6,62
% от годового стока	4,1	4,2	5,1	7,6	17,8	19,8	11,7
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	34,0	30,6	32,6	26,8	19,6	19,1	23,5

Характеристика стока	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее				
						год	IV—XII	XII—III	IV—VII	VIII—XI
Средний, м ³ /сек.	1 520	1 340	1 340	1 410	783	1 790	2 220	928	3 050	1 400
Суммарный, км ³	4,07	3,47	3,59	3,65	2,10	56,71	47,02	9,69	32,24	14,78
% от годового стока	7,2	6,1	6,3	6,4	3,7	100	82,9	17,1	56,9	26,0
% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего	29,2	31,1	30,0	28,9	32,6	24,2	26,0	32,4	22,2	29,8

Наибольший средний многолетний месячный сток приходится на июнь и равен 4350 м³/сек., наименьший — 783 м³/сек. на декабрь. Средний многолетний расход воды периода открытого русла равен 2220 м³/сек., а зимнего периода — 928 м³/сек.

Средний многолетний сток Бахтемира равен 56,7 км³ в год, причем 47 км³ приходится на период открытого русла. Если за зимний период (XII—III) проходит только 9,7 км³ воды, то за четыре месяца периода половодья (IV—VII) — 32,2 км³, т. е. в три с лишним раза больше.

В июне через Бахтемир в истоке проходит 19% расхода воды Волги в вершине дельты у Верхне-Лебяжьего. В межень расход воды Бахтемира значительно увеличивается и достигает в период осенней межени (сентябрь) 31% и зимний (январь) — 34%. В среднем за год проходит 24,2%, за 4 месяца весеннего половодья 22,2%, а за 4 месяца осенней межени 29,8% стока Волги за соответствующие периоды.

За последние 17 лет (1937—1953 гг.) наибольший секундный расход воды наблюдался в 1947 г. и был равен 6080 м³/сек., наименьший летний — 820 м³/сек. (1940 г.) и наименьший зимний — 582 м³/сек. (1953 г.) (табл. 102). По данным В. В. Валединского и Б. А. Аполлова, 6 июня 1926 г. наблюдался расход воды 6312 м³/сек. при отметке уровня воды — 21,60 м.

Проведенные в 1938—1940 гг. измерения расходов воды по длине Бахтемира позволяют в первом приближении судить о распределении расходов воды по отдельным участкам и протокам этой системы. На основании кривых расходов воды составлена табл. 103 распределения расходов в зависимости от уровня воды Волги. Прежде всего необходимо отметить, что расходы воды Бахтемира в истоке по осредненной кривой за период 1937—1953 гг. оказываются больше расходов периода 1938—1940 гг., при одних и тех же уровнях воды. Одной из основных причин такого расхождения может служить меньшая точность измерения расходов воды в прежние годы. Возможно также оказывается и увеличение расходов воды в Бахтемире за последнее десятилетие.

Таблица 102
Характерные расходы воды (м³/сек.) Бахтемира в истоке

Годы	Наибольшие расходы		Наименьшие расходы			
	м ³ /сек.	дата	летне-осенние		зимние	
			м ³ /сек.	дата	м ³ /сек.	дата
1937	3 780	21–23 V	1 070	18–19 X	(780)	30 XII 1936
1938	4 720	9–13 VI	900	19–20 X	(860)	5 I
1939	4 800	11 VI	970	8 X	(740)	24 XII 1938
1940	4 800	5–6 VI	820	30 XI	650	5–8 I
1941	5 300	27 VI–10 VII	1 190	11 X	700	27 XII 1940
1942	5 780	13–18 VI	1 320	11 X	950	11–12 XII 1941
1943	5 000	4–6 VI	1 480	29 X	720	24 XII 1942
1944	5 340	16–21 VI	1 620	7–10 IX	650	20–21 XII
1945	3 850	7–14 VI	1 310	22 IX	700	11–12 XII 1944
1946	5 750	18 VI	1 350	25–29 IX	910	20 XII 1945
1947	6 080	5 VI	1 640	21 IX	950	19–20 XII 1946
1948	5 540	7–8 VI	1 360	15 X	720	1 I
1949	4 620	19–25 VI	1 110	19 X	800	25 XII 1948
1950	4 380	3–4 VI	1 150	10 XII	790	23 XII 1949
1951	5 070	26–28 VI	1 090	6–11 X	1 050	3–5 I
1952	4 390	9–10 VI	1 300	7–13 IX	620	23 XII
1953	5 200	31 V	1 310	3–6, 9–12 IX	582	28 XII
Наибольший	6 080	1947	1 640	1947	1 050	1951
Наименьший	4 390	1952	820	1940	582	1953

Таблица 103
Распределение расхода воды в системе Бахтемира при различных уровнях воды Волги у Астрахани

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м				
		–26,00	–25,00	–24,00	–23,00	–22,00
Бахтемир	исток ¹	850	1 700	2 700	3 870	5 230
	исток ²	720	1 360	2 070	3 120	4 800
Бертиль	выше Ямного	670	1 220	1 800	2 430	3 610
	—	—	—	80	300	540
Алгаза	—	—	—	10	32	(100)
	—	—	55	180	310	550
Хурдун	Троицкое	560	1 070	1 630	2 240	2 840
	выше Трудфронта	13	64	—	—	—
Маракуша	Трудфронт	640	1 010	1 640	2 250	2 900
	— (20)	—	70	130	195	265
Бахтемир	выше Федоровки (Харбая)	560	1 100	1 740	2 420	3 120
	ниже Федоровки	200	260	350	500	680
Талыча	280	680	1 030	1 450	1 900	—
	в 1,1 км ниже истока	—	5	20	40	80
Крестовая	95	230	525	—	—	—
	Подстепная	—	—	—	—	—
Бассарга	Оранжерейное	—	—	—	—	—
	Бахтемир	240	550	900	1 260	1 680

¹ По осредненной кривой $Q = f(H)$ за период 1942–1953 гг.

² По кривой $Q = f(H)$ за 1938–1940 гг.

В период половодья, при отметке уровня воды —22,00 м, уже несколько ниже истока Бахтемир отдает около 25% своего стока протокам Бертиюлю, Алгазе, а ниже —Хурдуну и другим более мелким ответвлениям, соединяющим Бахтемир с западными подстепенными ильменями.

У с. Троицкого расход Бахтемира составляет около 60% от расхода в его истоке. Отдавая некоторую часть вод через Каранчаг Старой Волге и принимая от нее небольшую часть через Маракушу, к с. Трудфронту сток Бахтемира незначительно увеличивается, а выше Федоровки достигает уже 65% от стока в истоке, возможно, за счет приточности из западных подстепенных ильменей.

Ниже Бахтемир отделяет Подстепенную Бассаргу, в которую поступает около 14% стока в межень. Еще через несколько километров пути от Бахтемира отходит Талыча, уносящая 40% стока Бахтемира в половодье. У Оля сток составляет 54% от стока Бахтемира до отделения Талычи и Подстепной Бассарги или 35% от стока, получаемого Бахтемиром в истоке.

Большая часть стока Талычи уходит в Старую Волгу, сток которой у Седлистой больше стока Бахтемира у Оля на 60% (при отметке уровня —22,00 м).

Наибольший расход воды на протоках западных подстепенных ильменей при высоких уровнях наблюдался в протоке Хурдун ниже Подвойной и составлял около 16% от расхода Бахтемира (табл. 104). По длине Хурдун расход воды изменяется от 2 до 10% от расхода Бахтемира. Величина расхода Бертиюля составляет около 9% расхода Бахтемира. Из других протоков наиболее многоводны в период половодья Могута и Таранхол.

Таблица 104

Расходы воды основных водотоков района западных подстепенных ильменей, измеренные в 1937 г. при уровнях от —23,18 до —23,67 м по Астраханскому водомерному посту (по данным Волго-Каспийской рыбозостанции ВНИРО)

Водоток	Пункт	В половодье				В межень			
		дата	отметки уровня, м	расход		дата	отметки уровня, м	расход	
				м³/сек.	%			м³/сек.	%
Бахтемир	исток	—	—	—	100	—	—	—	100
Хурдун	ниже ёрника Ра-шинского	9 V 10 V	—23,30 —23,33	292 57	10,2 2,0	23 VII	—24,93	77	5,3
Бертиюль	ниже Подвойной	9 V	—23,30	467	16,2	23 VII	—24,93	64	4,4
Кривой Бер-тиуль	с. Боркино	9 V	—23,30	236	8,8	19 VII	—24,80	55	3,5
Алгаза	в 1 км выше устья	8 V	—23,32	122	4,3	20 VII	—24,82	55	3,5
Таранхол	с. Бертиюль	13 V	—23,18	275	9,1	—	—	—	—
Могута	в 0,2 км выше устья	12 V	—23,21	59	2,0	—	—	—	—
Рашинский	в 0,07 км ниже истока	13 V	—23,18	29	1,0	—	—	—	—
Курченко	в 0,1 км выше промысла	29 IV	—23,65	153	6,0	21 VII	—25,03	66	4,8
Зензела	в 0,16 км выше промысла	7 V	—23,36	468	16,7	—	—	—	—
	в 0,2 км выше устья	10 V	—23,33	44	1,5	—	—	—	—
	с. Курченко	11 V	—23,23	14	0,5	—	—	—	—
	поселок Кряженой	28 IV	—23,67	125	4,9	—	—	—	—

В межень, по мере истощения паводочных запасов, расходы воды на основных протоках, соединяющих западные подстенные ильмени между собою, уменьшаются, выравниваются по величине и составляют около 3—5% от расхода Бахтемира при тех же уровнях воды.

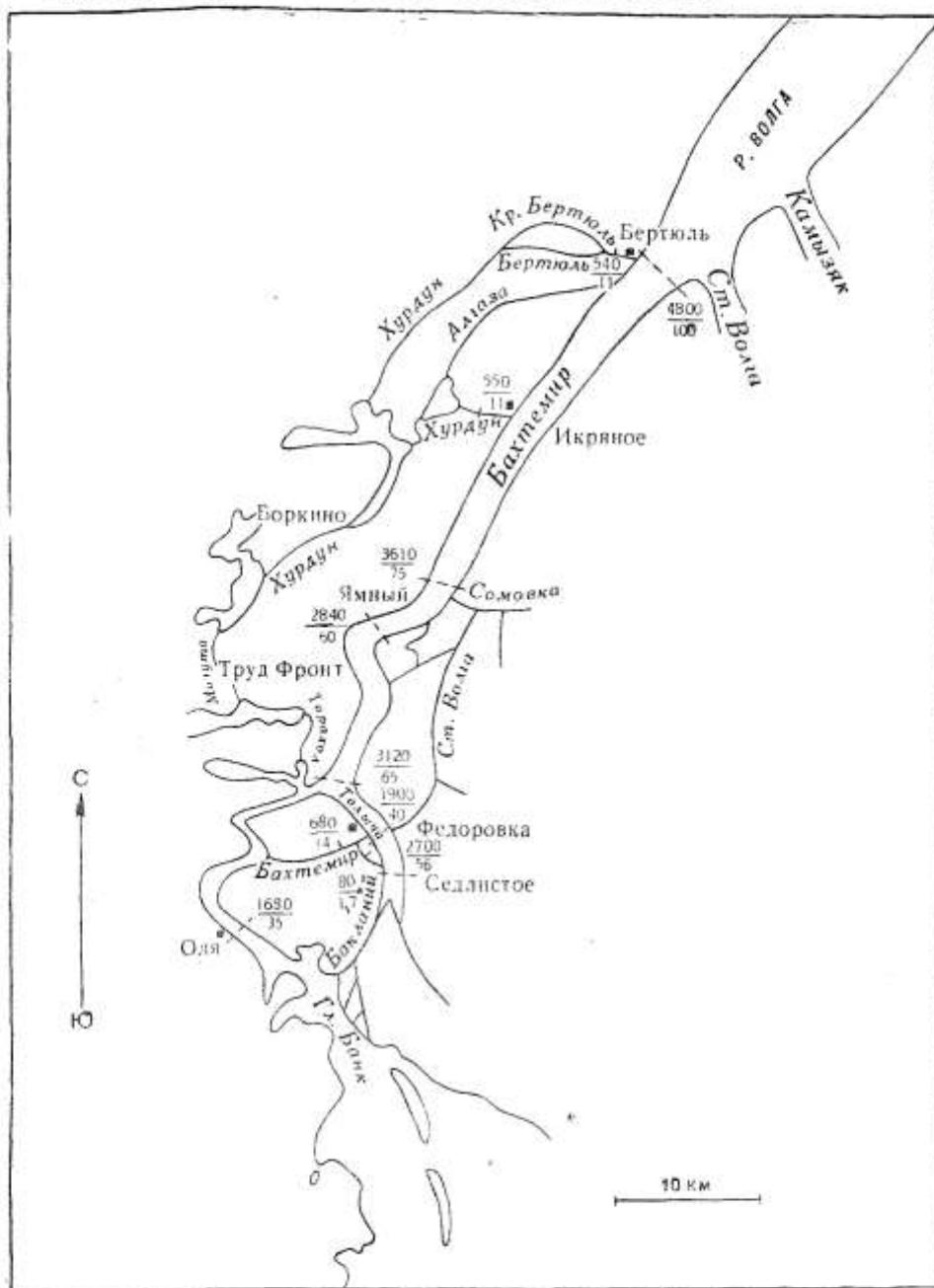


Рис. 79. Схема распределения стока в системе Бахтемира при отметке уровня воды Волги у Астрахани — 22 м абрс.

В числителе — расход в $\text{м}^3/\text{сек.}$, в знаменателе — процент от расхода в истоке Бахтемира.

Общее представление о распределении расходов воды в период половодья вдоль Бахтемира дает рис. 79. На схеме показаны величины расходов в $\text{м}^3/\text{сек.}$ и процентах от расхода Бахтемира в истоке.

Особый интерес представляет распределение расходов воды в нижней части Бахтемира и Старой Волги (табл. 105).

Из табл. 105 видно, что сток Талычи по отношению к стоку Бахтемира выше Федоровки (Харбая) несколько уменьшается в межень. У Бахтемира ниже Федоровки доля стока значительно увеличивается, но только при очень низких меженных уровнях воды.

В то же время Подстепная Бассарга значительно уменьшает свой сток в низкую межень (табл. 99), поэтому можно предполагать, что при уменьшении меженного стока Волги роль Бассарги еще более уменьшится. Небольшие изменения величины стока Бахтемира у Оля зависят, очевидно, в некоторой степени от взаимодействия вод Бахтемира и западных подстепных ильменей.

Таблица 105

Распределение расходов воды в нижней части Бахтемира и Старой Волги

Водоток	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м			
		—26,00		—22,00	
		расходы		расходы	
		м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%
Бахтемир	выше Федоровки (до отделения Подстепной Бассарги)	560	100	3 120	100
Талыча	Федоровка	280	50	1 900	61
Крестовая	—	—	—	80	3
Бахтемир	ниже Федоровки	200	36	680	22
	Оля	240	43	1 680	54
Старая Волга	Седлисто	400	72	2 700	89
Бакланий	Мумра	200	36	(1 320)	(42)
Товарицкий	—	100	18	—	—
Бакланий	Зюзин	125	22	—	—
Подстепная Бассарга	Оранжерейное	95	14	—	—

Еще нет достаточных современных данных, позволяющих уверенно сказать о возможном отмирании участка петли Бахтемира у Оля, однако ее существование, безусловно, поддерживается землечерпательными работами. При их отсутствии воды Бахтемира пошли бы по более короткому пути и деятельней была бы Старая Волга ниже Талычи и ее старое продолжение Бакланий. Это подтверждается работой М. Ф. Розена [199], которым на основании данных почвенно-геологических исследований и образцов, взятых со дна реки, составлены две карты областей смыва и намыва для лета и осени 1924 г. (рис. 80).

Из этих карт видно, что наибольшей эрозионной активностью обладают ерики Бурлаков, Зюдева и Цыганка, дно которых летом и осенью очень интенсивно размывается. Нередко процессы размыва русла происходят перед русловыми островами. Размыв у с. Житного на дне Старой Волги происходит даже на глубине 14,5 м, обнажая древние отложения.

На схематической карте изменения глубин в низовьях Старой Волги и Бахтемира (рис. 81) показаны наибольшие глубины по профилю, причем цифры в числителе относятся к июню, а в знаменателе — к сентябрю. Глубины отнесены к уровню средней осенней межени. Схема показывает, что к осени процессы размыва в большей степени выражены в протоках Старой Волги.

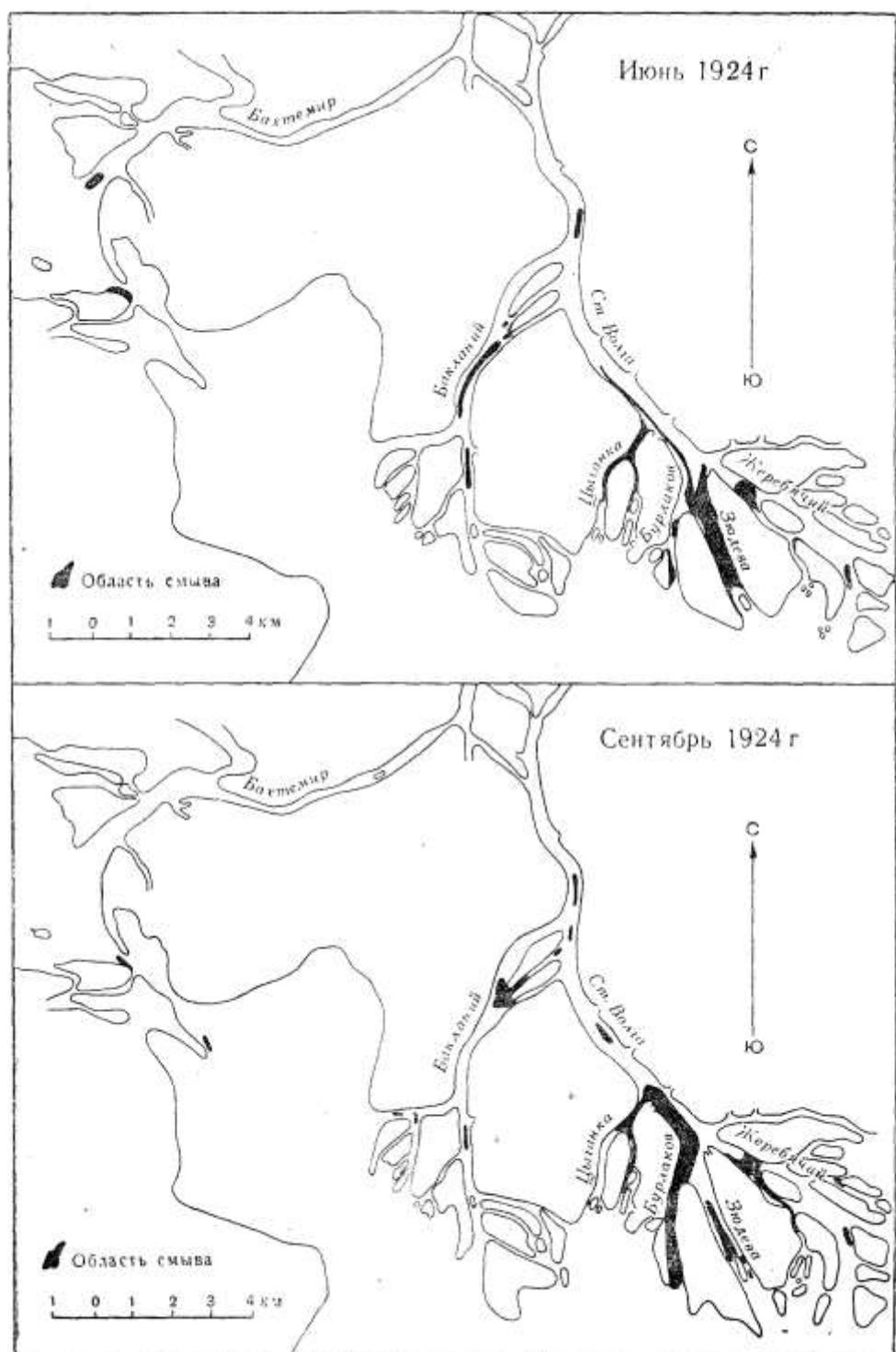


Рис. 80. Карты областей смыва в низовьях Старой Волги и Бахтемира для июня и сентября 1924 г. (по М. Ф. Розену).

Нет основания также считать, что воды Бахтемира будут перемещаться в район западных подстепенных ильменей. Наоборот, в случае снижения стока Волги не исключена возможность постепенного отмирания этих ильменей, особенно в верхней части дельты.

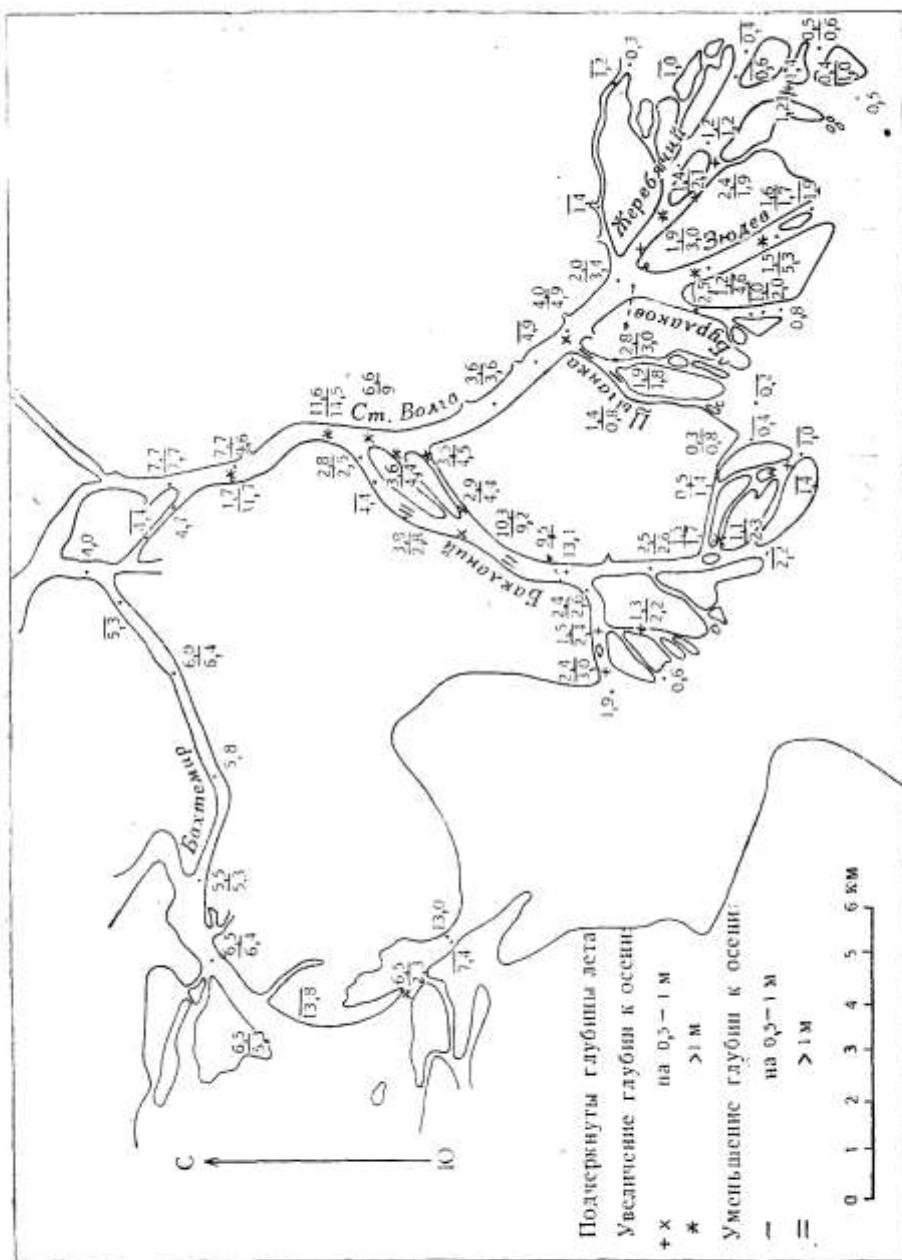


Рис. 81. Схематическая карта изменения глубин в низовьях Старой Волги и Бахтемира от лета к осени 1924 г. (по М. Ф. Розену).

Основными путями питания западных подстепенных ильменей являются Бертиль, Хурдун и Алгаза, по которым поступает сток из верхней и средней частей Бахтемира, а также Шардемир и Дарма, сток по которым поступает из Волги. При уменьшении стока Волги количество воды, поступающей в эти протоки, резко сократится, т. е. сократится водное питание ильменей, что поведет к их постепенному отмиранию. Кривые $Q = f(H)$

(рис. 82) показывают, что уже при отметках уровня —24,00 и —24,50 м сток в наиболее многоводные протоки, соединяющие Бахтемир с западными подстепными ильменями, сокращается почти в 5 раз. При уменьшении стока Волги в период половодья сократится продолжительность и величина питания ильменей, увеличится период расходования вод ильменями. В результате этого многие ильмени должны отшнуроваться. В период межени сами ильмени питаются в основном грунтовыми водами, однако вследствие уменьшения стока Волги уровень этих грунтовых вод падает. Кроме того, в период межени ильмени обычно отдают воду Бахтемиру. Все это вместе приведет к еще большему истощению вод ильменей.

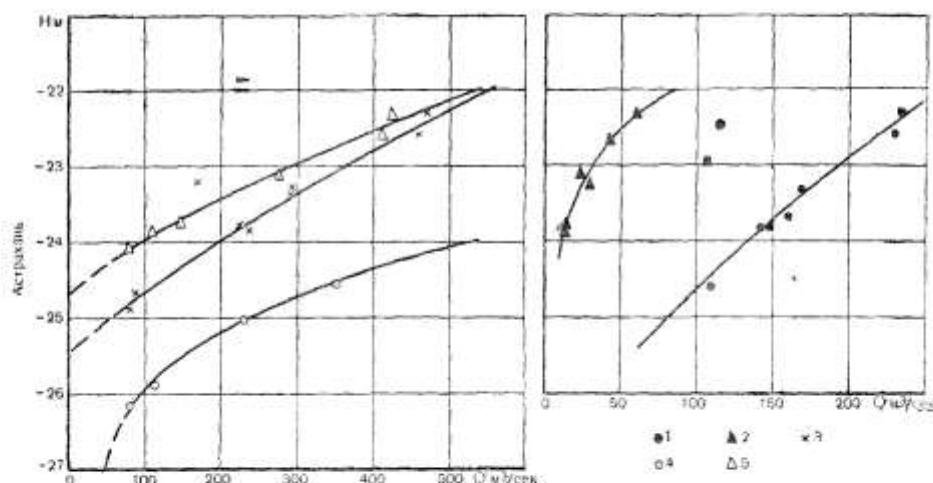


Рис. 82. Кривая $Q = f(H)$ правобережных протоков системы Бахтемира.

1 — Тарайхон, 2 — Алгаза, 3 — Хурзун, 4 — Подстепная Бассарга, 5 — Беретиль.

На рис. 83 показаны схемы распределения расходов воды в рассматриваемом узле Бахтемира и Старой Волги в период межени и в период половодья, причем ширина рукавов показывает величину расхода воды в масштабе для межени 1 мм — 100 м³/сек., для половодья 1 мм — 200 м³/сек.

Схемы рис. 83 а и 83 в составлены по данным табл. 103 для отметок уровней воды —26,00 и —22,00 м.

Для сравнения распределения стока в водном узле на рис. 83 б приведена схема распределения расходов воды по данным Центроморпроекта за период 8—12 апреля 1939 г. при отметках уровня от —25,81 до —25,89 м. По данным измеренных расходов воды 10—15 апреля 1936 г. при среднем уровне —21,90 м Волго-Каспийской научной рыбхозстанцией ВНИРО на рис. 83 г приведено распределение расходов в период половодья.

Все схемы, как и табл. 104, показывают, что при переходе уровней от половодных к меженным расходы воды в Старой Волге ниже Федоровки значительно уменьшаются. При снижении величины стока Волги доля Бахтемира ниже этого узла будет относительно увеличиваться, а доля расхода Талычи несколько уменьшаться, что, вероятно, обусловлено дноуглубительными работами на Бахтемире. Однако расходы воды Старой Волги ниже Талычи будут попрежнему большими.

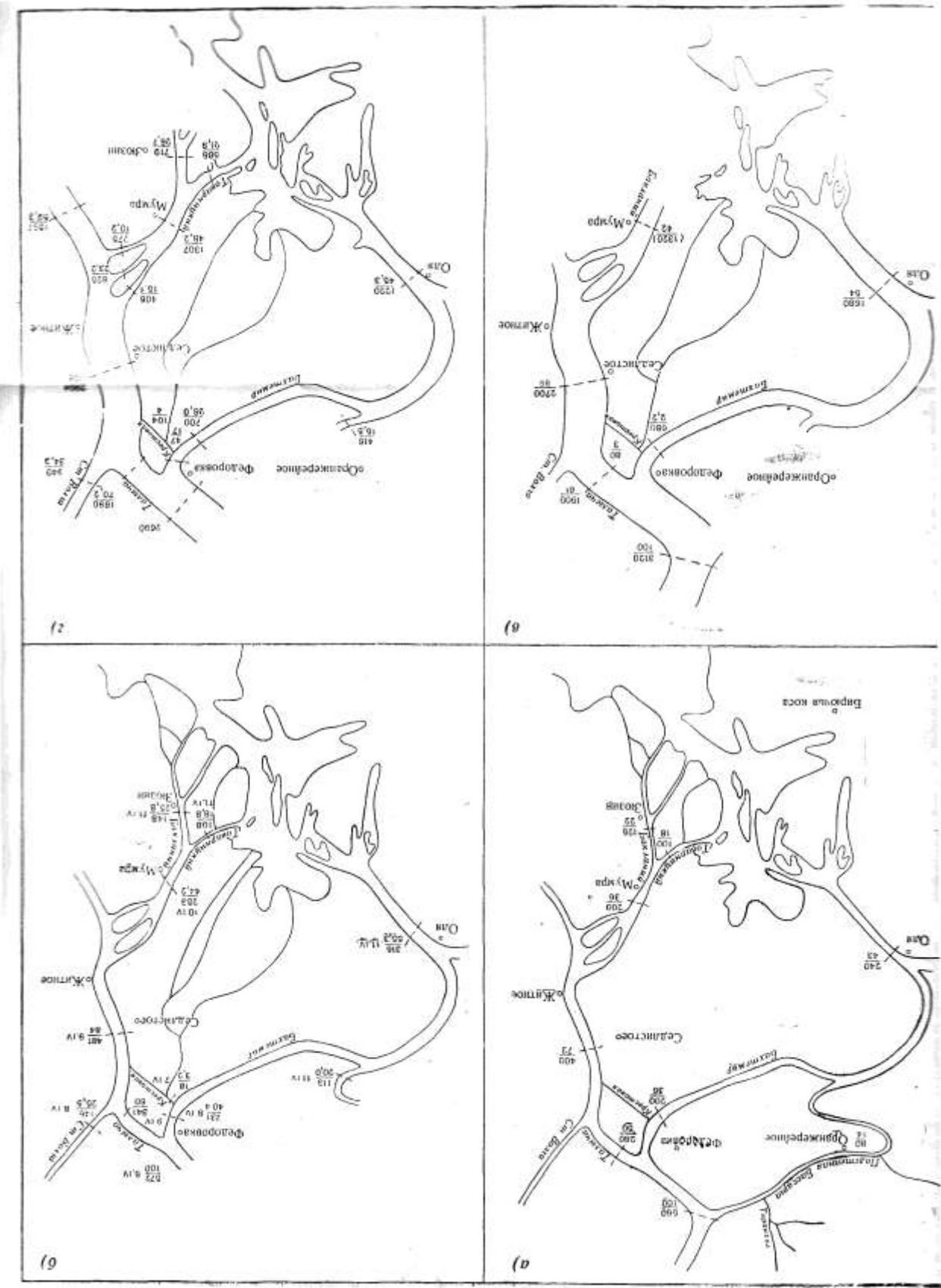


Рис. 83. Схема распределения расходов воды в низовьях Старой Волги и Бахтемира в периоды межени и весеннего половодья.

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА МЕЖДУ ГЛАВНЫМИ РУКАВАМИ ДЕЛЬТЫ И ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПРИ УМЕНЬШЕНИИ СТОКА ВОЛГИ

В недалеком будущем создаваемый в низовьях Волги ряд гидротехнических сооружений внесет много изменений как в условия поступления в волжскую дельту воды с вышележащего течения реки, так и в условия распределения стока на пространстве дельты, т. е. изменится по существу характер питания дельты, что очень важно, как уже отмечалось, для отраслей народного хозяйства, связанных с использованием природных богатств дельты. Как же изменялось распределение стока в дельте в прошлом и каково возможное его перераспределение в недалеком будущем?

Указание на то, что основная масса воды в дельте постепенно перемещается с востока на запад, можно найти уже в работе К. М. Бэра и Н. Я. Данилевского [36] в 1860 г. Это явление было также отмечено позднее В. И. Мейснером [151] и с тех пор мнение о перемещении стока с востока на запад укоренилось в литературе [32, 60, 224]. Считается, что главный фарватер вначале проходил по Болде, затем по Иванчугу. Такое мнение основывается на анализе записок Дженкинсона [85] и Олеария [173].

Высказывание о перемещении стока на запад обосновывается также и влиянием отклоняющей силы вращения земли. Однако для развития воздействия этой силы на водные массы и через них на русла водотоков необходимы благоприятные условия рельефа местности и наличие размыываемых грунтов.

Кроме того, помимо этих более или менее постоянных факторов, на распределение и перераспределение стока по основным рукавам дельты Волги, как уже отмечалось ранее [15], могут влиять: 1) величина стока Волги, поступающего в дельту; 2) уровень моря и 3) морфометрические характеристики русла. В результате общего влияния этих факторов может происходить или не происходить дальнейшее перемещение стока Волги на запад в район западных подстепенных ильменей, несмотря на влияние отклоняющей силы вращения земли.

Укоренившееся в литературе мнение о перемещении основного стока дельты Волги почти с крайнего востока — с Болды в Иванчуг и только потом уже в Старую Волгу и Бахтемир также не имеет веских доказательств. Наоборот, основываясь на первоисточниках, скорее можно утверждать, что ни Болда, ни Иванчуг не были в XVI и XVII веках основными рукавами дельты Волги.

В 1936 г. А. В. Соколов высказал предположение, что с XVI и до начала XIX века главным рукавом была Старая Волга. Как будет показано ниже, с доводами Соколова нельзя не согласиться.

Существует мнение, что Дженкинсон шел главным фарватером и что поэтому в XVI веке главным протоком была Болда. Однако Дженкинсон не оставил никаких указаний, что она была главным рукавом. Дженкинсон вышел в море через Болду, очевидно, потому, что шел кратчайшим путем, желая выйти не на юг, а на восток в направлении р. Урал. Описание древней географической карты «Книга Большому чертежу», как указывал Соколов, подтверждает, что во второй половине XVI века главным судоходным рукавом была Старая Волга¹.

Исходя из описаний путешествия Олеария в Персию, многие авторы считают, что в XVII веке основная масса вод дельты Волги переместилась на запад и главным фарватером стал Иванчуг. Однако сопоставление

¹ Книга Большому чертежу. СПб. 1835.

текста и карты Олеария показывает, что Олеарий шел не по Иванчугу, а по Старой Волге. Он прошел мимо Иванчуга, Бирюля и еще двух протоков и вышел в море действительно одним из второстепенных боковых протоков.

На довольно подробной карте Олеария хорошо изображена западная часть дельты, где один рукав показан более полноводным, восточная часть отсутствует. Сопоставляя карту Олеария с современными картами, можно увидеть весьма большое сходство в очертаниях этого полноводного рукава со Старой Волгой.

В своей книге Олеарий пишет: «10-го октября мы выехали из Астрахани и около полудня в 12 часов, при прекрасной тихой погоде, отправились в путь. Курс наш отсюда по морю был большею частью к югу и юго-востоку...». Переждав плохую погоду, 14-го октября при попутном северо-северо-восточном ветре путешественники... «дошли до часовни Иванчуг, в 30 верстах от Астрахани».

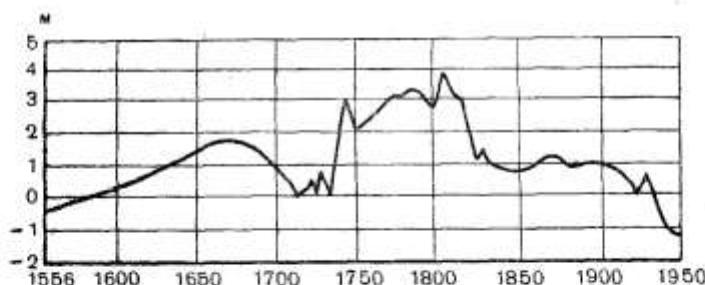


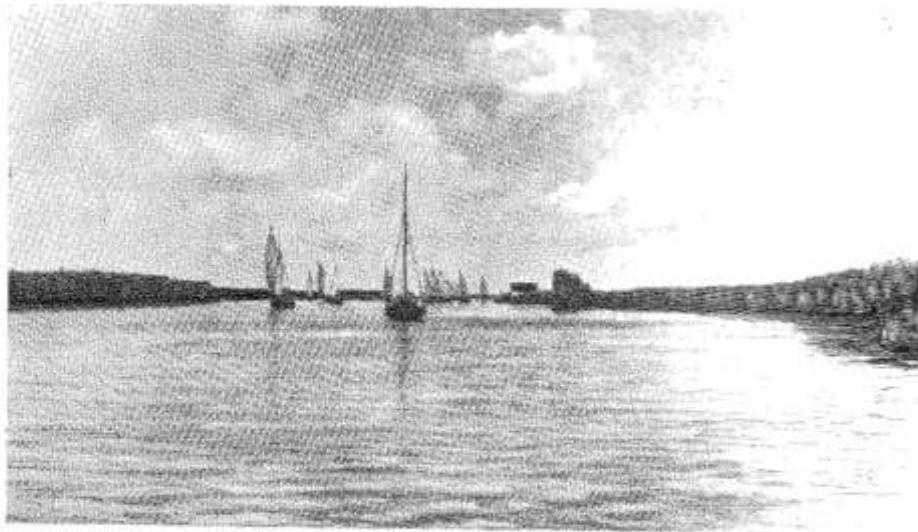
Рис. 84. График колебания уровня Каспийского моря с 1556 по 1950 гг. (за годы 1556—1825 по Л. С. Бергу).

На основании приведенного описания Мейслер [151] и считал, что главным рукавом в XVII веке был Иванчуг. Но последующее описание Олеария указывает, что он вероятнее всего пошел дальше не по Иванчугу, а по Старой Волге. В описании говорится, что Олеарий проходил мимо о. Перул, что, как указывает Л. С. Берг [32], есть о. Бирюль.

Таким образом, с XVI и до начала XIX века, т. е. в период общего повышения уровня моря [32], главным рукавом была, очевидно, Старая Волга. В первой половине XVIII века устье Старой Волги проходило по современному протоку Бакланьему (у Мумры), во второй половине XVIII века оно располагалось несколько выше. В настоящее время Старая Волга более или менее многоводна в верховье до Бирюля и в низовье ниже Талычи, через которую поступает сток из Бахтемира. Средняя часть Старой Волги — Сомовка — при очень низких уровнях воды Волги почти пересыхает.

Со времени достижения уровнем моря наивысшей точки (за период XVI—XIX века) и начала его снижения (рис. 84) главным судоходным рукавом является Бахтемир. Он в настоящее время представляет собой наиболее мощный рукав, сохраняющий свой сток почти на всем протяжении, мало дробится, исключая нижний узел. В истоке расход воды Бахтемира в половодье равен, по данным 1938—1940 гг., 4800 м³/сек., у Трудфронта 2900 м³/сек., а у Оля 1680 м³/сек. Часть своих вод Бахтемир еще отдает западным подстепенным ильменям, а также Старой Волге.

Как же распределяется волжский сток по основным рукавам дельты, и какое влияние оказывают колебания его величины на перераспределение стока рукавов?



Рыбачьи суда выходят в море.
Фото С. С. Байлина.



Проток Шмагина в среднем течении.
Фото М. М. Рогова.

Первая попытка подсчета распределения стока по главнейшим рукавам дельты была сделана в 1936 г. Волго-Каспийской рыбохозяйственной станцией ВНИРО. Эта попытка основана на измерениях значительного количества расходов воды многих водотоков дельты. В результате этих измерений оказалось возможным приблизенно охарактеризовать распределение стока по многим рукавам и протокам дельты при определенном уровне воды. Так как при различных уровнях производились только единичные измерения расходов воды, то для приведения к паводочному уровню, для которого составлялась схема распределения стока, пользовались формулой Шези.

На основании исследований 1936—1939 гг. в 1940 г. Севкаспрбмелио-строем было вычислено процентное распределение расходов воды основных рукавов при различных уровнях воды в дельте (табл. 106).

Таблица 106

Распределение расходов воды по основным водотокам дельты по данным 1936—1939 гг.

Водоток	Пункт	Уровень воды над нулем рейки Астраханского водомерного поста, м									
		расходы									
		м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%
Волга	Верхне-Лебяжье	1 800	100	5 400	100	11 750	100	19 000	100	25 950	100
Бузан	исток	260	14,5	1 490	27,6	3 180	27,1	1 940	26,0	6 400	24,9
Прямая Болда	"	80	4,4	270	5,0	660	3,6	1 180	6,2	1 620	6,2
Кривая Болда	"	60	3,3	195	3,6	425	3,6	770	4,0	1 110	4,3
Камызяк	"	300	16,7	630	11,7	1 205	10,2	2 030	10,7	3 010	11,6
Бахтемир	"	760	42,2	1 200	22,2	1 945	16,6	3 350	17,6	5 000	19,3
Старая Волга	"	260	14,5	630	11,7	1 815	11,2	2 160	11,4	2 880	11,1
Прочие	"	80	4,4	985	18,2	3 020	25,7	4 570	24,1	3 930	22,5

Таблица 106, основанная на приближенных кривых расходов воды, построенных по данным отдельных измерений, дает только общее представление о распределении стока в истоках основных рукавов. Вследствие приближенности подсчетов расходов воды, даже при неучете расходов Волго-Ахтубинской поймы и Ахтубы в истоке дельты, на неучтенный сток по мелким рукавам и поймам, помеченным «прочие», дается до одной четверти всего расхода дельты, что является, по данным новейших исследований, весьма завышенной величиной. Кроме того, величина стока мелких рукавов и пойм оказывается при уровне воды в 2,00 и 2,70 м меньше, чем при уровне в 1,00 м, чего не может быть.

На основании стационарных работ Волжской устьевой гидрометстации за период 1941—1950 гг. Ф. Н. Линберг и М. М. Рогов показали в 1952 г. распределение стока по основным рукавам дельты с учетом стока Ахтубы и поймы (табл. 107). Эти данные являются достаточно точными, однако, как видно из таблицы, при отметке уровня воды —25,00 м величина стока, приходящаяся на более мелкие рукава, отходящие от Волги, а также величина стока, затрачиваемая на потери, равна нулю. Современное распределение расходов воды по основным рукавам дельты приведено в табл. 108.

Таблица 107

Распределение суммарного расхода волжской воды по рукавам дельты
(средние за период 1941—1950 гг.) в м³/сек. и в % от расхода Волги

Река	Пункт	Отметки уровня воды по Астраханскому водометру посту, м											
		-21,60			-22,00			-23,00			-24,00		-25,00
		среднее	норма	среднее	норма	среднее	норма	среднее	норма	среднее	норма	среднее	норма
Волга	Верхне-Лебяжье	28 500	31 300	22 300	25 300	14 700	16 900	19 100	9 400	10 800	12 100	5 400	5 800
		85,1	86,2	92,3	93,0	96,7	95,5	95,5	98,0	98,0	97,5	100	100
Ахтуба	Лосанс	1 620	1 700	1 800	1 190	1 400	1 550	500	360	175	240	300	—
		4,8	4,7	4,8	4,9	5,1	5,1	3,3	4,3	1,3	2,0	2,4	—
Пойма	Верхне-Лебяжье	—	3 300	—	5 300	700	350	—	25	—	15	0	0
		—	9,0	—	2,1	2,6	2,8	—	0,0	—	0,0	0,0	0,0
Бузан	исток	8 500	9 150	9 500	7 000	8 000	8 950	4 300	5 700	6 600	3 100	3 650	4 200
		25,3	25,2	25,4	25,2	29,2	29,1	31,6	32,2	33,0	32,3	33,1	33,8
Рычан	—	1 170	1 220	1 250	1 010	1 040	1 160	690	760	830	410	450	480
		3,5	3,4	3,3	4,2	3,9	3,8	4,5	4,3	4,2	4,3	4,0	3,8
Нижняя Болда	—	2 100	2 200	2 250	1 700	1 800	1 900	1 080	1 170	1 260	620	680	740
		6,3	6,1	6,0	7,1	6,6	6,2	7,1	6,6	6,3	6,5	6,1	6,0
Камызяк	—	4 125	4 650	4 750	3 250	3 700	4 150	22 050	2 550	2 800	1 470	1 680	1 875
		12,3	12,8	12,7	13,6	13,5	13,5	14,8	14,4	14,0	15,3	15,2	15,1
Старая Волга	—	3 500	3 700	3 800	3 000	3 200	3 400	2 075	2 260	2 450	1 325	1 460	1 600
		10,4	10,2	10,1	12,5	11,7	11,1	13,6	12,3	12,2	13,8	13,3	12,9
Бахтемир	—	5 650	6 000	6 200	4 700	5 200	5 600	3 350	3 750	4 150	2 350	2 625	2 900
		16,9	16,5	16,6	19,6	19,6	18,4	22,1	21,2	20,8	24,5	23,8	23,4
Прочие	—	3 455	4 100	4 600	1 640	2 350	3 090	455	760	1 010	125	255	—
		10,3	12,0	12,3	6,8	8,4	10,0	3,0	4,0	5,0	1,3	2,4	2,5
Суммарный сток	—	33 500	36 300	37 500	24 000	27 400	30 700	15 200	17 700	20 000	9 600	11 000	12 400
		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 108

Распределение суммарного расхода воды Волги по рукавам дельты
по данным 1937—1953 гг.

Рукав	Отметки уровня воды по Астраханскому водомерному посту, м									
	—25,50		—25,00		—24,00		—23,00		—22,00	
	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%	м ³ /сек.	%
Бузан	850	24,0	1 680	28,5	3 470	30,2	5 570	30,1	8 280	29,2
Рычан	105	3,0	200	3,4	430	3,7	740	4,0	1 110	3,9
Большая Болда . . .	195	5,5	340	5,8	730	6,3	1 240	6,7	1 830	6,5
Суммарный расход трех восточных рукавов . . .	1 150	32,5	2 220	37,7	4 630	40,2	7 550	40,8	11 220	39,6
Камызяк	600	16,9	1 000	16,9	1 780	15,5	2 700	14,6	3 750	13,2
Старая Волга	430	12,1	750	12,7	1 520	13,2	2 360	12,8	3 300	11,7
Бахтемир	1 250	35,2	1 700	28,8	2 700	23,5	3 850	20,9	5 230	18,5
Суммарный расход трех западных рукавов . . .	2 270	64,2	3 450	58,4	6 000	52,2	8 910	48,3	12 280	43,4
Прочие рукава . . .	80	2,3	190	3,2	670	5,8	1 010	7,1	2 510	8,9
Волга у Верхне-Лебяжьего	3 550	100	5 900	100	11 300	98,2	17 800	94,6	26 000	91,9
Ахтуба у Досанга . .	—	—	—	—	210	1,8	650	3,5	1 360	4,8
Волго-Ахтубинская пойма	—	—	—	—	—	—	50	0,3	940	3,3
Общий расход у Верхне-Лебяжьего — Досанга . . .	3 550	100	5 900	100	11 500	100	18 500	100	28 300	100

Из этой таблицы, составленной по осредненным кривым расходов (рис. 85), а также из рис. 86 видно, что расходы воды Волги у Верхне-Лебяжьего при отметке уровня воды —22,00 м составляют 91,9% общего расхода в истоке дельты, Ахтубы — 4,8% и Волго-Ахтубинской поймы 3,3%. В западную часть дельты поступает 43,4% расхода воды, а в восточную — в основные рукава —39,6%, а всего с Ахтубой и Волго-Ахтубинской поймой — 47,7%, причем на Бахтемира приходится 18,5%, а на Бузан 29,2% расхода Волги.

Вследствие перераспределения уклонов воды и изменения формы и размеров водного сечения русла в истоках дельтовых рукавов при различных уровнях воды в Волге пропускная способность этих рукавов значительно изменяется. Быстро уменьшается доля расхода воды Волго-Ахтубинской поймы и Ахтубы. При отметке уровня —25,50 м доля Бузана уменьшается до 24%, а доля Бахтемира значительно увеличивается (до 35%). При средней межени через восточные рукава проходит 37,7% расходов воды, т. е. расходы уменьшаются всего на 2%, а через западные рукава — 58,4%, увеличиваясь на 15%.

Значительное увеличение пропускной способности русла Бахтемира при низких горизонтах воды происходит также и вследствие искусственно

поддерживаемых на нем больших глубин. На Бахтемире значительно позже, чем на других рукавах, устанавливается ледяной покров и раньше происходит вскрытие вследствие искусственного взламывания льда в начале и конце навигационного периода.

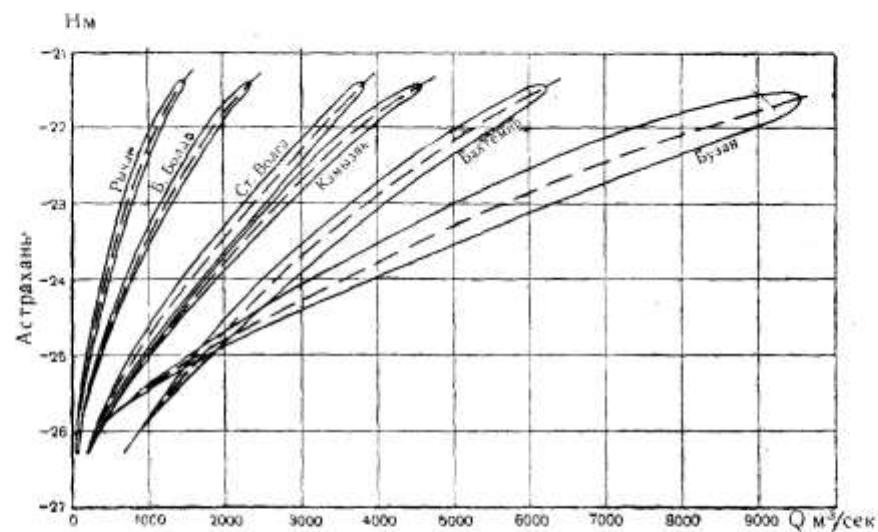


Рис. 85. Осредненные кривые $Q = f(H)$ основных рукавов дельты Волги за период 1942—1953 гг.

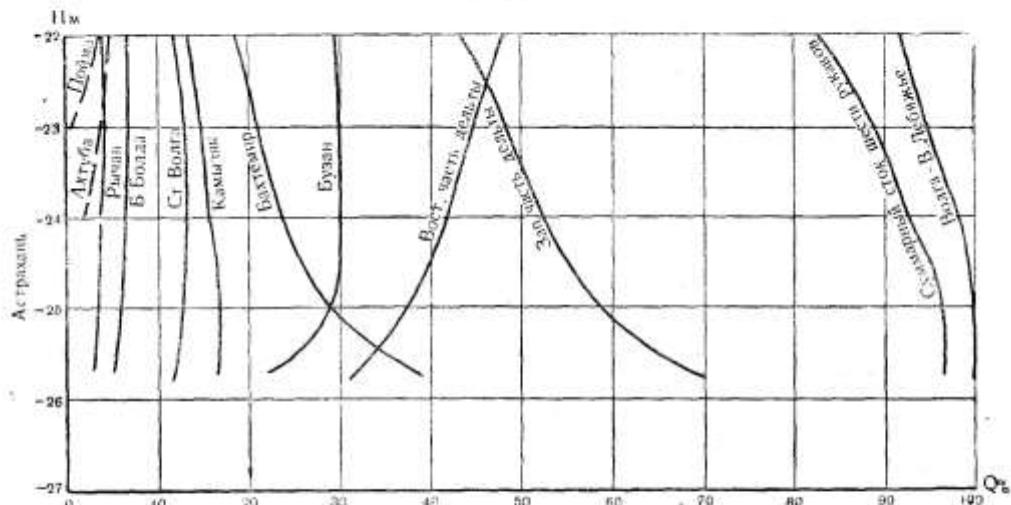


Рис. 86. Распределение расходов воды в истоках основных рукавов и в верховье дельты при различных отметках уровня воды Волги у Астрахани (проценты).

При меженных уровнях воды несколько увеличивает свой сток и Камызяк.

Относительное увеличение пропускной способности Бахтемира и Камызяка при понижении уровней Волги происходит за счет уменьшения доли участия в распределении волжских расходов воды восточной части дельты и резкого сокращения доли расходов мелких рукавов.

Кривые $Q = f(H)$ и составленная по ним таблица распределения стока по рукавам в зависимости от уровня дают представление о распределении стока при определенном уровне воды, однако они не дают харак-

теристики распределения истинных величин стока по рукавам за определенные промежутки времени (месяцы, сезоны, годы).

Распределение среднегодового стока по основным (главным) рукавам дельты за период 1942—1950 гг. показано в табл. 109. В подсчет этих величин не вошли данные маловодного периода 1937—1940 гг. и периода со стоком, близким к среднему за 1951—1953 гг.

Таблица 109

Среднегодовой сток главных рукавов дельты Волги
за 1942—1950 гг.
(по данным Ф. Н. Линберга и М. М. Рогова)

Рукав	Пункт	Сток, км ³
р. Волга	Верхне-Лебяжье	235,7
Бузан	в 8 км ниже истока	73,4
Рычан	исток	9,1
Большая Болда	*	14,6
Камызяк	*	37,4
Старая Волга	*	31,7
Бахтемир	*	61,4
Прочие	—	8,1

В табл. 110 дано распределение стока по рукавам дельты за период 1937—1953 гг.

Из 233 км³ стока Волги на основные рукава восточной части приходится 38,3%, а вместе с Ахтубой и Волго-Ахтубинской поймой 41,5%, что соответствует 97 км³ воды в год.

На основные рукава западной части дельты приходится 51,6% стока Волги, или 120 км³.

Наиболее многоводный рукав восточной части дельты — Бузан уносит 28,4% годового стока Волги, т. е. 66 км³ воды в год. В западной части дельты сток Бахтемира равен 57 км³, или 24,2%, Камызяка 34,1 км³ и Старой Волги 29 км³, что составляет соответственно 14,8 и 12,6% от годового стока, поступающего в дельту.

Хронологический график стока (км³) в дельте Волги за период 1937—1953 гг. (рис. 87) показывает резкое отклонение от среднемноголетнего стока наиболее многоводных 1947 и 1942, а также 1937—1940 гг. с наименьшим стоком. Амплитуда колебания годового стока уменьшается вместе с уменьшением водности рукава. Исключением является Волго-Ахтубинская пойма, амплитуда годового стока которой почти одинаковая с амплитудой Большой Болды, в то время как сток Большой Болды почти в 7 раз больше стока Волго-Ахтубинской поймы.

В зависимости от водности года изменяются и величины годового стока рукавов и соответственно происходит перераспределение стока между рукавами западной и восточной частей дельты. Выше уже было отмечено наличие перераспределения стока при изменении уровней воды, связанных с величинами расходов. Хронологический график стока западной и восточной частей дельты (рис. 88) показывает, как и следовало ожидать, общее совпадение колебания стока западной и восточной частей дельты. Существенные изменения в колебании стока восточной части выявляются при суммировании величины стока рукавов восточной части дельты с величинами стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы.

Таблица 110

Распределение среднегодового расхода воды ($\text{м}^3/\text{сек}$, $\%_0$ и км^3) по рукавам дельты Волги

Годы	Бахтемир	Рукава				Суммарный расход шести рукавов	Волга — Верхне-Лебяжье	Ахтуба — Досыг	Волго-Ахту-бинская пойма	Суммарный расход Волги у Верхне-Лебяжьего
		Старая Волга	Камызяк	Большая Болда	Рычан					
1937	1 290	706	773	330	187	1 300	4 590	4 860	2,9	4 930
1938	1 340	687	692	330	212	1 260	4 520	5 610	16,5	5 750
1939	1 350	746	732	356	227	1 370	4 780	5 700	18,6	5 850
1940	1 350	717	992	404	156	1 800	5 420	5 840	19,7	6 000
1941	1 930	987	1 120	535	343	2 280	7 200	7 680	228	109
1942	2 120	1 140	1 280	593	330	2 640	8 100	8 540	236	163
1943	1 890	948	1 150	497	274	2 110	6 870	7 180	166	40,2
1944	1 900	964	1 120	468	275	2 160	6 890	7 430	184	7 690
1945	1 810	918	1 090	422	231	2 150	6 620	6 780	113	5,4
1946	2 110	1 110	1 270	532	305	2 440	7 770	8 190	230	182
1947	2 400	320	1 510	669	392	3 010	9 300	10 000	333	211
1948	2 090	1 080	1 250	532	310	2 490	7 750	8 390	225	143
1949	1 720	866	1 050	416	239	2 010	6 300	6 790	146	19,1
1950	1 820	925	1 140	433	250	2 090	6 660	7 970	119	6 960
									8,9	7 200
1951	1 740	875	1 050	425	245	1 980	6 320	6 780	158	6 980
1952	1 740	833	1 080	436	254	2 190	6 530	6 810	114	6 930
1953	1 960	970	1 210	509	295	2 440	7 380	7 950	246	8 270
									84	
Среднее, $\text{м}^3/\text{сек}$	1 790	928	1 089	464	266	2 100	6 640	7 150	174	7 400
Среднее, $\%$	24,2	12,6	14,8	6,3	3,6	28,4	89,9	96,7	67	100
Среднее, км^3	57	29	34	15	8	66	209	226	0,9	233
									5,5	2,2

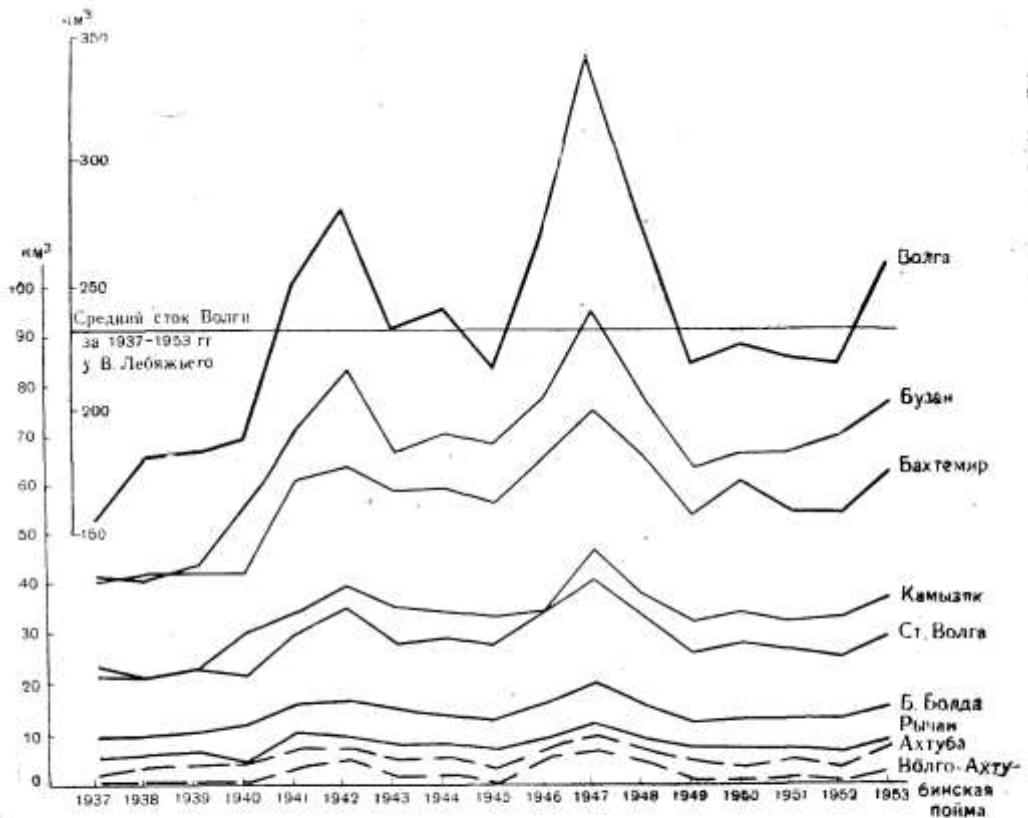


Рис. 87. Хронологический график стока в дельте Волги за период 1937–1953 гг. (км³).

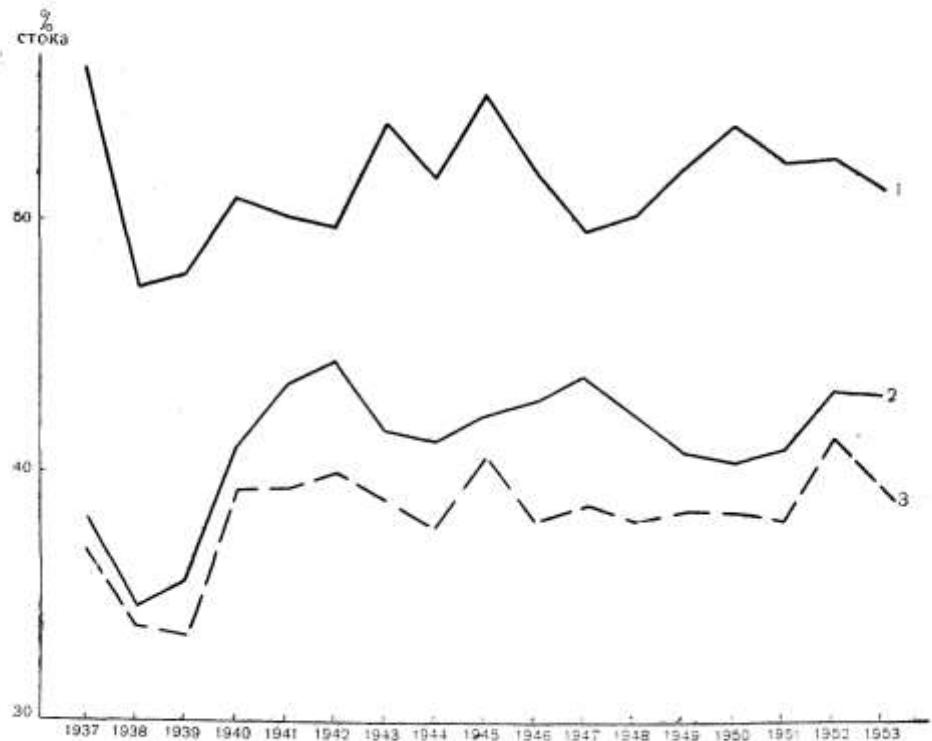


Рис. 88. Хронологический график стока западной и восточной частей дельты Волги за период 1937–1953 гг. (проценты).

1 — западная часть дельты, 2 — восточная часть дельты с Ахтубой и поймой, 3 — восточная часть дельты.

В многоводные годы при увеличении доли стока восточной части дельты доля стока западной части дельты соответственно уменьшается, происходит сближение величин стока обеих частей дельты. В маловодные годы, наоборот, доля стока восточной части дельты уменьшается, а западной увеличивается, что можно объяснить до некоторой степени уменьшением в эти годы стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы. В годы 1937—1939 отмеченная закономерность не выражена. Это, очевидно, объясняется малочисленностью и меньшей точностью данных измеренных расходов воды за этот период, а также весьма малыми величинами стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы.

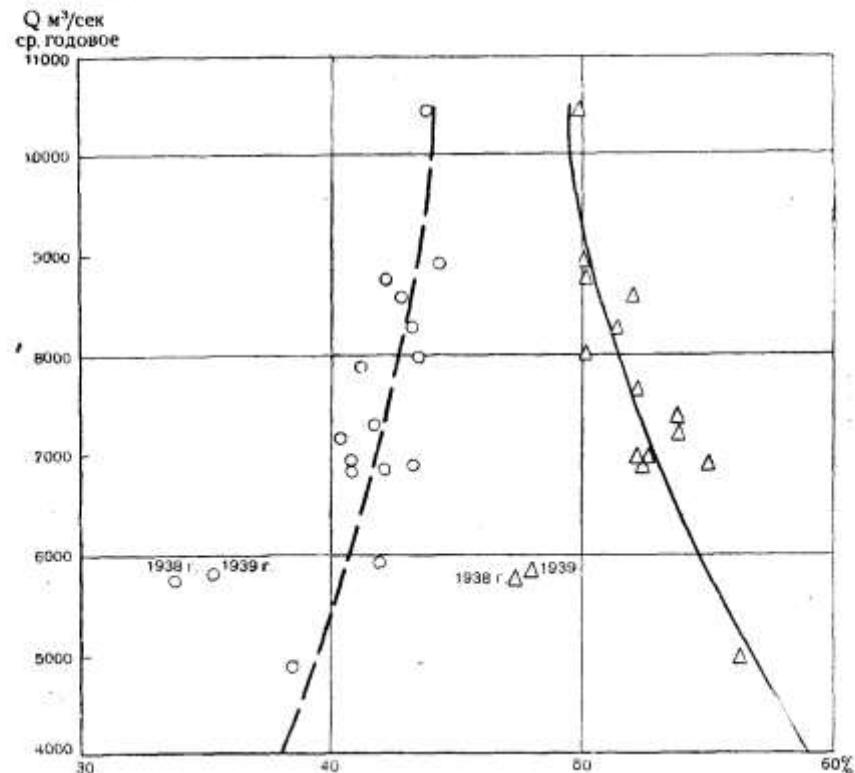


Рис. 89. Распределение среднегодового стока западной и восточной частей дельты в зависимости от величины стока Волги.
— восточная часть дельты, — западная часть дельты.

На рис. 89 показана зависимость величин стока западной и восточной частей дельты, выраженных в процентах от среднегодового стока Волги. Хотя точки на графике несколько разбросаны, а точки стока 1938 и 1939 гг. имеют значительные отклонения, однако вырисовывается вполне ясная тенденция к уменьшению среднегодового стока восточной части дельты и увеличению стока западной части дельты при уменьшении стока Волги. Необходимо также отметить, что аналогичные зависимости для отдельных рукавов показывают наличие за период 1937—1953 гг. тенденции увеличения стока у Бахтемира, небольшое увеличение, а затем уменьшение у Старой Волги и отсутствие ясно выраженного изменения доли стока Бузана в зависимости от среднегодового стока Волги. Значительные изменения в перераспределении стока по основным рукавам могут произойти только при резком уменьшении меженного стока Волги, что хорошо видно из графиков связи среднемесячных расходов воды в процен-

такх от стока Волги с величинами стока Волги, поступающего в дельту (рис. 90).

Уменьшение стока Волги в период половодья не вносит существенных изменений в распределение стока по основным рукавам дельты, однако доля стока восточной части дельты уменьшается, а относительная доля западной части увеличивается в первую очередь за счет уменьшения стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы. Существенное перераспределение стока происходит в межень, причем уменьшение стока Волги в этот пе-

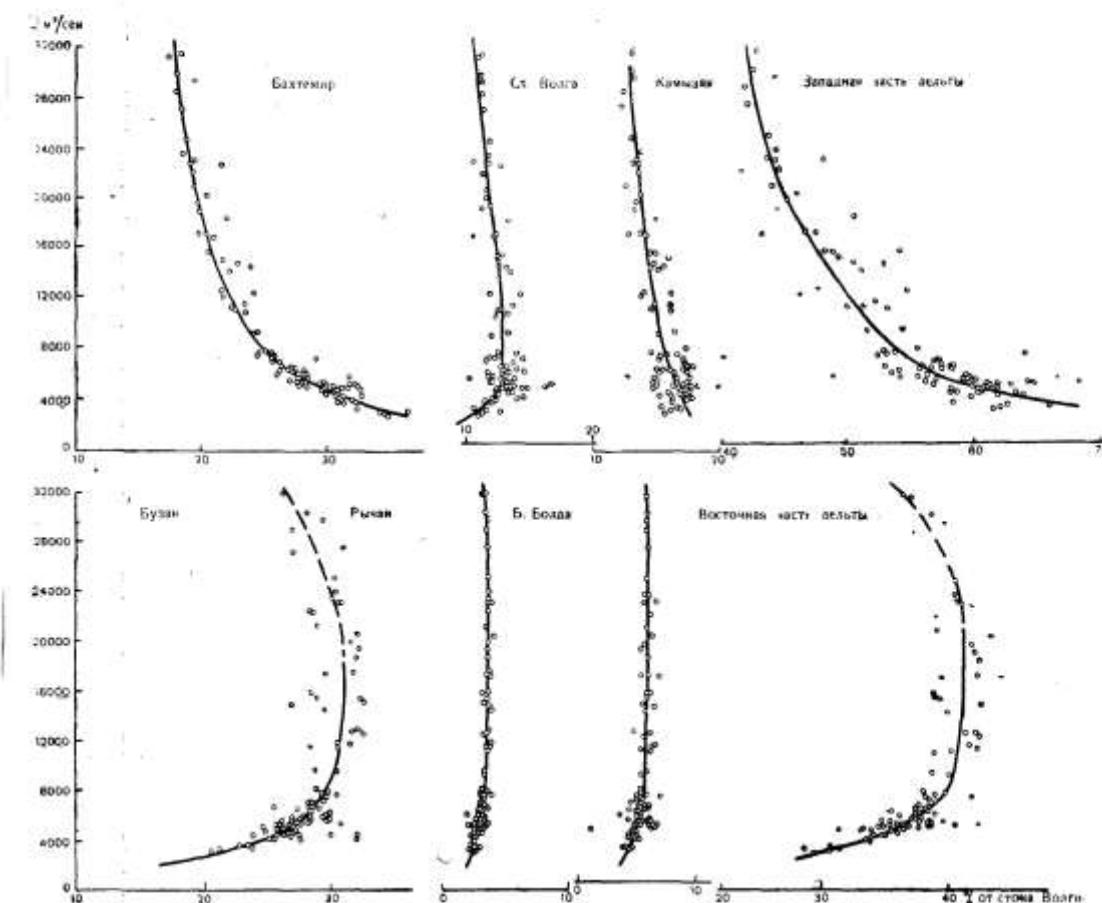


Рис. 90. Распределение среднемесячных расходов рукавов западной и восточной частей дельты в зависимости от среднемесячного расхода Волги у Верхне-Лебяжьего (проценты).

риод приводит к увеличению стока западной части и уменьшению стока восточной части.

После создания ряда волжских гидроузлов изменится до некоторой степени гидрологический режим Нижней Волги, могут изменяться и величины водного стока и его распределение в году по рукавам дельты. Последняя зависимость (рис. 90) дает возможность предвидеть изменения распределения стока по основным рукавам дельты. По ней можно рассчитать среднемесячные расходы воды, которые будут проходить в истоке каждого основного рукава дельты. Для этого необходимо знать среднемесячные расходы воды Волги у Верхне-Лебяжьего или у Сталинграда. В последнем случае следует учитывать задержание стока в руслах и

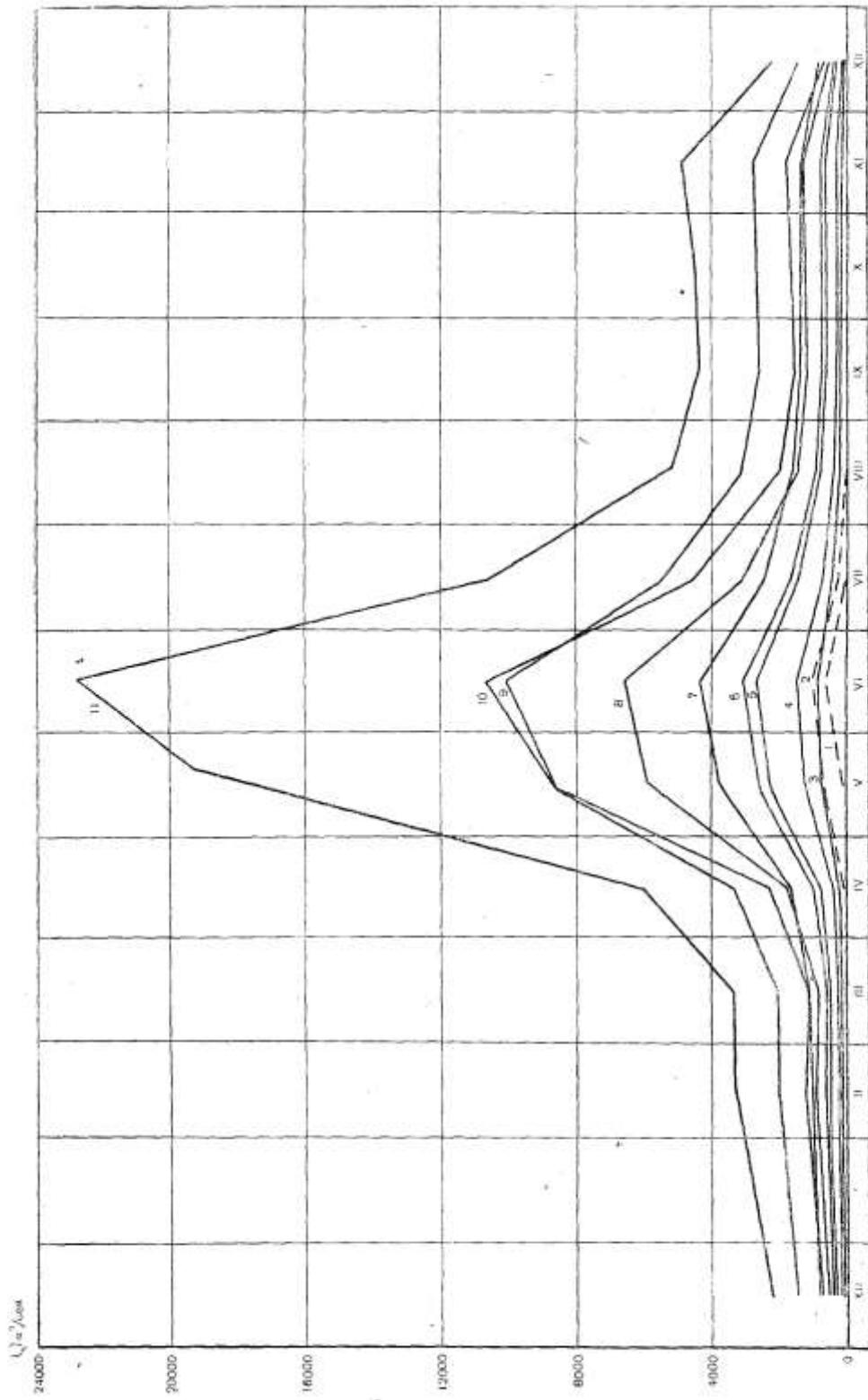


Рис. 91. Гидрографы среднемесечных расходов воды основных рукавов дельты Волги (1937—1953 гг.)
 1 — Волго-Ахтубинская пойма, 2 — Ахтуба, 3 — Лчубя, 4 — Рица, 5 — Б. Билим, 6 — Булгар, 7 — Камызяк, 8 — Бузан, 9 — Бахчисарай, 10 — западная часть Аскании, 11 — Волга.

Волго-Ахтубинской пойме, происходящее по пути к дельте, пользуясь хотя бы табл. 65 или графиком (рис. 50).

Аналогичные зависимости распределения стока Волги по рукавам могут быть построены и для других интервалов времени.

Описанная выше закономерность в распределении стока между западной и восточной частями дельты еще раз показывает, что при уменьшении водности Волги соотношение стока западной и восточной частей дельты будет изменяться, причем доля стока восточной части должна уменьшиться в первую очередь за счет уменьшения стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы, а доля стока западной части — увеличиться.

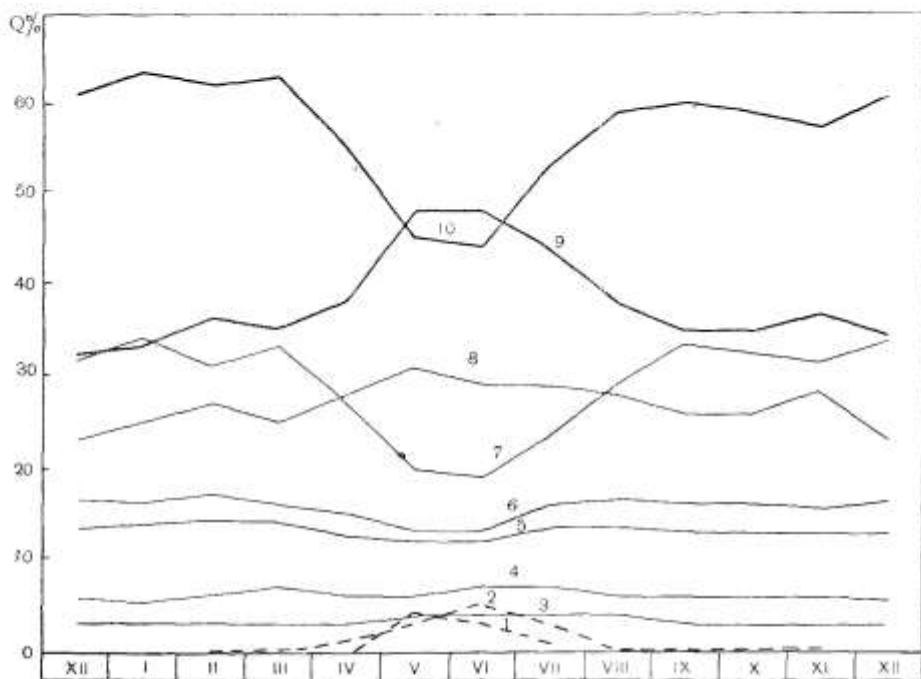


Рис. 92. Внутригодовое колебание стока основных рукавов дельты Волги в процентах от стока Волги у Верхне-Лебяжьего (1937—1953 гг.).

1 — Волго-Ахтубинская пойма, 2 — Ахтуба, 3 — Рычан, 4 — Б. Болда, 5 — Ст. Волга, 6 — Камызяк, 7 — Балтемир, 8 — Бузан, 9 — восточная часть дельты, 10 — западная часть дельты.

Показав распределение среднегодового стока воды по рукавам и между отдельными частями дельты, рассмотрим закономерности внутригодового распределения стока по отдельным рукавам и между западной и восточной частями дельты.

Как показывает рис. 91, гидографы среднемесячных расходов воды рукавов аналогичны гидрафу Волги у Верхне-Лебяжьего. Однако амплитуды колебания среднемесячного стока уменьшаются с уменьшением водности рукава.

Внутригодовой ход расходов воды отдельных частей дельты естественно повторяет аналогичный ход расходов отдельных рукавов, описанный выше. Наибольшие величины среднемесячных расходов воды приходятся на июнь, причем суммарный расход западной части дельты равен 10 000 м³/сек., а восточной — 9000 м³/сек. Однако вместе с расходом Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы расход восточной части дельты равен 10 600 м³/сек. Таким образом, в июне сток этой части дельты несколько больше стока западной ее части.

Таблица III

Многолетние характеристики расходов воды (м³/сек.) в дельте Волги за 1937—1953 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год	Среднее			
														IX—III			
														IX—VI			
Бахчевир у истока	866	992	1 070	1 660	3 760	4 350	2 470	1 520	1 340	1 410	783	1 790	928	3 060	1 400	2 220	
Старая Волга у истока	362	456	458	756	2 240	2 690	1 420	708	564	574	632	289	928	391	1 780	619	1 200
Камызяк у истока	436	540	517	908	2 570	3 050	1 660	861	700	723	747	363	1 090	464	2 050	758	1 400
Суммарный расход воды по трем западным рукавам	1 664	1 988	2 045	3 324	8 570	10 090	5 550	3 089	2 604	2 637	2 789	1 435	3 800	1 783	6 790	2 767	4 820
Большая Волда у Началово	148	188	185	351	1 240	1 500	711	318	254	266	120	464	160	950	281	616	
Рыткан у Яманцуг	76	99	103	197	738	887	414	178	137	140	156	66	266	86	559	153	356
Бузан у истока	677	874	826	1 710	5 880	6 550	3 070	1 460	1 130	1 180	1 350	511	2 100	723	4 300	1 280	2 790
Суммарный расход по трем восточным рукавам	901	1 161	1 114	2 258	7 858	8 937	4 195	1 956	1 521	1 586	1 792	697	2 820	969	5 809	1 714	3 761
Суммарный расход по восточным рукавам, Ахтубе и Волго-Ахтубинской пойме	901	1 163	1 116	2 313	8 656	10 605	4 533	1 968	1 523	1 600	1 807	697	3 062	968	6 524	—	4 024
Суммарный расход по шести рукавам	2 565	3 149	3 159	5 582	16 428	19 027	9 745	5 045	4 125	4 223	4 581	2 132	6 620	2 752	12 599	4 481	8 582
Суммарный расход по шести рукавам, Ахтубе и Волго-Ахтубинской пойме	—	2,3	3 151	3 161	5 637	17 226	20 695	10 083	5 057	4 127	4 238	4 596	2 132	6 862	2 752	13 313	4 481
Ахтуба у Досснага	2 565	—	1,6	53,3	689	1 030	272	11,7	2,4	14,5	15,2	—	174	—	512	—	262
Волго-Ахтубинская пойма у Верхне-Лебяжьего	—	—	—	—	1,8	109	638	66,4	—	—	—	67,5	—	202	—	—	—
Суммарный расход Волги у Верхне-Лебяжьего (Волга, Ахтуба, пойма)	2 690	3 240	3 280	6 100	19 100	22 800	10 500	5 210	4 310	4 460	4 880	2 190	7 400	2 850	14 600	4 720	9 670

Наименьший среднемесячный расход воды в осеннюю межень (сентябрь) западной части дельты равен $2600 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а восточной — $1500 \text{ м}^3/\text{сек.}$, т. е. среднемесячный сток западной части дельты в межень оказывается почти в два раза большим, чем восточной части. При дальнейшем уменьшении среднемесячного стока это соотношение еще больше увеличивается. Так, в декабре, когда самый малый месячный сток, сток западной части дельты в два раза больше, чем восточной.

Среднегодовой расход воды западной части дельты равен $3800 \text{ м}^3/\text{сек.}$, восточной — только $2100 \text{ м}^3/\text{сек.}$, а вместе с расходом Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы — $2800 \text{ м}^3/\text{сек.}$. Подробные сведения о внутригодовом распределении расходов воды по основным рукавам дельты приводятся в табл. 111.

На рис. 92 показано изменение величины стока (%) рукавов западной и восточной частей дельты на протяжении года. Если Бахтемир, имея сток в межень, равный 30—33% от общего стока дельты, в период половодья уменьшает его до 20—22%, то Бузан увеличивает свой сток от межени к половодью от 23 до 31%. Незначительно увеличивают свою долю стока Большая Болда и Рычан. В период половодья наполняются водами Ахтуба и Волго-Ахтубинская пойма, сток которых достигает соответственно 5 и 3% от стока Волги. Камызяк и Старая Волга в период половодья уменьшают свою долю стока, причем Старая Волга с 14 до 12%, а Камызяк с 16,5 до 13,5%.

Весьма заметно перераспределение стока в целом между западной и восточной частями дельты. Если в межень разность между величинами стока этих частей дельты равна почти 30% (при доле стока западной части дельты более 60%, восточной более 30%), то в период половодья (май—июнь) сток обеих частей дельты почти уравнивается. Доля стока западной части оказывается несколько менее 45%, а восточной — несколько более 45%.

При открытом русле через главные рукава западной части дельты в среднем за 1937—1953 гг. прошло в период половодья (IV—VII) 71 и в период летне-осенней межени (VIII—XI) 29% стока. В то же время через главные рукава восточной части прошло соответственно 77 и 23%, а вместе со стоком Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы — 79 и 21% стока.

Таким образом, влияние колебаний годового стока Волги на перераспределение его по рукавам дельты не вызывает сомнения. Что же касается влияния моря, то приближенные величины перераспределения стока были уже приведены ранее [15].

При снижении уровня Каспия намечается некоторая тенденция перераспределения стока как между западной и восточной частями дельты, так и между отдельными рукавами. На каждый метр падения уровня моря западная часть дельты увеличивает дополнительный свой сток в среднем до 2% от стока Волги у Верхне-Лебяжьего, сток восточной части соответственно уменьшается. Увеличение отмечается в основном у Бахтемира, а уменьшение — у Старой Волги и Бузана. Однако так как материалов наблюдений по Бузану недостаточно, то установленная величина изменения его стока в истоке в связи с падением уровня моря может считаться весьма ориентировочной. Уровень Каспийского моря в значительной степени зависит от величины стока Волги, т. е. влияние падения уровня моря на перераспределение стока в большей степени выражается зависимостью стока рукавов от стока Волги. Период большого падения уровня моря совпал с периодом значительного уменьшения стока Волги, поэтому не исключена возможность, что практически влияние уровня моря на перераспределение стока в истоках основных рукавов и между западной и восточной частями дельты по сравнению с влиянием величины

стока Волги можно не учитывать. На низовые участки рукавов влияние падения уровня моря, очевидно, оказывается больше. Влияние понижения уровня моря оказывается также на русловых процессах, ведущих к изменению морфометрических характеристик русел рукавов.

Отсутствие материалов по динамике русел дельтовых водотоков не дает возможности в полном объеме проанализировать влияние изменения морфометрических характеристик русел на перераспределение стока по рукавам.

Имеющиеся материалы за период 1942—1953 гг., за который среднегодовой уровень Каспийского моря упал приблизительно на 0,5 м, показывают наличие некоторых изменений в площадях водного сечения основ-

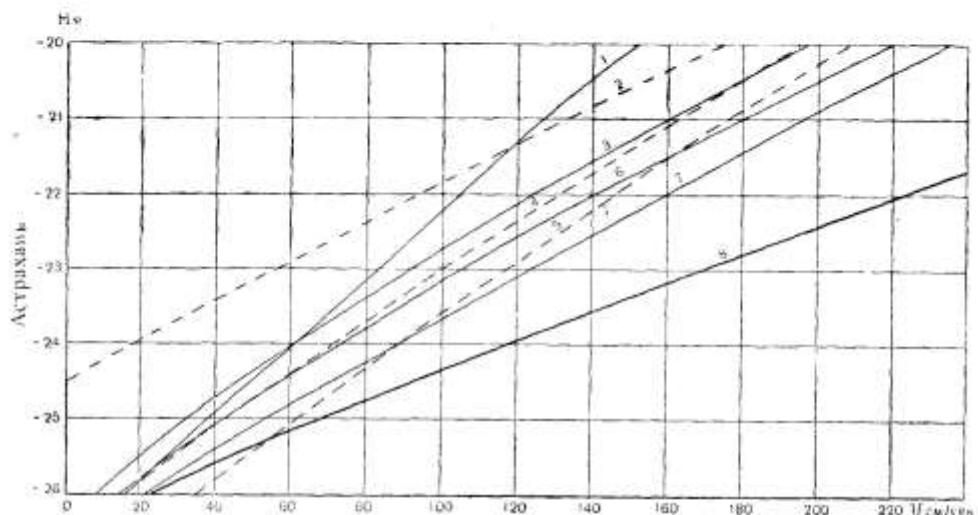


Рис. 93. Распределение скоростей течения воды в истоках основных рукавов дельты Волги.

1 — Рычан, 2 — Ахтуба, 3 — Б. Болды, 4 — Ст. Волга, 5 — Бахтемир, 6 — Бузан, 7 — Камызяк, 8 — Волга у Б. Лебяжьего.

ных рукавов дельты. На рис. 38, 42, 57, 62, 66, 71, 75, 78 были показаны графики изменения площадей водных сечений рукавов при изменении уровней воды за отдельные периоды и годы 1942—1946, 1951—1953. Из этих рисунков хорошо видно, что наибольшие изменения имеют Старая Волга и Бахтемир, причем Старая Волга уменьшает свою площадь водного сечения, а Бахтемир увеличивает. Небольшие изменения отмечаются у Камызяка, Рычана и Большой Болды. Отсутствуют заметные изменения у Бузана. Направление указанных изменений в значительной степени совпадает с отмеченным выше перераспределением стока по рукавам.

На рис. 93 показано распределение скоростей течения воды по рукавам, а также скоростей течения Волги и Ахтубы. Наименьшие скорости течения в низкую межень, исключая Ахтубу, наблюдаются у Большой Болды. Примерно одинаковые скорости у Рычана, Старой Волги и Бузана, несколько большие у Камызяка и самые большие у Бахтемира. Однако при увеличении уровня воды отмечается наибольший рост скоростей течений Бузана, Камызяка и Большой Болды, причем в половодье скорости течения Бузана оказываются несколько большими, чем Бахтемира, что также отвечает увеличению доли стока Бузана в половодье.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОГО СТОКА ДЕЛЬТЫ

Исследование режима водного стока дельты Волги, проведенное на основании многочисленных экспедиционных работ различных организаций и стационарных наблюдений Волжской устьевой гидрометеорологической станции, дало возможность получить на достаточно надежном материале количественное представление о распределении стока на пространстве почти всей дельты, осветить характер этого распределения в настоящем и подметить возможные изменения в будущем.

1. Современный режим стока дельты Волги (по материалам 1937—1953 гг.) неодинаков на пространстве всей дельты. Он также меняется по-разному и во времени и в разных частях и речных системах дельты. Уже в истоке дельты внутригодовое распределение стока Волги несколько изменяется по сравнению с аналогичным распределением стока у Сталинграда.

Среднемесячный сток Волги у Верхне-Лебяжьего оказывается меньше стока у Сталинграда при подъеме уровней воды в апреле и мае, а также в октябре и декабре и больше в межень, в июне—сентябре и феврале—марте. Это явление можно объяснить не только запаздыванием волн паводья вследствие затраты времени на добегание, но и тем, что Волго-Ахтубинская пойма является хорошим регулирующим бассейном и в руслах ее задерживается около 20 км³ воды, являющейся регулирующим запасом, причем 4 км³ из них составляют безвозвратные потери.

2. По режиму стока, а также по другим географо-гидрологическим признакам дельту Волги можно разделить на две части: восточную и западную. Восточные рукава (Бузан, Рычан, Большая Болда) в период половодья увеличивают получаемую ими долю стока Волги. Западные рукава (Камызяк, Старая Волга, Бахтемир), наоборот, в период половодья уменьшают свою долю стока, а в межень увеличивают.

Основные рукава дельты Волги резко отличаются друг от друга по характеру ветвления их систем с удалением от истока и сопутствующему ему уменьшению стока основного русла системы.

а) Сток Бузана, особенно в нижней части, распределяется между многочисленными протоками и только часть его доходит по основному стволу поверхностным стоком до моря. Значительная часть стока Бузана (около 35—40%) сбрасывается в его средней и нижней частях в систему Болды.

б) Распределение стока по длине коренного русла системы Кривой Болды — Белинского банка весьма неравномерно. Уже на 41-ом километре пути расход в межень составляет 11, а в половодье 17% от расхода у истока, но вследствие прихода вод из Бузана по протоку Шмагина в Рычу и дальше через Кашкалдак расходы вновь восстанавливаются до 80—100%. Еще ниже у Зеленги и перед выходом в Большой Белинский банк русло разделяется на протоки. У Зеленги расходы наиболее многоводного протока составляют около 60—70% от расходов Рычана. На выходе имеются два основных протока: Старо-Белинский и Революционный банки, причем доля расхода Старо-Белинского банка составляет 35—40% и остается в течение года более или менее постоянной, а Революционного банка изменяется от 30 в период половодья до 65% в межень. В Белинский банк также поступает значительное количество вод Бузана через Солонецкий банк, Пароходную и другие протоки.

Таким образом, можно полагать, что без притока вод Бузана и Рычи через Кашкалдак система Кривой Болды — Белинского банка перестала бы доносить волжские воды до моря, а без притока вод Бузана через Солонецкий банк и Пароходную, очевидно, не существовало бы в настоящее время и сравнительно многоводного Белинского банка, так как появление

новообразований на выходных участках в связи с разрастанием дельты привело бы к дроблению его и отмиранию.

в) Большая Болда ниже истока разветвляется и быстро теряет свой сток, который в межень почти не доходит до моря. Значительную часть своих вод Большая Болда сбрасывает через Василиску в Царев и систему Камызяка.

г) На пути от истока до с. Камызяк расход Камызяка почти не меняется и лишь к с. Карапульному он уменьшается примерно вдвое.

Значительной разницы в характере внутригодового распределения стока на протяжении рукава не отмечено, хотя имеются указания на некоторое уменьшение доли стока в приморской части этой системы в период половодья и увеличение ее в период межени, что, очевидно, объясняется влиянием регулирующего действия поймы и русел многочисленных рукавов и ериков системы.

Камызяк, получая некоторую долю стока из Старой Волги через Чаган и отводя часть вод в Таболу, уменьшает свой сток до 85 %. Воды Таболы, соединяясь с водами Царева, вливаются в Карапалатский банк. Ниже Камызяк отделяет еще ряд крупных рукавов, и расход воды в половодье нижнего участка основного ствола — Никитинского банка — у с. Карапульного равен половине расхода, получаемого в истоке Камызяком. Никитинский банк дробится на значительное количество рукавов, наиболее многоводными из которых являются Безымянный, Карапульный, Кировский и Кривой банки, расходы воды которых в межень составляют от 4 до 16 % от расхода Камызяка в истоке.

Таким образом, Камызяк сохраняет свой сток, полученный в истоке от Волги, на большей половине своего пути к морю и лишь ниже отделения Бакланьей происходит многочисленное дробление по мелким рукавам, причем водоносность основного ствола системы в приморской части почти сравнивается с водоносностью других отдельных более мелких рукавов.

д) Почти в истоке Старая Волга через Чаган отдает Камызяку около 9 % своего расхода. Ниже, при отделении Иванчуга, расход уменьшается еще на 25 %.

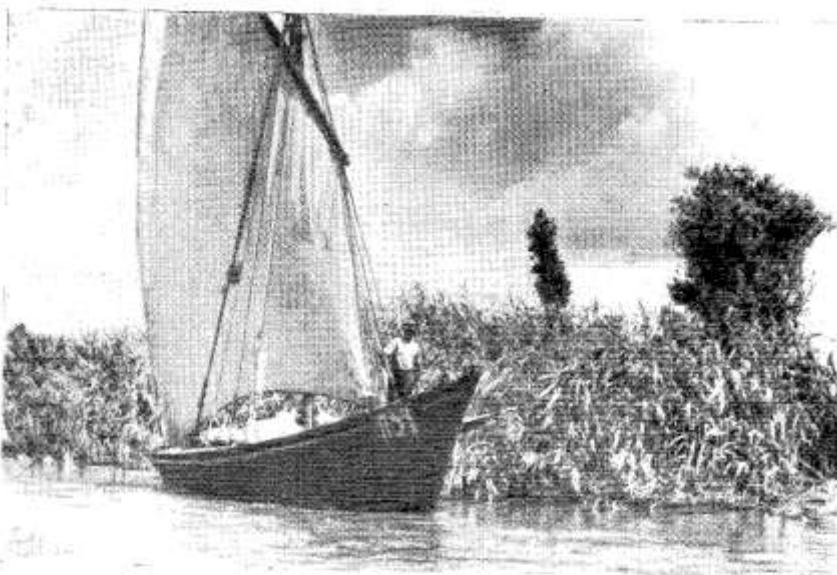
Иванчуг, приняв часть вод Бирюля, дробится на ряд протоков, из которых наиболее многоводен Гандуринский банк. Его расход до дробления на ряд выходных протоков в период половодья составляет около 10 % расхода Старой Волги.

Ниже с. Самосделки основной сток Старой Волги направляется в Бирюль (24 %) и на приморском участке дробится на более мелкие протоки, причем расход самого многоводного протока составляет не более 8 % расхода Старой Волги в истоке. Дальше, приняв название Сомовки, Старая Волга превращается в незначительный рукав, который в межень не имеет течения воды, и Старая Волга вновь возрождается лишь с притоком вод Бахтемира через Талычу, когда расход Старой Волги оказывается равным 82 % ее расхода в истоке.

Протоки приморской части системы Старой Волги более многоводны, чем системы Камызяка. Так, через правый проток — Товарницкий — проходит около 20, а через левый — Зюдева — около 11 % расхода Старой Волги у ее истока.

Существующее мнение об отмирании Старой Волги более или менее справедливо по отношению к верхней и средней частям ее течения, что же касается нижней части, то есть основание предполагать относительное усиление ее стока.

е) В период половодья Бахтемир отдает около 25 % расхода западным подстепенным ильменям, а к с. Троицкому его расход составляет 59,6 % расхода в истоке, увеличиваясь за счет небольшой приточности к с. Трудфронту до 60,4 %.



Берег протока в низовье дельты Волги
(Карайский банк).
Фото С. С. Байдина.



Устье Карайского бакна.
Фото С. С. Байдина.

В нижней части Бахтемир отделяет Подстепную Бассаргу, в которую поступает около 14 % стока в межень. Еще через несколько километров его пути от Бахтемира влево отходит Талыча, расход которой в половодье равен 61 % от расхода Бахтемира до ее отделения.

Расход Бахтемира у Оля составляет 54 % от расхода до отделения Талычи. Из Талычи большая часть вод поступает в Старую Волгу, расход которой у с. Седлистого больше расхода Бахтемира у Оля на 60 % (при отметке уровня —22,00 м абс.).

Подстепная Бассарга значительно уменьшает свой сток в низкую межень, что дает основание предполагать, что ее значение при снижении стока Волги уменьшится.

Существование участка петли Бахтемира у Оля обязано главным образом землечерпательным работам. При отсутствии их воды Бахтемира, вероятно, пошли бы по более короткому пути и наиболее деятельной была бы Старая Волга ниже Талычи и ее старое продолжение — Бакланий, а также Зюдева.

ж) Основными путями питания западных подстепных ильменей являются Бертьоль и Хурдун, по которым поступает сток из верхней и средней частей Бахтемира, а также Шардемир и Дарма. При уменьшении стока Волги питание ильменей через эти протоки резко сократится, что поведет к их постепенному отмиранию.

3. Схема распределения стока в дельте дает картину относительной водности рукавов, протоков, ериков и банков в какой-то момент времени, отвечающий определенному уровню воды, а также дает количественное представление о различиях в водных артериях дельты, т. е. о характере дробления основных рукавов в различных районах, постепенном угасании их мощности с приближением к приморской части и охвату площади дельты.

Основным стволом восточной части дельты, доносящим значительное количество вод до моря, является путь по Бузану, протоку Шмагина, Рыче, Кашкалдаку в основной ствол системы Кривой Болды — Белинского банка. Кроме того, значительное количество вод проходит по Бузану, Сарбаю, Солонецкому банку и Пароходной в Белинский банк. К востоку от этих путей (нижняя половина системы Бузана) и к западу (система Большой Болды) дробление рукавов настолько велико, что значительная часть вод не доходит до моря поверхностным стоком.

В западной части дельты основным стволом, по которому сток доходит до моря сосредоточенно, является Бахтемир с ответвлением в низовье в Старую Волгу. Следующим по водоносности является Камызяк, система которого принимает часть стока Старой Волги с запада через Канычу и другие более мелкие протоки и сток Царева и Большой Болды через проток Василиска и мелкие ерики.

Из выходных участков устьевых рукавов, кроме Волго-Каспийского и Белинско-Каспийского водных путей, представляет практическое значение Иголкинский, Карайский, Карапатский, Никитинский и Кировский банки.

В настоящее время происходит некоторое перераспределение стока по основным рукавам и в отдельных районах дельты, однако процесс постепенного перемещения основных масс вод в дельте с востока на запад в многолетнем разрезе происходит очень медленно, вопреки существующим в литературе указаниям о произошедших значительных изменениях в распределении стока.

4. Уменьшение стока Волги и понижение уровня Каспийского моря, а также создание ряда гидротехнических сооружений на Нижней Волге внесут ряд изменений в условия современного распределения стока в дельте Волги, т. е. несколько изменяет характер питания дельты. Послед-

нее зависит в первую очередь от величины стока, поступающего в истоки основных рукавов дельты.

а) Из 233 км³ стока Волги (среднее за 1937—1953 гг.) в вершине дельты на основные рукава восточной части приходится 38,3%, а вместе с Ахтубой и Волго-Ахтубинской поймой 41,5%, что соответствует 97 км³ воды в год. На основные рукава западной части приходится 51,6%, или 120 км³ стока Волги.

Наиболее многоводный рукав восточной части дельты — Бузан — уносит 28,4% годового стока Волги, т. е. 66 км³ воды. Сток Рычана и Большой Болды вместе равен 23 км³, т. е. 9,9% от стока Волги.

В западной части дельты сток Бахтемира равен 57 км³, или 24%. Ка-мызяка 34 км³ и Старой Волги 29 км³, что соответственно составляет 14,8 и 12,6% от годового стока, поступившего в дельту.

б) В зависимости от величины стока половодья и стока межени изменяются и величины стока рукавов и соответственно западной и восточной частей дельты, происходит перераспределение стока между рукавами.

В половодье доли стока обеих частей дельты приблизительно составляют около 45% каждая. В период межени доля стока западной части почти в два раза больше доли стока восточной части и равна 60%. Сток Бахтемира в период межени равен 30—33%, а в половодье 20—22% от стока Волги. Сток Бузана, наоборот, увеличивается от межени к половодью от 23 до 31%.

После постройки Куйбышевской и Сталинградской ГЭС несколько изменятся величины водного стока нижнего течения Волги и его распределение в году по основным рукавам, что может отразиться на гидрологическом режиме дельты. При уменьшении стока половодья существенных изменений в соотношении величин стока между основными рукавами дельты не произойдет, однако соотношение величин стока между западной и восточной частями дельты несколько изменится. Причем доля стока восточной части должна уменьшиться в первую очередь за счет уменьшения стока Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы. Вследствие этого доля стока западной части дельты увеличится. Существенное перераспределение стока по основным рукавам может произойти только в межень. В случае увеличения стока в межень вследствие будущего его зарегулирования несколько увеличится доля стока восточной части дельты и уменьшится доля западной части.

Приведенная в тексте расчетная зависимость среднемесячных расходов воды основных рукавов западной и восточной частей дельты от величины стока Волги позволяет производить расчеты возможного влияния на распределение стока в дельте будущего зарегулированного стока Волги. Для этого необходимо знать будущие среднемесячные расходы воды Волги у Верхне-Лебяжьего или у Сталинграда. В последнем случае необходимо учитывать задержание стока в руслах и пойме, происходящее по пути к дельте, пользуясь табл. 65 или графиком на рис. 50.

Для расчетов перераспределения стока в дельте для других интервалов времени приведенную зависимость можно перестроить соответственно этим интервалам. В первом же приближении она может быть использована для расчета перераспределения стока в дельте по основным рукавам за любой интервал времени.