

Российская Федерация

Труды
Академии проблем водохозяйственных наук

Выпуск 9

Проблемы русловедения



Москва 2003

В.Н. Коротаяв
(Московский университет)

МОРФОДИНАМИКА ВОДОТОКОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ*

Дельта Волги относится к речным дельтам с прогрессивно-разветвляющейся системой водотоков, водоносность которых постепенно уменьшается от вершины дельты к ее морскому краю. В пределах дельтового участка р. Волги в основном происходит отток воды в левые дельтовые рукава Бузан, Рыча, Болда, Царев, Кизань, Старая Волга, которые ответвляются от магистрального дельтового рукава Волга и формируют свои региональные системы водотоков. В ходе длительной эволюции на ее территории сложилась сеть взаимосвязанных водотоков, входящих в системы Бузана и Болды (восточная часть дельты), Волги, Кизани (Камызяка), Старой Волги и Бахтемира (западная часть дельты).

Магистральный дельтовый рукав Волга, являющейся естественным продолжением главного русла р. Волги от вершины дельты до истоков рукавов Бахтемир и Старая Волга, выполняет роль западной границы дельты, следуя вдоль коренного правого борта волжской долины. От вершины дельты до Астрахани на расстоянии 70 км расход рукава Волга уменьшается в 3 раза: при среднем межennem расходе в створе г.п. Верхнее Лебяжье $6000 \text{ м}^3/\text{с}$ в Бузан уходит $- 2100 \text{ м}^3/\text{с}$ (32,5%), Болду $- 385 \text{ м}^3/\text{с}$ (6,4%), Кизань $- 880 \text{ м}^3/\text{с}$ (14,7%), Старую Волгу $- 605 \text{ м}^3/\text{с}$ (10,1%). В истоке Бахтемира расход воды для условий межени составляет $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ (33,3%). Такое существенное уменьшение стока воды в дельтовом рукаве Волга (при ширине русла, соответствующей придельтовому участку) приводит к определенной перестройке руслового рельефа. Иерархия грядового рельефа дельтового рукава Волга состоит из относительно статичных крупных гряд длиной от 7-10 (высота до 15 м) до 1-3,3 км (высота до 5 м) и более динамичных менее крупных гряд длиной от 100-250 (высота до 2 м) до 20-60 м (высота 0,5-1,5 м), а также песчаных рифелей длиной менее 10 м и высотой до 0,25 м.

Морфология русла и грунта дельтовых водотоков

В целом макрорельеф русел водотоков в дельте Волги (чередование плесов и перекатов) в большинстве случаев предопределен неровностями кровли хвалыньских и хазарских морских отложений, подстилающих новейшую аллювиально-дельтовую толщу в устье р. Волги. Мезо- и микрорельеф дна (рифели, дюны, гряды) формируется в соответствии с расходом воды и наносов, скоростями течения, уклонами водной поверхности, крупностью русловых отложений и особенностями трансформации этих характеристик по длине дельтовых водотоков.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-05-64619)

Гидролокационное картирование подводного рельефа при помощи гидролокатора бокового обзора (ГБО-150-1), непрерывное сейсмоакустическое профилирование на базе акустического профилографа ДП-4-5 и продольное эхолотирование по фарватеру рукавов Волга, Бахтемир, Кизиль и Старая Волга, выполненные совместными усилиями Московского государственного университета и Института океанологии РАН в 1995-1997, 2000-2002 гг., позволяют представить современную картину расположения основных форм подводного рельефа и литологии слагающих их грунтов [7, 8].

Рукав Бахтемир по сравнению с остальными второстепенными дельтовыми рукавами занимает достаточно большой сток воды и наносов (среднегодовой расход воды составляет 4550 м³/с, объем стока наносов — 2,9 млн. т в год, средняя мутность — 18 т/м³) [13]. Ниже по течению гидрологические характеристики рукава Бахтемира изменяются незначительно на расстоянии 50 км, что обуславливает сохранение потока повышенной транспортирующей способности. В русле Бахтемира на этом участке преобладают эрозивные формы рельефа дна. Кардинальные изменения гидрологических характеристик происходят ниже истока протоки Тальги, которая собирает уменьшение стока воды и взвешенных наносов на Харбайском участке притока к формированию устойчивой зоны аккумуляции и развитию грядового рельефа. Ниже пос. Оля сток в Бахтемире восстанавливается полностью за счет притока воды из протоки Подстепка, Бакажанека и Бакаланы, приводя к формированию очень подвижного рельефа дна.

От истоков рукава до морского края наземной дельты Бахтемир представляет собой достаточно устойчивый дельтовый рукав р. Волги, формирующей серию излучин и прямолинейных отрезков русла в так называемой «бутовой зоне» дельты. Наиболее характерными особенностями подводного рельефа является наличие серии относительно мелководных пядей и разлетающихся их переруглубленных плевосых ложин. Анализ продольного профиля дна по промерам 1990-2002 гг показывает, что в пределах речного участка все перепады и псыса можно объединить в три группы, разграниченные по минимальным глубинам на гребнях перепадов и по максимальным врезам русла в плевосых ложинах и образующих как бы три постепенно повышающиеся ступени речного дна.

Заход в Бахтемир, как и в большинстве подобных водотоков в дельте р. Волги, на расстоянии 3-4 км перефрмт песчаными перемычками шириной от 600 до 1800 м с глубинами 5-8 м. Уменьшение ширины русла Бахтемира по сравнению с низовой частью рукава Волга в 2 раза при расходе межень не менее 2000 м³/с приводит к увеличению скоростей течения и смене мелкогрядового рельефа дна. В этих условиях в слабо извилистом русле Бахтемира формируются крупные мало подвижные гряды, высота и длина которых постепенно уменьшается вниз по течению (от 4-6 до 2-3 м и от 2-3 до 0,75-1 км). На их поверхности в межень период образуются более подвижные и мелкие рифели и дюны. Мощности песчаных накоплений,

по данным акустического профилирования, не превышает 2-4 м. Береговые отмели, как правило, сложены глинстыми отложениями, между которыми по срежнему потоку формируются песчаные гряды и рифели. На участках русла, где к берегу близко подходят баровские буфры, подольные отмели резко сужают зону формирования песчаных гряд (до 70 м). Коренные глины вскрываются так же в пределах излучины (Бахтемирское колено) на глубинах 15-28 м (рис. 1).

Дельфит русловых наносов приводит к тому, что на отдельных участках Бахтемира грядовый рельеф русла все чаще сменяется довольно неровным дном, сложным глинстными выступами с относительной высотой 5-8 м (Ямное-Сергиевка, Плес-Федоровка, протока Подстепок — протока Бакаланы). Между глинстыми выступами формируется мелкогрядовый рельеф из мелких песков с примесью битой ракушки. Протяженность участков с грядовым рельефом не превышает 1,5 км (районы Камыльничьего канала, среков Собачий и Кутенок) (рис. 2).

От устья протоки Бакаланы и ильменя Забурунного Бахтемир постепенно утрачивает черты типичного дельтового рукава с пойменными бортами и начинает функционировать в виде канализованного русла Главного Банка, т.е. становится собственно Волго-Каспийским каналом с искусственно обвалованными кромками, который до открытого взморья имеет практически прямолинейный характер русла и глубины 5-6 м.

Ниже устья протоки Бакаланы, после втеkania которой сток Бахтемира увеличивается почти в 4 раза и практически соответствует стоку в это исток, грядовый рельеф восстанавливается и прослеживается до о. Искусственного. Здесь сформирована некая иерархия песчаных грядовых образований руслового рельефа. Основу донного рельефа составляют так называемые «песчаные волны», длина которых постепенно уменьшается вниз по течению от 7 до 2 км, высота, соответственно, от 6 до 1,5 м. На поверхности этих наиболее крупных и относительно стабильных русловых форм образуются более подвижные крупные гряды длиной 1-2 км с высотами 2-5 м, которые в свою очередь гофрированы более мелкими и очень подвижными дюнами длиной 100-150 м и рифельми длиной 10-50 м с высотами от 0,5 до 0,2 м. Именно эти две последние грядации грядового рельефа видны на гидролокационных записях. Мощности русловых отложений по данным бурения и акустического профилирования составляет от 6 до 2 м, в зависимости от положения кровли коренных хвалыских глин. Наибольшая мощность наблюдается непосредственно ниже устья протоки Бакаланы, где в районе Центральной Жилки кровля глин резко снижается до отложений — 42 м — 45 м БС. Очевидно, это есть результат врезания речного потока после увеличения межженного расхода воды в Бахтемире до 2000 м³/с.

Рукав Кизиль в период исследования руслового рельефа имел расход воды 1000 м³/с. По мере оттока в левые рукава сток воды уменьшается вниз по течению на расстоянии 45 км, составляя ниже истока Таболы — 960 м³/с, ниже Калининки и Камызяка — 800 м³/с и ниже протоки Бакаланы —

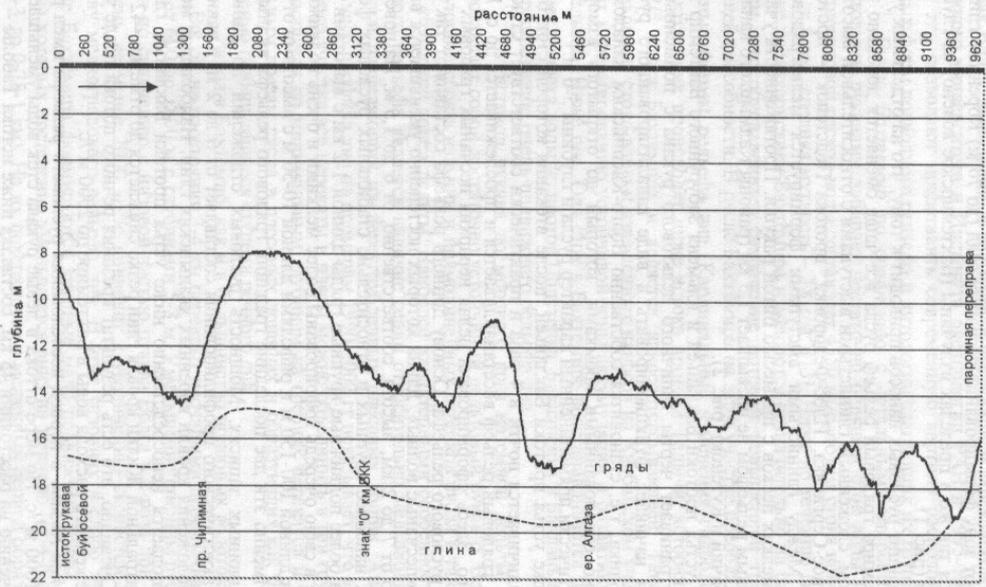


Рис. 1. Продольный профиль дна рукава Бактемир от истока до 26 км с.х.

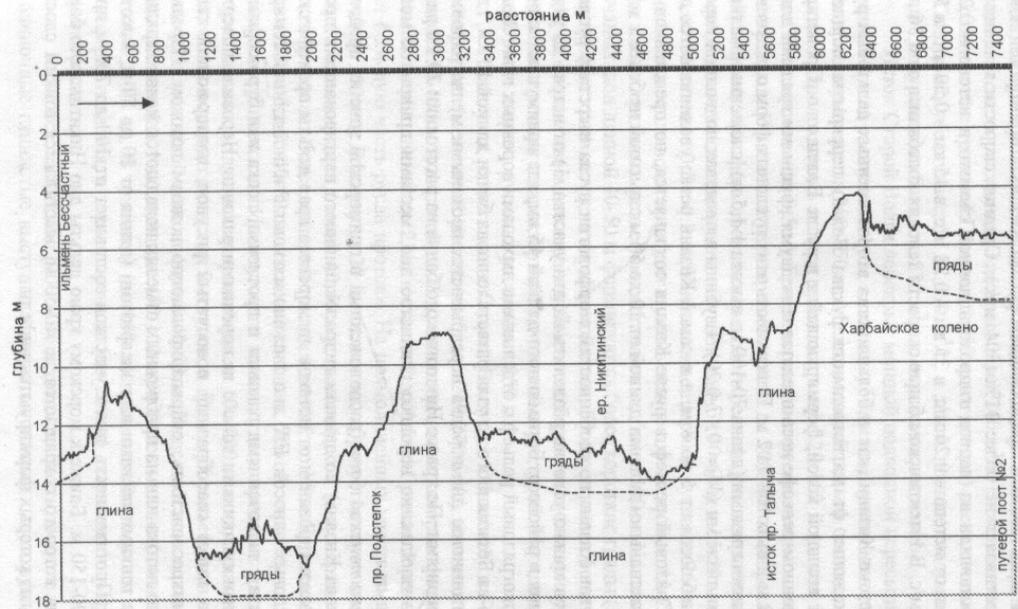


Рис. 2. Продольный профиль дна рукава Бактемир от ильменя Бесщастного до истока протоки Тальча

450 м³/с. В 50 км от истока расход воды в Кизани вновь увеличивается за счет втекания справа протоки Каныча до 650 м³/с, а затем на 56 км в районе пос. Верхней Станы расселоточивается по так называемым банкам (Рытый, Кулагинский и Никитинский). Доля стока Никитинского банка, являющегося естественным продолжением рукава Кизань в приморской зоне дельты, составляет не более 31% (304 м³/с). Средние скорости течения в Кизани составили на период гидрологической съемки: в истоке — 0,27 м/с, в 21 км от истока — 0,26 м/с, в 35 км — 0,28 м/с, в 45 км — 0,59 м/с, в 51 км — 0,46 м/с. В Никитинском банке скорости течения колебались от 0,36 до 0,38 м/с.

Истоки Кизани (как и большинства второстепенных дельтовых рукавов, отходящих от магистрального рукава Волги) перекрыты мощной подводной песчаной косой, формирующейся в русле Волги от о. Пролетарского. В донном рельефе коса представлена двумя крупными грядами длиной до 800 м и высотой до 2 м. Поверхность этих рудловых форм осложнена более мелкими грядами (длина 70-100 м, высота 1-1,5 м), сложенных мелкозернистыми песками ($M_d = 0,17-0,20$). Глубины в пределах подводной перемычки колеблются от 5 до 8 м, а в самой Кизани резко увеличиваются до 10-14 м. Грядовый рельеф в русле Кизани сохраняется, но представляется в основном песчаными дюнами длиной от 10 до 50 м с высотой не более 1 м и рифлядами.

Рукав Кизань по особенностям морфологии русла и составу рудловых наносов можно условно разделить на два участка: 1) от истока до устья разветвления в районе о. Безмяниного длиной 45 км, где преимущественно развит мелкогрядовый рельеф с отдельными выходами коренных глин; 2) от огололка о-ва Безмяниного до устья разветвления на банки длиной 10 км, где неровное глинистое дно изредка перекрывается песчаными мелкогрядовыми образованиями. По трассе Никитинского банка на расстоянии 20 км развито преимущественно неровное глинистое дно, местами прикрытое мелкими грядами.

Никитинский банк (расположенный в приморской зоне на продолжении рукава Кизань) по данным гидрологического картирования и продольного экологирования от истоков до морского края дельты практически лишен рудловых наносов. Его дно сложено мелкопластичной глиной темного серого цвета с включениями раковин и прослоями песка или буро-серыми пластичными суглинками тоже с включениями раковин. Неровная поверхность глин имеет своеобразный полоччатый рисунок, повторяющий структуру микросложности, отпрепарированную водным потоком. Изредка по срежнему потоку или на прибрежных отмелях появляются мелкие гряды, сложенные тонкими песками или алевритами (длина от 10 до 50 м, высота 0,3-0,4 м). Протяженность таких участков составляет от 100 до 700 м при ширине 100-150 м. Ближе к морскому краю дельты дно Никитинского банка, ширина которого сокращается до 40-50 м, выстлается тонким слоем алевритов, из которых формируются рифели.

Рукав Старой Волга — один из маловодных дельтовых рукавов (помимо Болды и Рычи), ответвляющийся от магистрального рукава Волга. В её исток от межени к подводной косе поступает до 600 до 2700 м³/с [13]. В 13 км от истока Старая Волга разделяется на две протоки, правый из которых (Волга) забирает большую часть стока воды и наносов. В левой протоке (Андурно) в межень расход воды не превышает 240 м³/с. Ниже по течению, после слияния её с протокой Подпеновой (50 км от истока) расход воды в протоке Андурно увеличивается до 390 м³/с, а затем постепенно уменьшается вплоть Андуринского банка до 330 м³/с у морского края дельты.

Исток Старой Волги перекрыт мощной подводной перекосью с глубинами 3-4 м на расстоянии 1 км, а затем глубины в ней увеличиваются до 10-12 м при ширине русла 200-250 м. Мелкогрядовый рельеф отскакивает по данным гидролокации в полосу русла шириной 120-150 м (длина гряд — не более 10 м, высота — до 0,5 м). Гряды пересекают русло кососью параллельными рядами. В местных расширениях русла до 500-600 м (перекат Чатавский) ширина зоны формирования грядового рельефа увеличивается до 200 м и появляются две системы песчаных дюн длиной 40-60 м и 15-20 м с высотой соответственно 0,5 и 0,2 м. Уменьшение ширины русла до 250 м при неизменном расходе воды приводит к уменьшению длины дюн до 10-25 м. Широкие зоны с грядовым рельефом составляет не более 100 м. На поверхности песчаных дюн длиной 40-50 м формируются более короткие гряды (10-15 м), занимающие краевые части срежневой зоны. Прибрежные отмели в Старой Волге вдоль разбиваемого левого пойменного берега имеют ширину до 100 м и сложены глинами с характерной полоччатой структурой. Иногда глины занимают всю ширину русла на расстоянии 250 м.

Ниже устья разветвления Старой Волги (о. Обливной) в Андуринской протоке (меженный расход не более 240-270 м³/с) появляются гряды длиной 350-400 м и высотой до 2 м, на поверхности которых формируются песчаные дюны длиной до 25 м и высотой до 0,5 м. Грядовый рельеф занимает большую часть русла протоки. На прямолинейных участках русла шириной до 200 м (с. Иванчуг) в 20 км от истока) образуется серия очень рельефных песчаных дюн длиной 40-50 м с высотой до 1 м, поверхность которых гофрирована более мелкими грядами длиной до 15 м. Береговая отмели шириной не более 40-50 м сложены глинами. Такой характер подводного рельефа сохраняется до Иванчугского колена, где в пределах двух крутых синусоидальных излучин с шириной русла 100-200 м и глубинами 10-13 м появляются выходы глинистых выступов, а грядовый рельеф локализуется в узкой прибрежной зоне шириной 40-50 м. Выделяется несколько систем гряд: высокие (до 1 м) длинные (50-100 м) и более мелкие (длина 15-20 м, высота 0,2-0,3 м). В сужениях (до 150 м) прямолинейного русла грядовый рельеф размывается, а в расширениях (до 200 м) занимает большую часть ширины русла.

Ниже истока Канычи (30 км от истока Ст. Волги) в русле появляются одиночные глинистые выступы, прикрытые тонким слоем рудловых на-

носов. Грядовой рельеф очень изменчив по длине Гандриинской протоки, образуя либо песчаные дюны длиной 50-60 м с высотами до 0,5 м, или более мелкие формы длиной 15-20 м, в том числе и трехмерные рифлети длиной до 10 м. Ширина зоны развития грядового рельефа не более 100 м.

Русловые деформации

Для большинства дельтовых рукавов р. Волги характерно чередование зон аккумуляции и эрозии, где происходит местное накопление русловых отложений или их транзит на смежные участки русла. Рукава западной части дельты (Бахтемир, Кизань, Старая Волга) в общей системе транзитных водотоков дельты Волги длительное время находились в *состоянии хорошо выраженной активизации* процессов руслоформирования. Практически на всем их протяжении происходило углубление и расширение русла и выработка более пологих излучин. Такая тенденция русловых процессов является следствием перераспределения стока в вершине дельты в пользу западных рукавов, длительного периода снижения уровня Каспийского моря (более 3 м за последнее столетие) и интенсивным дюноуглублением Волго-Каспийского канала, ставшим главным судходным фарватером в устье р. Волги.

Наиболее значительные перестроения рукавов начались после 30-х годов прошлого столетия, когда произошло резкое падение уровня моря, который в 1977 г. достиг своей наименьшей отметки -29,01 м БС за последние 600 лет. За последнее десятилетие темпы заметно изменились темпы и направленность русловых деформаций, что, очевидно, связано с недавним повышением уровня Каспия и общим уменьшением объемов дюноуглубительных работ [1, 4, 5, 6, 9, 10].

Основными документами, используемыми для определения сезонных и многолетних горизонтальных (плановых) и вертикальных (высотных) деформаций русла, являются повторные планы глубин, долин, топографические карты и материалы аэрофотосъемки, приведенные к одному проектному уровню (ординату). В данном случае анализ динамики глубин и береговой линии выполнялся для ординара -26,5 м БС (промеры 1911-1932 гг.) и для ординара -26,3 м БС (промеры 1950-2002 гг.).

Вертикальные деформации: в пределах разных частей Бахтемира наблюдается чередование зон аккумуляции и размыва. В целом, за период 1919-1953 гг. вдоль этого рукава произошло углубление русла в среднем на 1 м [2]. Довольно четко выделялись три зоны, разграничиваясь по характеру русловых деформаций: 1) на расстоянии 7 км от истока рукава произошло общее обмеление участка и уменьшение глубин на плесах и перекатах на 1-3 м; 2) ниже по течению на расстоянии 50 км наблюдалось выравнивание продольного профиля и перераспределение русловых отложений: обмеление плесов (глубина до 4 м) и углубление перекатов (глубина 2-3 м); 3) в приморской зоне шло общее углубление русла на 2-5 м.

За период 1929-1956 гг. морской край дельты на участке сопряжения

рукава Бахтемир с Волго-Каспийским каналом сместился на 20-30 км в сторону моря, где образовалась обширная куглунная зона с косами, островами, зарослями простила и рогоза. После 50-х годов на взморье Волги стала формироваться так называемая «буферная зона», изолировавшая надводную часть дельты от непосредственного влияния моря. Дно этой зоны оказалось на 1 м выше уровня моря и было затоплено исключительно волжскими водами. При такой ситуации практически прекратилось движение вод и наносов вдоль морского края дельты, а речной сток сконцентрировался между островами и косами. Трансформация ветровых волн и взмучивание происходило на морском склоне устьевого бара в 35-40 км от морского края наезной дельты при уровне моря -27,0 м - -29,5 м БС.

Таким образом, на верхнем участке рукава Бахтемир до 1963 г. происходили значительные деформации при заметном преобладании участков аккумуляции, где скорость накопления наносов колебалась от 0,05 до 0,40 м/год. Ниже по течению от истока протоки Ямной (22 км от истока Бахтемира) более характерным процессом был размыв дна с интенсивностью 0,09 м/год. В период 1963-1990 гг. тенденция понижения отметок дна стали еще более выраженной для большинства участков по длине Бахтемира. Возможно, это было связано с увеличением водоносности рукава и его трансформирующей способностью, а также с длительным понижением уровня Каспийского моря (максимально низкий уровень -29,01 м БС в 1977 г.) и большими объемами дюноуглубительных работ по трассе Волго-Каспийского канала.

Тренд эрозионно-аккумулятивных процессов в рукаве Бахтемир и по трассе Волго-Каспийского канала за период 1964-1995 гг. говорит о смене тенденции в направлении русловых деформаций. До 1990 г. в речной части Волго-Каспийского канала (рукав Бахтемир от истока до морского края наземной дельты) наблюдался типичный для равнинных рек процесс формирования русла с закономерным чередованием зон аккумуляции и размыва от +10 до +30 см/год по оси максимальных глубин и от +100 до +500 тыс. м³/год по ширине русла в границах изобаты 5 м (рис. 3).

В приморской зоне канала (ниже морского края дельты) размыв русла сохранялся до середины 80-х годов в среднем со скоростью до 10 см/год, за исключением нескольких зон локальной аккумуляции. Наиболее активно размыв шел на участке 132-145 км ВКК. Здесь увеличились скорости течения и расходы воды. По данным систематических наблюдений ГОНИа даже после начала подъема уровня моря в 1978 г. здесь продолжался активный размыв ложа канала. К моменту начала подъема уровня Каспийского моря (после 1977 г.) на участке 83-133 км ВКК формировалось довольно устойчивое русло с глубинами 5,3-5,7 м, не требующее дюноуглубления. Правда, промеры последних лет отмечают возможность формирования в пределах обвалованной части канала побочной и перекатов и развития процесса буждания динамической оси потока, что пока не нарушает общей продолженности канала.

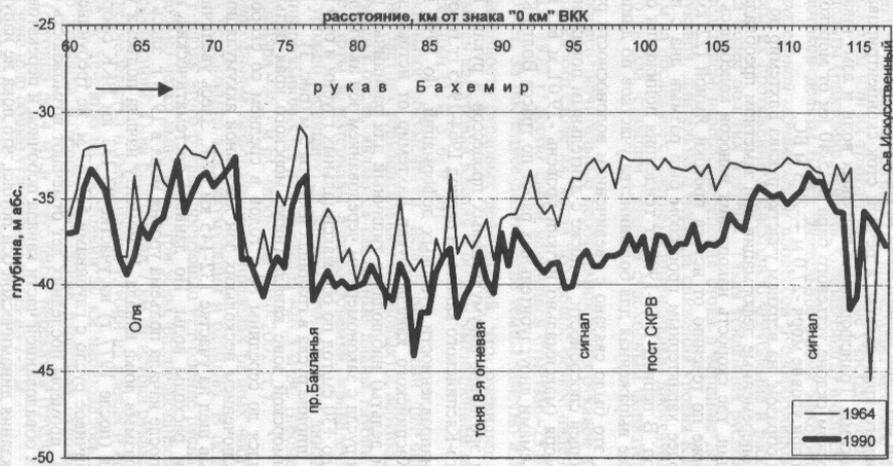


Рис. 3. Динамика дна рукава Бахтемир от истока до о. Искусственный

После 1990 г ситуация резко меняется: зона устойчивой аккумуляции занимает значительный участок канала ниже о. Искусственного (накапливаются слой наносов 2-4 м за 5 лет), выше которого формируются чередующиеся зоны размыва и аккумуляции примерно равной протяженности и интенсивности (2-4 м за период наблюдений) до нижней границы Харбайского порежательного участка. Отсюда за период 1990-1995 гг. начинает формироваться зона устойчивой аккумуляции со средней интенсивностью накопления отложений в русле до 2,5 м. Таким образом, зона интенсивной речной наносности канала, смещаясь вслед за зоной подпора в сторону морского края наземной дельты, располагалась в 90-х годах на участке между 130 и 110 км ВКК, примерно в 20 км ниже морского края дельты (рис. 4).

Горизонтальные деформации русел водотоков в дельте р. Волги изучены недостаточно. В целом, характер местных горизонтальных деформаций во многом зависит от морфодинамических особенностей их русел и гидравлического режима потока. Для большинства магистральных рукавов в привершинной части дельты Волги наиболее типичным является формирование одиночных разветвленных русла, связанных с резким уменьшением транспортирующей способности речного потока из-за оттока части вод в левые дельтовые рукава и образования аккумулятивных форм типа осередков в зоне замедления течений. Характерными примерами этого процесса служат острова Большой и Малый Осередки и Городской в Бузане, острова Друновский, Городской и Ильинский в рукаве Волга. В рукаве Бахтемир (как и в других второстепенных дельтовых рукавах) наиболее характерными горизонтальными деформациями являются пролессы, перестроившиеся излучины. Наиболее хорошо изученной частью рукава Бахтемир в этом отношении является *Харбайское колена*, представляющее собой крупную излучину, сопряженную с двумя прямолинейными участками русла Бахтемира. Многолетние плановые деформации русла Харбайского колена исследовались с помощью сравнительного анализа материалов двух аэрофотомониторингов дельты р. Волги по залетам 11.10.1959 г. и 17.08.1990 гг. Уровни воды во время залетов по г.п. Федорова, Харбай и Оля были примерно одинаковыми, что позволяет говорить о корректности анализа плановых деформаций русла. За период 1959-1990 гг. на Харбайском колене произошли следующие изменения: повсеместный размыв пойменных берегов ниже истока протоки Тальча с обеих сторон русла от 20 до 100 м; размыв отловка пойменного острова между протокой Тальча и ср. Гаванный и устья пойменного острова в устье протоки Подстепок и Бахтемир размыв около 200 м; приrost левого берега на расстоянии 0,6 км против с. Федорова на 200 м и на левом берегу в истоке протоки Тальча на расстоянии 1,9 км от 30 до 150 м; наличие стабильных участков берега в районах искусственного укрепления берегов вдоль сел Федорова, Харбай, Хмелевое и Футники; средняя скорость размыва пойменных берегов в целом по участку составила около 2 м/год, максимальная - около 6 м/год.

Анализ аэросъемочного материала за 30- и летний период отражает интегральную тенденцию деформационных процессов на Харбайском участке. Сравнение съемки за более короткие периоды (от 10 до 20 лет) показывает, что развитие Харбая происходило с различной интенсивностью и направленно: По сопоставленным русловым съемкам за период 1911-1932 гг (период естественного развития рукава Бахтемир и относительно высокого стояния уровня Каспия) обнаружено, что многие участки современного размыта испытывали в то время тенденцию к аккумуляции и сокращению ширины русла в бровках поймы. В частности, активный прирост берега происходил на правом вышлукном берегу Харбайского колена, интенсивно наносились истоки ериков Гаванного, Буланного и Плотового. Аккумуляция отмечалась на огиловке пойменного острова, разделяющего протоку Талычу и ерик Гаванный. Примерно на 1/3 сократилась ширина русла прилегающей части Харбайского участка. Участки размыта стабильно сохранялись в течение 1911-1932 гг. ниже ер. Плотовой вдоль обоих берегов Харбая [6].

Анализ плановых деформаций русла Харбайского участка за период 1950-1986 гг (период интенсивного регулирования русла р. Волги и низкий уровень моря) показывает, что Бахтемир вступил в стадию активного развития, которая продолжалась до 1995 г. На Верхнем Харбае продолжалось смещение динамической оси потока к правому берегу и формирование левобережной отмели. На Среднем и Нижнем Харбае плавное понижение русла не изменилось, отметки дна стабильно были около 5,5-7,5 м. Недавний подъем уровня Каспия на 2,5 м за период 1978-1995 гг. привнес к смещению зоны подпора в район пос. Оля и усиленно процессы аккумуляции на Верхнем Харбае, где глубины стали меньше проектных (3-4 м).

Многолетние наблюдения за режимом Харбайского участка (1911-2002 гг) показывают, что при высоких уровнях Каспийского моря (около 26 м ВС) его верхние перекаты всегда имели естественную тенденцию к отмиранию. Недалом еще в начале освоения Бахтемирского судлоходного направления основной фарватер проходит не по Харбайскому колену, а через протоку Талыча и далее по протокам Ямной и Бакланьей до их слияния с рукавом Бахтемир.

Выводы.

1. Грядовой рельеф в рукавах западной части дельты Волги в пределах «бутовой зоны» формируется в узкой полосе шириной 100-200 м, период наиболее распространены дюны длиной от 35 до 70 м и высотой до 0,5 м, сложенные мелкими песками, на поверхности которых развиты рифели длиной до 15 м. Ширина русла колеблется от 200 до 400 м. Береговые отмели, отграниченные кюветой 2 м, как правило, сложены коренными глинами.

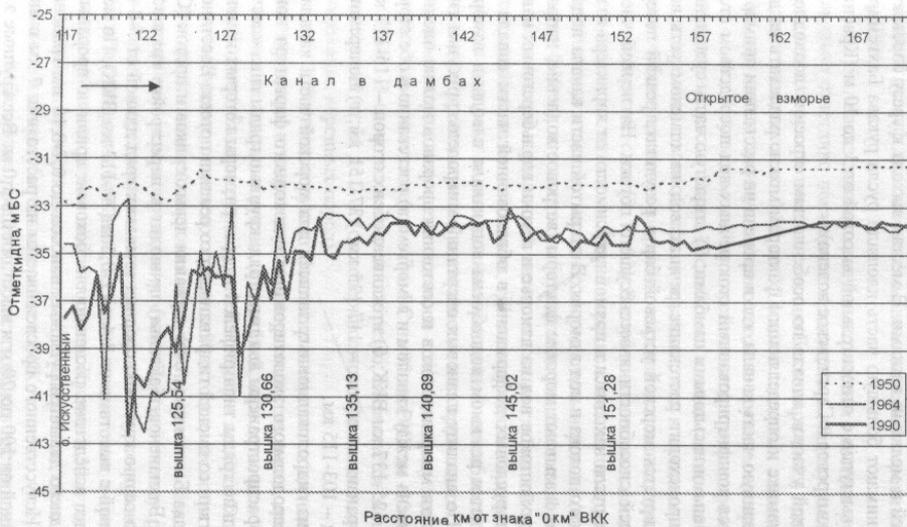


Рис. 4. Динамика дна Волго-Каспийского канала

2. Крупные неровности речного дна (чередование плесов с глубинами до 25 м и перекатных участков с глубинами до 5 м) связано с изменчивостью положения кровли коренных морских глин. Наиболее ярко это проявляется на участке русла Бахтемира (Плес - Федоровка), где дно осложнено многочисленными глинистыми выступами шириной от 100 до 300 м с относительной высотой от 3 до 10 м, понижениями между которыми запонены битой ракушкой и мелкими песками. В местах выхода к речу баровских бугров глины занимают большую часть площади русла рукава Бахтемир в виде глинистых выступов с относительной высотой от 3 до 10 м (Красные Баррикады, Бахтемирское и Сергиевское колена).

3. Морской участок канала по особенностям строения подводного рельефа, его динамике и определяющим факторам можно разделить на две части: а) обвалованную часть канала, где в профречи на расстоянии примерно 70 км сохраняется концентрированный сток речных вод посредством стеснения искусственными насыпными дамбами; б) открытую часть судоходного канала, где происходит растекание речных вод на отлогом устьевом взморье и формируется морской устьевой бар в результате резкой потери транспортирующей способности взвешенного потока. На первой части канала состояние русла находится в прямой зависимости от характера взаимодействия речного потока и вод взморья. В открытой части канала подавляющее действие оказывают морские факторы (ветровое волнение, направление плосковеточных потоков вод на взморье и потоки вдольбереговых наносов). Специфика русловых деформаций в обвалованной части канала во многом определяется режимом водообмена вод канала с водами взморья через проходы. По анализу плановых очертаний профилей, рисунка гидрографической сети микроводотоков и состояния профилей можно оценить характер водообмена между каналом и взморьем: а) растекание в обе стороны - 85-103 км, 125-137 км ВКК; б) втеkanie с обеих сторон - 115-117 км, в) поперечный транзит на восток - 117-125 км, 137-151 км, г) поперечный транзит на запад - 103-115 км.

4. Анализ гидролокационных записей дна морской части канала и анализ данных продольного эхолотирования судоходного фарватера показывают, что в русле распространены два типа гряд: крупные гряды типа «песчаных волн» и мелкие гряды типа рифелей и дюн, размеры которых изменяются в соответствии со сменой гидравлического режима потока. Восстановление стока рукава Бахтемир за счет втеkania левых сруквов и проток (Собачий, Кутенок, Багланенок, Бакаян) приводит к перестройке грядового рельефа в целом серию крупных, средних и мелких гряд длиной от 5-8 км до 100-20 м длиной с высотами от 8-4 до 2-0,5 м (77-117 км ВКК). По мере сокращения стока вследствие растекания в боковые фрики и проходы и уменьшения среднего диаметра русловых наносов до 0,7-0,10 мм грядовой рельеф ниже о. Искусственного просекаивается на расстоянии 7 км в виде мелких гряд длиной от 100 до 20 м и высотами 0,5-1,0 м. Все крупные элементы рельефа дна Волго-Каспийского канала обусловлены здесь неровно-

стями кровли подстилающих морских глин. Динамика мелких гряд типа рифелей и дюн во многом определяется объемом переносимого речными потоком рыхлого материала, поэтому по мере уменьшения водности речного потока в профречи канала в результате оттока в боковые проходы происходит замедление уменьшения их высоты до 0,2-0,4 м, длины - от 9 до 18,0 м при средней глубине канала от 6,1 до 7,6 м. Постепенно микрорядовый и рифельный рельеф дна сменяется малоподвижным ровным дном (ниже 140 км ВКК).

5. Анализ данных гидрометрического состава руслового аллювия довольно отчетливо показывает тенденцию к общему уменьшению крупности донных грунтов вниз по течению Бахтемира от 0,42 до 0,27 мм на перекатных участках и от 0,22 до 0,14 мм в песчаных ложбинах. Ниже 130 км ВКК дно канала преимущественно сложено крупным аллювием и илами.

6. Результаты сейсмоакустического профилирования дна рукава Бахтемир и трассы Волго-Каспийского канала (от истока рукава Бахтемир до конца обвалованной части) показали, что в пределах наземной дельты река глубоко врезалась в древние морские отложения, практически уничтожив хвалынские слои [3, 11-12]. В глубоких плесовых ложбинах (более 15 м) вскрываются плотные хазарские морские глины на отметках -43 - -49 м БС. Кровля подстилающих коренных пород очень неровная (перепад высот достигает 4-10 м), что связано с блуждающим динамической осью бахтемирского речного потока и различной интенсивностью глубинной эрозии. Ниже морской границы наземной дельты, где в историческое время происходило растекание вод реки и уменьшение эрозийной способности речного потока, аллювиальные врезавы заметно уменьшаются и не превышают 5 м, а сама кровля коренных пород подучает тенденцию к постепенному повышению в сторону открытого моря от отметок -47 м БС на 80 км ВКК до -30 м БС в районе 151 км ВКК. В этом же направлении резко сокращается мощность русловых накоплений от 14 до 2 м (от поверхности современного дна до кровли подстилающих коренных пород).

7. В системе рукава Бахтемир выявлены заметные изменения морфометрических и гидравлических характеристик русла, доказывающие тенденцию к активизации рукава (по крайней мере до начала 90-х годов) и проток Тальчи. Размыв русла рукава Бахтемир и протоки Тальчи продолжался, по-видимому, вплоть до середины 90-х годов, несмотря на происходящее в это время повышение уровня моря. Этот размыв - следствие, во-первых, естественного перераспределения стока Волги в пользу рукава Бахтемир; во-вторых, сосредоточения стока в основном русле рукава Бахтемир в результате опираяния большинства боковых водотоков; в-третьих, запоздалой реакции русла на резкое падение уровня Каспия в 30-х годах; в-четвертых, уменьшения мутности воды после зарегулирования стока Волги; в-пятых, возможно и дноуглубительных работ в ВКК.

8. Основные процессы, происходящие в настоящее время в морской части ВКК, это - растекание речных вод по системе боковых протоков (при-

ков) и проранов, ведущее к заметному уменьшению расходов воды вдоль канала; сопутствующее ему заметное уменьшение скоростей течения воды канала, ведущее к отложению речных наносов в местах расширения вод и уменьшению крутизны донных отложений. Прорывы в боковых дамбах и отвалах грунта – главная причина интенсификации и направленности тидоло-морфологических процессов в морской части канала.

9. Интенсивность и направленность русловых процессов в дельтовом рукаве Бахтемира и по трассе Волго-Каспийского канала в XX веке претерпела ряд закономерных изменений, связанных с многолетней изменчивостью природных факторов и усилением антропогенного вмешательства в процессы дельтообразования: в период длительного и неравномерного снижения уровня Каспийского моря (1929-1977 гг.) и интенсивного обустройства Волго-Каспийского канала наблюдался повсеместный разрыв в водотоках системы Бахтемира, который привел к снижению отметок дна в среднем на 2-4 м, сокращению мощности участков с выходами коренных глин и увеличению транзитной составляющей в общем эрозионно-аккумулятивном процессе; область интенсивного осадконакопления речных наносов располагалась в пределах открытого устьевого взморья; а в период кратковременного подъема уровня Каспийского моря (1978-1995 гг.) и последующей относительной стабилизации уровня с тенденцией к незначительному снижению возникли проблемы сохранения дамб обвалования от затопления и волнового разрушения, а также устранения негативных последствий от перемещения зоны подпора в район пос. Оля и формирования зоны потенциальной аккумуляции речных наносов в обвалованной части Волго-Каспийского канала со средней интенсивностью накопления отложений до 2,5 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеевский Н.И., Коротаев В.Н., Михайлов В.Н. Динамика морского края дельты Волги и русловой режим ее дельтовых вологов при колебаниях уровня Каспия // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 11. М.: изд-во МГУ, 1998.
2. Байгин С.С. Сток и уровни дельты Волги. М.: Гидрометеоиздат, 1962.
3. Коротаев В.Н. Направленность и интенсивность русловых деформаций в дельте Волги // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1995. № 5.
4. Коротаев В.Н. Волго-Каспийский канал: современное состояние и проблемы регулирования // Современное состояние водных путей и проблемы русловых процессов. М.: изд-во МГУ, 1999.
5. Коротаев В.Н., Иванов В.В. Динамика зоны сопряжения рукава Бахтемира с устьевым взморьем Волги при колебаниях уровня моря // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1998. № 1.

6. Коротаев В.Н., Михайлов В.Н. Изменения тидологического режима и русловые деформации дельтового рукава Бахтемира в условиях регулирования стока Волги и колебаний уровня Каспийского моря // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 10. М.: изд-во МГУ, 1995.

7. Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А. Исследование рельефа и отложений речных русел мегодами гидроакустики // Геоморфология на рубеже XXI века. М.: изд-во МГУ, 2000.

8. Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А., Зайцев А.А., Сычев В.А. Морфология русла и стратиграфия отложений в западной подсистеме водотоков дельты р. Волги // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1996. № 5.

9. Михайлов В.Н., Коротаев В.Н., Полонский В.Ф., Ротов М.М., Скриптунов Н.А. Тидолого-морфологические процессы в устьевой области Волги и их изменение под влиянием колебаний уровня Каспийского моря // Геоморфология. 1993. № 4.

10. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика. М.: ГЕОС, 2002.

11. Пахомова А.С. Геологические условия взморья дельты Волги по данным буровых скважин // Труды ГОИН. Вып. 34. 1957.

12. Рачковская К.А. Геологическое строение дельты Волги // Труды ГОИН. Вып. 18(30). 1951.

13. Устьевая область Волги: тидолого-морфологические процессы, режим загромождающих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. М.: ГЕОС, 1998.