

3/2016

GeoRisk

ISSN 1997-8669

GeoRisk



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



IGIMIS



Safety is our nature

РАЗМЫВЫ РЕЧНЫХ БЕРЕГОВ КАК НЕГАТИВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ЕЕ ДЕЛЬТЫ)

EROSION OF THE RIVERBANKS AS A NEGATIVE MANIFESTATION OF THE CHANNEL PROCESSES (BY THE EXAMPLE OF THE LOWER VOLGA RIVER AND ITS DELTA)

БАБИЧ Д.Б.

Старший научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, генеральный директор ООО «Гидроэкология КГС», к.г.н., г. Москва, dmbabich@mail.ru

ИВАНОВ В.В.

Старший научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, к.г.н., г. Москва, vvi06.56@mail.ru

КОРОТАЕВ В.Н.

Ведущий научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.н., г. Москва, vlaskor@mail.ru

BABICH D.B.

Senior Research Scientist of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Chief Executive Officer of LLC «Hydroecology-KGS», PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, dmbabich@mail.ru

IVANOV V.V.

Senior Research Scientist of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, vvi06.56@mail.ru

KOROTAEV V.N.

Leading Research Scientist of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geography), Moscow, vlaskor@mail.ru

Ключевые слова: русловые процессы; размыв речных берегов; защитные сооружения; Нижняя Волга.

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы негативного влияния русловых процессов на Нижней Волге и в водотоках ее дельты. Анализ лоцманских карт и съемок русла за многолетний период позволил установить современные тенденции русловых деформаций для участков русла и оценить темпы размыва берегов. Проведена типизация речных берегов и берегозащитных сооружений. Рассмотрены современные переформирования русла для типичных участков с населенными пунктами, испытывающими негативное воздействие от размыва берегов. Предложены рекомендации по их защите.

• **Keywords:** channel processes; erosion of the riverbanks; shoreline protection; Lower Volga River.

Abstract: in this paper there are examined the questions of the negative impact of channel processes in the Lower Volga and in the branches of its delta. Analysis of pilot charts and channel mappings over the years allowed us to establish the current trends of channel deformations for sections of the river channels and to assess the rate of erosion of the coast. Was done the typification of the river banks and the bank protection constructions. Was developed the modern deformations of the channel for typical sections with localities experiencing a negative impact from the river bank erosion. Were also proposed some recommendations for the riverbanks protection.

Введение

Для постоянных водотоков характерно развитие русловых процессов, определяющих размывы дна и берегов рек, режим их сезонных и многолетних переформирований, форм русел и руслового рельефа [14]. При изучении русловых процессов большое внимание уделяется деформациям, определяющим изменение русел, происходящее под воздействием водного потока на дно и берега. Деформации приводят к смещению форм русел или их частей. Решение прикладных задач, относящихся к области инженерного русловедения, во многом опирается на расчеты и прогнозы русловых деформаций, базирующихся на исследовании негативных проявлений русловых процессов в пространстве и времени. В пределах малонаселенных и малоосвоенных тер-

риторий эти негативные проявления развития русловых процессов обычно не имеют резких социально-экономических последствий. И, напротив, в экономически развитых и густонаселенных регионах речных бассейнов подобные процессы часто создают угрозу разрушения инженерных объектов и нарушают бытовой уклад и хозяйственную деятельность местного населения. Одним из таких природных объектов, где высока вероятность негативного проявления развития русловых процессов, является Волго-Ахтубинский участок нижнего течения Волги и магистральные рукава в «буровой зоне» дельты Волги. Размыв берегов, сопровождающий русловые переформирования, оказывает существенное влияние на условия жизнедеятельности населения, нередко нося локальный катастрофический характер, и относится к одному из

видов негативного проявления воздействия русловых процессов.

В 2013–2014 гг. авторами по заказу ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова» была выполнена научно-исследовательская работа по разработке концепции рационального использования водных ресурсов, устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги и сохранения уникальной природной системы Волго-Ахтубинской поймы в рамках темы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.». При выполнении данных исследований был проведен анализ многолетней изменчивости русловых процессов на Нижней Волге и в ее дельте с использованием результатов 20-летних работ, проведенных специалистами географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Института водных проблем РАН [1, 3, 11, 15].

Общие сведения о районе исследований

Нижняя Волга принадлежит к числу наиболее освоенных районов Волгоградской и Астраханской областей. Большинство из расположенных здесь объектов хозяйственного назначения и гидротехнических сооружений испытывают существенное воздействие русловых процессов и сопровождающих их негативных последствий: размыва берегов, заносимости водозаборов и подходов к причалам, подмытия трубопроводов и мостовых опор, ухудшения судоходных условий.

Социальная и экономическая жизнь этого региона, расположенного в Вол-

радской, Астраханской областях и Республике Калмыкия, во многом определяется состоянием Волги и Волгогубинской поймы. Численность населения региона составляет около 2 млн человек. Большинство населенных пунктов располагается по берегам основного русла Волги и Ахтубы, основные причальные сооружения находятся ниже Волгограда и в магистральном рукаве Волги. Водозаборыстроены на Ахтубе в районе с. Сакали, в пределах основного русла реки ниже плотины Волжской ГЭС и в рукаве Волги на участке от с. Наримово до Астрахани. Социальный и производственный комплекс региона выывает воздействие разнообразных природных факторов, в том числе гидрологических и геолого-геоморфологических, определяющих русловые процессы. Эти факторы обуславливают развитие опасных природных явлений, приводящих к негативным социальным, экономическим и экологическим последствиям.

Нижняя Волга также имеет важное спортивно-географическое значение. В настоящее время большая часть Волги представляет собой сопряженную систему водохранилищ (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское и Волградское) и собственно речных участков, обеспечивающих транзитное судоходство. Развитие русловых процессов в ряде случаев оказывает существенное влияние и на общее ухудшение условий судоходства, падение транзитных тонн, изменение гарантированных габаритов судового хода.

Дальнейшее эффективное и рациональное использование этой территории и минимизация природных рисков, зачастую носящих катастрофический характер, возможны лишь при условии хорошей изученности русловых процессов и тенденций их развития. Поэтому объектом исследования стали многолетние русловые переформирования главного русла Волги от плотины Волжской ГЭС до вершины дельты и дельта Волги от ее вершины до устьевого взморья.

Методика обработки картографического материала

При оценке русловых переформирований на Нижней Волге проведен анализ интенсивности горизонтальных деформаций русла. В пределах нижнего течения Волги были выделены участки, для которых проводилось совмещение имеющегося картографического материала по различным периодам в интервале с 1873 по 2013 г. Всего по длине Нижней Волги от Волгограда до Астрахани было выделено 15 участков [3].

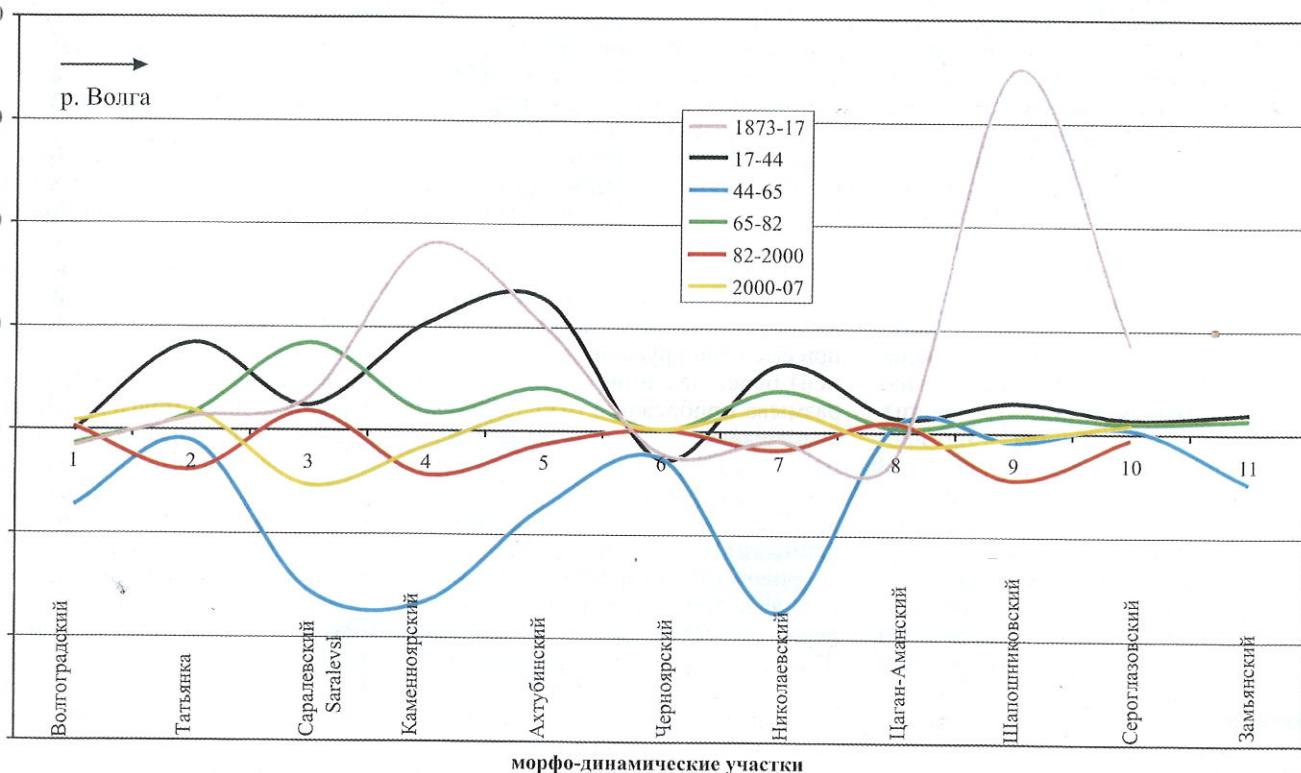
При оценке горизонтальных деформаций использовались различные картографические материалы на территории Нижней Волги [2, 4, 6–8, 10]. Скачивающие листы лоций или крупномасштабных топографических карт совмещались с космическими снимками в программах Adobe Photoshop CS3 и Arcview GIS 3.2a по слабо измененным природным объектам (озерам, ерикам, коренным выступам и т.п.), церквям, населенным пунктам и другим характерным ориентирам для

последующего определения интенсивности деформаций береговой линии в программе MapInfo.

Вертикальные деформации речных русел и дельтовых рукавов определялись путем сравнительного анализа отметок дна (глубин) продольного профиля дна по разновременным лоциям вдоль фарватера судового хода через равные интервалы расстояний (через 250 и 500 м). По результатам анализа строились совмещенные графики отметок дна (глубин) для определения интенсивности вертикальных деформаций дна. Современная морфология дна исследовалась по данным продольного эхолотирования и гидролокационного картирования, полученным при помощи цифровых эхолотов, специализированной программы Vojdenie (НТФ «Гидромастер») и разработанного в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН гидролокатора бокового обзора ГБО-150-1 [5].

Общие закономерности русловых переформирований Нижней Волги и ее дельты

Негативное влияние русловых процессов на условия жизни населения и хозяйственную деятельность в пределах Волгоградской и Астраханской областей в настоящее время наиболее заметно в пределах нижнего течения Волги и ее дельты. Анализ русловых переформирований за многолетний период показал, что развитие русловых деформаций и сопутствующие им переформирования русла имеют различную интенсивность и направленность (рис. 1).



1. Изменение эрозионно-аккумулятивных процессов на Нижней Волге за многолетний период

В период 1873-1944 гг. русловые переформирования сопровождались преимущественной аккумуляцией наносов в пределах Нижней Волги. В первую очередь это было связано с преобладанием естественных условий стока воды и наносов. В конце данного периода регулирование Волги выполнялось только Рыбинским водохранилищем. В дальнейшем (1944-1965 гг.) ввод Волжско-Камского каскада привел к тому, что на Нижней Волге стали преобладать эрозионные процессы. Особенно явно это начало проявляться после создания Волгоградского водохранилища в 1959 г. Поступление осветленных вод (полный перехват влекомых наносов и частичный — взвешенных) активизировало размыв дна и берегов. Одновременно регулирование стока воды, выразившееся в уменьшении максимальных расходов воды и внутригодовом перераспределении стока, привело к общему снижению интенсивности переформирований русла. На это указывает уменьшение темпов деформаций после 1965 г. Другими словами, начальная активизация и последующее снижение русловых деформаций было обусловлено созданием равновесия в системе «поток — русло» в результате приспособления к новым условиям стока воды и наносов.

Проведенные исследования современного развития русловых деформаций позволили выделить три крупных участка в пределах Волго-Ахтубинской долины, различающихся по степени активности русловых процессов и тенденций переформирования русла [3, 11].

В пределах верхней 100-километровой части Волго-Ахтубинской долины от створа плотины Волгоградского водохранилища до с. Солодники наиболее интенсивное развитие получили вертикальные деформации на фоне относительно слабых плановых переформирований русла. Повышенная интенсивность деформаций дна здесь во многом обусловлена режимом регулирования стока воды Волгоградским водохранилищем (проявлением внутрисуточных волн, дефицитом влекомых и взвешенных наносов, размывом тела аккумуляции). Результатом размыва дна стало продолжающееся понижение уровня воды («посадка») в нижнем бьефе водохранилища. Глубинная эрозия ослабила интенсивность переформирования берегов на участке. Здесь скорости размыва пойменных берегов, сложенных в основном песками, изменяются в диапазоне от 1 до 5 м/год. Меньшей интенсивностью характеризуются размывы коренных берегов, расположенных по правому берегу Нижней Волги. Темпы отступания здесь редко превышают 1 м/год, в среднем составляя 0,1–0,5 м/год. Снижение темпов

размыва коренных берегов объясняется их литологией — преобладанием трудно размываемых глинистых отложений.

Для второго участка Волго-Ахтубинской долины (протяженностью 290 км) от с. Солодники до с. Сероглазовка характерно интенсивное переформирование русла. Оно проявляется в нестабильности планового положения главных рукавов в разветвлениях, больших скоростях размыва берегов (до 30 м/год) на фоне относительно слабого размыва дна. Максимальные темпы размыва присущи пойменным берегам, сложенным преимущественно песками. В среднем интенсивность их размыва достигает 10-12 м/год. На данном участке русло достаточно часто подходит к правобережным коренным берегам. Их литологическое строение характеризуется преобладанием прослоев песка и суглинков. Темпы размыва таких берегов несколько выше, чем на первом участке. В среднем они составляют от 1,5 до 2 м/год при максимальных показателях до 3-5 м/год. Характерной особенностью для данных коренных берегов является повсеместное распространение оползневых, обвально-осыпных процессов и блоковое обрушение.

Третий участок (от с. Сероглазовка до Астраханского вододелителя) характеризуется менее интенсивными переформированиями русла по сравнению со вторым участком. Однако на фоне относительной стабильности плановых очертаний русла для него характерно развитие местных деформаций, заключающихся в размыве вогнутых берегов и нарашивании побочней на выпуклых берегах излучин, изменении положения динамической оси потока в результате развития и смещения русловых форм. На данном участке максимальные скорости размыва характерны для пойменных берегов в районе вершин или крыльев излучин. Темпы их отступания могут достигать в среднем 10-12 м/год при максимальных 25-30 м/год. На прямолинейных участках отмечается периодическое расширение русла, когда при смещении русловых форм (побочней) берег частично защищается от размыва прибрежной отмелю. В таких случаях темпы размыва снижаются, а сам размыв происходит прерывисто во времени.

На втором и третьем участках развитие горизонтальных деформаций сопровождается вертикальными изменениями отметок дна. В отличие от первого участка, где наблюдаются направленный размыв и понижение отметок дна, вертикальные деформации на втором и третьем участке имеют знакопеременный характер. В пределах перекатов отмечается повышение отметок в результате аккумуляции наносов, тогда как на плесах и в плесо-

вых лощинах часто отмечается размыв, носящий местный характер.

Дельтовый район Нижней Волги (от вершины дельты до устьевого взморья) по развитию русловых деформаций можно условно рассматривать как относительно стабильный. Снижение интенсивности русловых деформаций по сравнению с вышележащим (речным) участком здесь обусловлено в первую очередь рассредоточением стока воды и наносов по магистральным дельтовым рукавам и многочисленным ерикам и протокам. На замедленное развитие русловых переформирований оказывает существенное влияние и общее снижение уклонов водной поверхности. Однако и в пределах дельты существуют участки русла с повышенной интенсивностью переформирований. Такие участки обычно приурочены к крупным узлам разделения потока на магистральные рукава (Волга — Бузан, Волга — Кизань, Волга — Бахтемир) или к узлам разветвления русла в самих магистральных рукавах (Харбайский узел разветвления в Бахтемире). В последнем случае на активизацию или затухание русловых деформаций оказывает влияние не только морфодинамика русла, но и многолетняя изменчивость и перераспределение стока воды.

Перераспределение стока воды по рукавам и отвлечение его в многочисленные протоки и ерики по длине дельты сказалось здесь на темпах размыва берегов. Наиболее интенсивно размываются песчаные и супесчаные берега. В среднем они отступают со скоростью 0,5-1,5 м/год. При наличии плотных суглинков и глинистого ядра темпы размыва берегов замедляются и обычно не превышают 0,1-1 м/год.

Типы размываемых берегов

В пределах Нижней Волги и ее дельты отмечается практически повсеместный размыв берегов. Достаточно интенсивные горизонтальные деформации на всем протяжении основного русла и второстепенных рукавов во многом объясняются литологическим строением как коренных, так и пойменных берегов. Волго-Ахтубинский участок долины Волги врезан в толщу аллювиально-морских глин и песков, отличающихся различной противозорионной устойчивостью. Преобладание песчаных и супесчаных аллювиальных отложений как в литологическом строении пойменных, так и коренных берегов создает предпосылки для интенсивного развития русловых деформаций. Пески, супеси, лессовидные суглинки, залегающие в уступах поймы, при контакте с речным потоком начинают размываться в диапазоне скоростей потока от 0,3 до 0,75 м/с. Для среднеплотных глин и безвалунных суглинков, характерных для ко-

ренных берегов, диапазон начала размыва повышается до 0,55-1 м/с [9]. Такие скорости течения наблюдаются не только при прохождении половодья, но и в меженный период на многих участках основного русла или основных дельтовых магистральных рукавов.

Темпы размыва коренных берегов могут существенно различаться (табл. 1). В случае преобладания глинистых отложений скорость отступания берега изменяется от первых десятков сантиметров до 1 м/год (рис. 2, а). Несколько выше темпы размыва коренных берегов, сложенных перемежающимися прослойками песков и суглинков, распространенных на отдельных участках Нижней Волги и ее дельте (рис. 2, б). Средняя скорость их отступания повышается до 1,5-2 м/год. В ряде случаев темпы размыва могут снижаться как в результате литологических особенностей строения берегов, так и под воздействием гравитационных процессов. Характерным примером замедления темпов размыва являются участки в районе распространения бугров Бэра в дельте Волги. Наличие плотных суглинков и глинистого ядра снижает скорости размыва до 1 м/год (рис. 2, в).

Размыв пойменных берегов на Нижней Волге происходит повсемест-

но. Здесь на 500-километровом участке от плотины Волжской ГЭС до Астрахани общая протяженность фронта размыва берегов достигает 210-220 км. При этом средняя длина участков размыва колеблется от 0,8 до 3 км. Скорости размыва пойменных берегов существенно варьируются. Так, если средняя скорость размыва на участках активного переформирования русла составляет около 10-12 м/год (максимальная редко превышает 30 м/год), то в дельте средние скорости отступания берега — 0,5-1,5 м/год (максимальные обычно не превышают 3 м/год). Максимальные скорости размыва берегов обычно приурочены к вершинам излучин и наблюдаются в пределах песчаных пойм (рис. 3, а). Темпы отступания берега уменьшаются в случае суплинистого строения поймы (рис. 3, б). Наименьшие скорости размыва берега наблюдаются на участках с выходом глинистых «печин», которые в ряде случаев предопределяют фестончатый вид береговой линии.

Относительно высокие темпы размыва берегов (особенно пойменных) в пределах ряда населенных пунктов потребовали проведения мероприятий по их защите. Наиболее распространенным видом защиты береговой линии от размыва на Нижней Волге является

создание берегозащитных сооружений различных типов.

Типы защитных сооружений

В классификации гидротехнических сооружений речные сооружения относятся к второстепенным [6]. Считается, что последствия от разрушений таких сооружений имеют наименьшую опасность. Однако в ряде случаев их отсутствие может приводить к тяжелым социальным и экономическим последствиям. Потеря земель сельскохозяйственного назначения в результате размыва речных берегов наносит экономический ущерб, а в случае размыва берегов в местах расположения населенных пунктов создается потенциальная опасность для жизни людей.

Во многих местах расположения населенных пунктов на Нижней Волге выполнены работы по предотвращению или снижению размывов берегов. Создаваемые здесь берегозащитные сооружения можно подразделить на несколько типов: а) сооружения, предназначенные для отклонения течения реки от берега (буны, гасители скорости, сквозные запруды, ряжи и дамбы); б) укрепление, или одежда, берега реки или насыпи. На Нижней Волге, особенно в ее дельте, первый вид

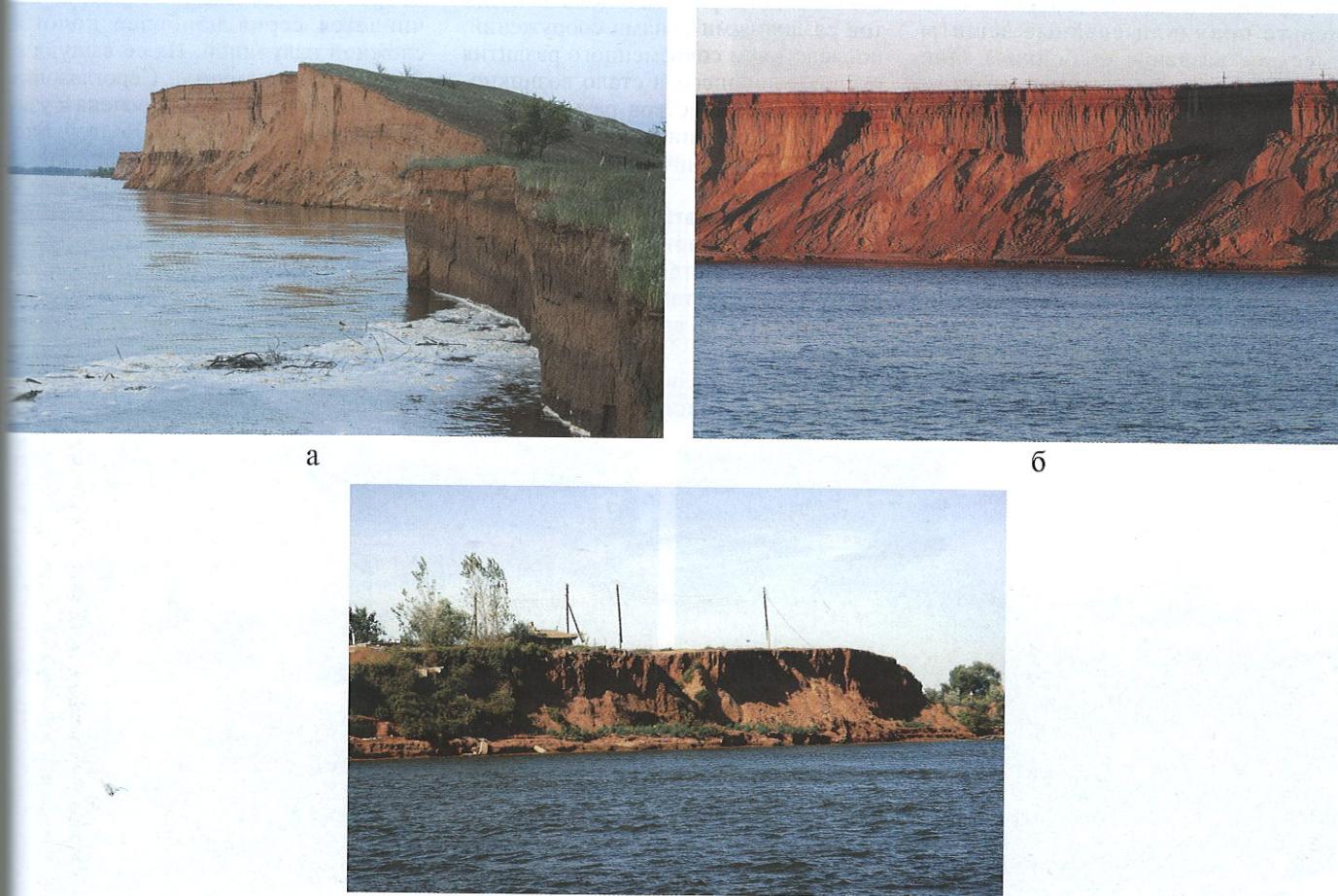


Рис. 2. Типы размываемых коренных берегов на Нижней Волге: а — глинистый с вертикальной стенкой (урочище Черный Яр); б — обвально-осыпной песчано-суглинистый (урочище Соленое Займище); в — вертикальная стенка с глинистой отмелю (с. Сергеевка)

Темпы размыва различных типов берегов в нижнем течении Волги

Нижняя Волга (от Волгоградского водохранилища до вершины дельты)			Дельта Волги		
	Средние	Максимальные		Средние	Максимальные
Коренные берега			Пойменные берега		
С преобладанием глинистых отложений	0,1–0,5	1,0	С плотными суглинками и глинистым ядром (бугры Бэра)	0,1–1,0	1,0–1,5
С преобладанием прослоев песка и суглинков	1,5–2,0	3,0–5,0	Песчаные и супесчаные	0,5–1,5	~3,0
Пойменные берега	~10–12	~30			

структурообразующих сооружений применяется очень редко. Во многом это отсутствие объясняется экологическими причинами — запретом вмешательства в естественное течение реки для исключения нарушений естественных условий размножения и обитания ихтиофауны. С другой стороны, создание структурообразующих сооружений и полузапруд требует применения крупного материала — валунов и гальки, карьерная добыча которых здесь отсутствует.

Более широкое распространение на Нижней Волге и особенно в ее дельте получили свайные защиты (местное название «забойки»). Они состоят из пропитанных креозотом свай, скрепленных насадками. Примером могут служить участки берега в районе сел Бушма, Ниновка и др. (рис. 4, а, б).

На Нижней Волге наиболее распространены бетонные укрепления, или одежда, берега реки. К таким капитальным сооружениям относятся набережные (Комсомольская набережная в Астрахани) и причалы (в районе порта Оля) (рис. 5, а, б). На подобных участках протяженность берегозащит-

ных сооружений может достигать от 1 до 5-6 км. Для укрепления берегов на Нижней Волге применяются различные материалы: железобетонные плиты, фашинные тюфяки с песком и т. п. (рис. 5, в, г).

В ряде случаев местное население проводит самостоятельные работы по защите берегов от размыва, применяя наброску стволов деревьев и бревен на урезе или настил из ветвистых засев (рис. 6, а, б).

Несмотря на то что на Нижней Волге проведены большие объемы работ по защите ряда населенных пунктов различными типами сооружений, последствием современного развития русловых процессов стало возникновение новых участков размыва, требующих проведения оперативных мероприятий по защите населения.

Современное негативное воздействие развития русловых процессов на состояние ряда населенных пунктов и рекомендации по его снижению

Негативное влияние развития современных русловых процессов на

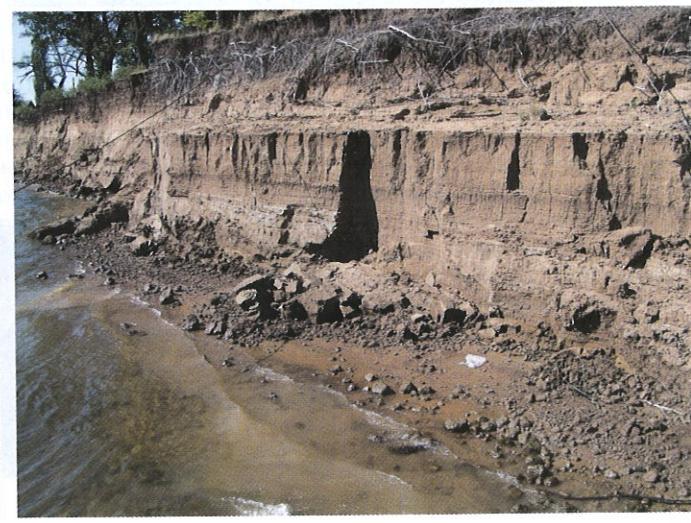
условия жизни и хозяйственную деятельность в пределах Волгоградской и Астраханской областей в настоящее время наиболее заметно в ряде населенных пунктов — сел Замьяны, Петропавловка, Ниновка, Федоровка, поселков Волжский и Товарный.

Поселок Волжский, села Замьяны и Петропавловка (Енотаевский район)

На участке от с. Сероглазовка (в 1917 г. — станица Сероглазинская) до с. Барановка Волга формирует серию из трех смежных излучин (рис. 7). Начинается серия наиболее пологой сложной излучиной. На ее выпуклом берегу расположено с. Сероглазовка. Вершина излучины приурочена к узлу слияния ерика Митинка с Волгой. Вторая в серии излучина, обращенная своей вершиной в правобережную часть долины, более крутая. В ее нижнем крыле по правому берегу расположено с. Замьяны. Замыкающая серию излучина, как и первая, обращена своей вершиной в левобережную часть долины. В пределах нижнего крыла этой излучины находятся села Петропавловка и Барановка.



а

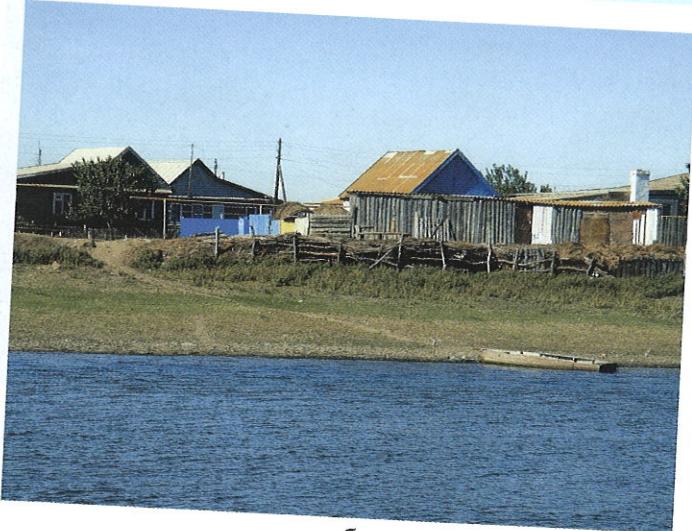


б

Рис. 3. Типы размываемых пойменных берегов: а — осипной песчаный; б — ступенчато-осипной суглинистый



а



б

Рис. 4. Защитные сооружения типа «забоек» в дельте Волги: а — охотхозяйство Белинский банк; б — с. Бушма

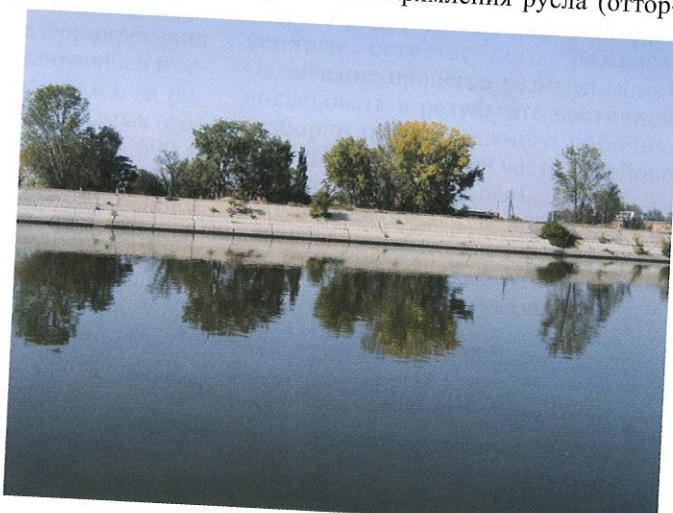
Особенностью серии перечисленных излучин является наличие островов в их вершинах. Самый верхний о. Шамбайский (или Осередок) сформировался из осередка в результате аккумуляции наносов в местном расширении русла. Образованию осередка способствовал локальный подпор, созда-

ваемый ериком Митинка в узле слияния его с Волгой. Подпорное явление со стороны Митинки распространялось на часть русла реки, создавая условия замедления потока в его левобережной части. Здесь в зоне снижения скоростей были созданы первичные условия для аккумуляции наносов.

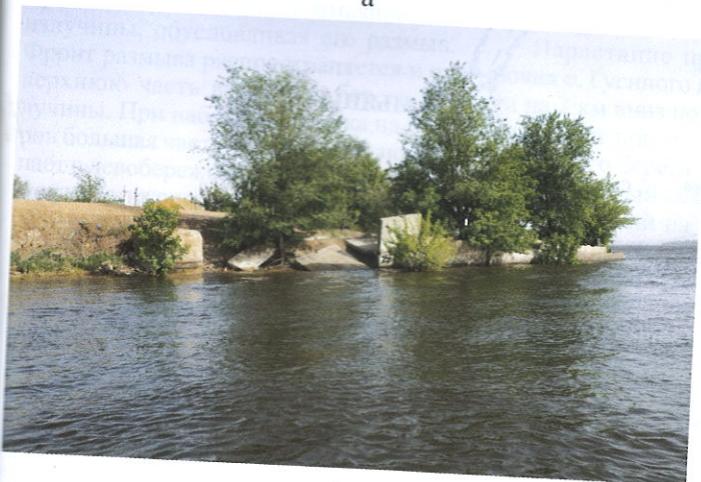
Формирование островов Замыянский и Круглый, расположенных в вершинах двух нижележащих излучин, было связано с нарастанием побочней у выпуклых берегов и последующим их отторжением (спрямлением) по затонским частям побочней. Причиной спрямления русла (оттор-



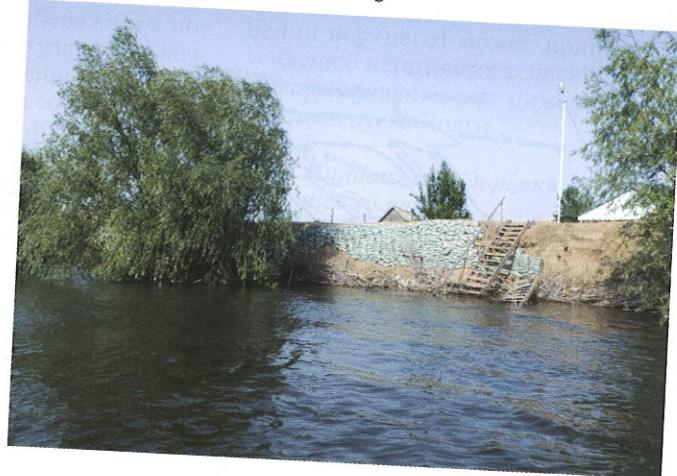
а



б



в

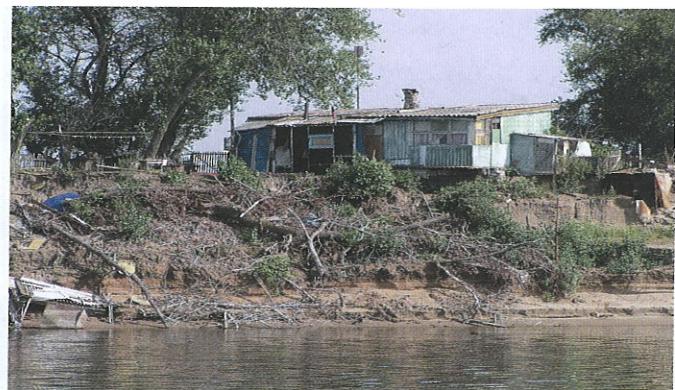


г

Рис. 5. Типы капитальных укреплений берегов на Нижней Волге: а — причальные сооружения (с. Икряное); б — бетонная набережная (с. Красные Баррикады); в — наброска бетонных плит (с. Митинка); г — наброска мешков с песком (с. Заволжское)



а



б

Рис. 6. Защита берега от размыва: а – в виде ветвистых завес и бревен; б – в виде наброса древесного мусора

жения побочней) послужило как продольное, так и в особенности поперечное смещение излучин. Наиболее характерно это для самой нижней в серии излучины, в вершине которой расположен о. Круглый, где на поверхности левобережной поймы сохранились староречья, отвечающие более раннему положению русла.

Современная ширина русла на участке излучин изменяется от 1750–2000 м в районе Шамбайского переката, о. Замьянского и Петропавловского

переката до 550 м при сужении в районе перевала Тюменский яра Тюменский, пассажирских причалов с. Замьянья. Продольное изменение глубин отвечает распределению плесов и перекатов. На перекатах в меженный период глубины достигают 4–6 м, увеличиваясь на плесах до 10–30 м.

Анализ русловых деформаций на исследуемом участке за последние 100 лет показал, что до начала регулирования стока воды Волгоградским водохранилищем (1917–1960 гг.) здесь пре-

обладала аккумуляция наносов. Особенность ярко она проявлялась в районе о. Шамбайского, который превратился из осередка в остров и увеличил свои размеры. Так же последовало увеличение размеров о. Замьянского, но приращение его ширины и длины происходило более медленно. Для о. Круглого отмечалось небольшое преобладание эрозии над аккумуляцией.

После 1960 г. последовала существенная перестройка конфигурации островов. Так, в пределах верхней из-

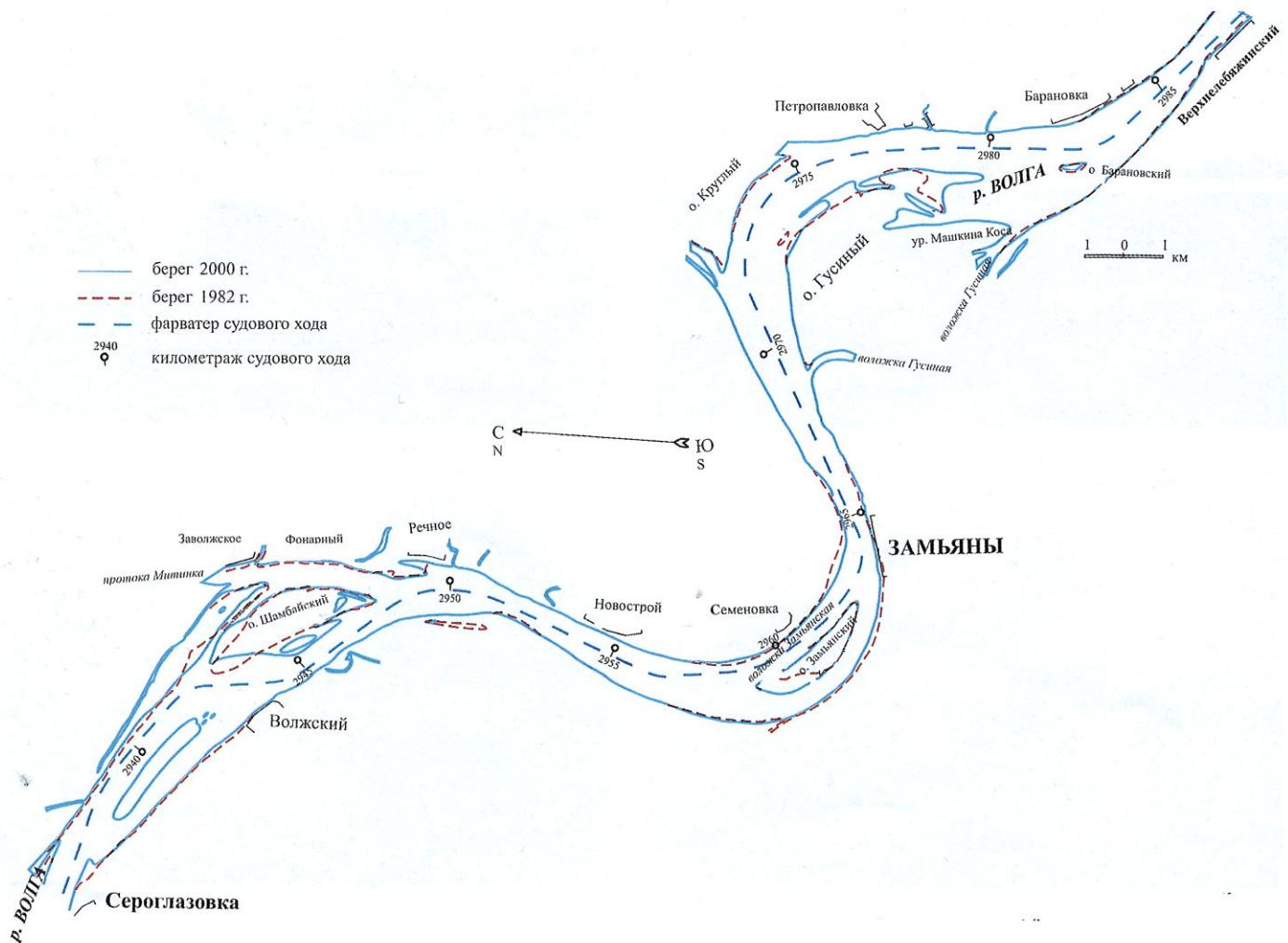


Рис. 7. Деформации русла Волги в районе пос. Волжский – с. Петропавловка за 1982–2000 гг. [3]

лучины произошло постепенное нарастание левого берега русла Волги в районе о. Шамбайского. Здесь в результате аккумуляции наносов сократилась ширина левобережного рукава за островом. У правого берега выше по течению от острова (на участке местного расширения русла) сформировался осередок, постепенно смещающийся вниз по течению и увеличивающий свои размеры. Сам о. Шамбайский также сместился вниз по течению в результате размыва оголовка и наращивания ухвостья. Последовавшая перестройка этого участка русла Волги привела к изменению положения динамической оси потока, которая стала огибать осередок, переваливая от левого берега к правому, что и послужило причиной интенсификации размыва правого берега в районе п. Волжский. В результате смещения о. Шамбайского и изменения положения линии динамической оси потока произошло смещение вершины излучины вниз по течению, отразившееся на размыве вогнутого правого берега. Одновременно стал более интенсивно размываться правый берег ниже по течению от п. Речное.

Смещение верхней излучины оказалось влияние на переформирование русла ниже по течению. В районе о. Замъяновского после начала периода регулирования стока Волгоградским водохранилищем отмечается постепенное развитие за островом левобережного рукава (Замъяновская воложка), связанное с размывом левого берега острова. Вначале сам остров увеличивал свои размеры вследствие аккумуляции наносов на оголовке, а затем стал постепенно размываться. После 1980 г. динамическая ось потока окончательно переместилась из правого руслана в Замъяновскую воложку. Сформировавшаяся конфигурация русла в половодье может влиять на направление движения потока, который в этот период переваливает к правому берегу района верхнего крыла Замъяновской излучины, обусловливая его размывы. Фронт размыва распространяется и на верхнюю часть вогнутого берега излучины. При набегании потока на остров большая часть расхода воды поступает в левобережный рукав, а затем нижнекильевая острова динамическая ось потока переваливает к правому берегу района с. Замъяны, где происходит интенсивный размыв. Левый берег в районе с. Замъяны имеет фестончатую конфигурацию, отвечающую зоне интенсивного размыва берега. Усиление размыва может происходить в результате наращивания правого выпуклого берега на излучине. Приращение берега происходит вследствие формирования побочня в районе ухвостья о. Замъяновского.

После начала регулирования стока Волгоградским водохранилищем

произошли активные переформирования и на самой нижней в серии излучине. Выпуклый берег этой излучины представлен о. Гусиным, а вершина излучины со стороны вогнутого берега опирается на о. Круглый. Основные деформации со стороны выпуклого берега были приурочены к верхнему и нижнему крылу. Разница заключалась в том, что в пределах верхнего крыла выпуклый правый берег размывался, тогда как в вершине и нижнем крыле преобладала аккумуляция наносов. Для вогнутого левого берега характерным процессом являлся размыв в пределах вершины излучины и ее нижнего крыла при относительно стабильном положении линии берега в верхнем крыле. Нарашивание выпуклого берега и размыв вогнутого берега в вершине излучины сопровождались интенсивной аккумуляцией наносов в нижней части о. Гусиного (урочище Машкина Коса). Эти причины стали основными факторами интенсивного размыва левого берега и увеличения фронта этого размыва в нижнем крыле излучины, где на левом берегу расположено с. Петропавловка.

Темпы русловых деформаций в пределах участка серии излучин существенно различаются. Так, в районе п. Волжский в результате формирования левобережной косы, включившей в себя о. Шамбайский (Осередок), за последние 30 лет произошел размыв правого берега в полосе от 200 до 600 м по фронту до 6 км. Эта тенденция размыва берега усугубляется удлинением второй левобережной косы на продолжении ерика Митинка, отклоняющей динамическую ось потока в сторону правого берега.

В районе с. Замъяны происходит направленный процесс нарастания левого выпуклого берега и смещения его и о. Замъяновского в сторону вогнутого правого берега. В результате скорость размыва правого вогнутого берега может достигать местами 30 м/год.

Нарастание правобережного побочня о. Гусиного и его удлинение почти на 2 км вниз по течению за последние 30 лет повлекло за собой отступление левого берега на 140-280 м.

Подробный анализ русловых переформирований на участке от с. Сероглазовка до п. Барановка и определение основных темпов деформаций позволяют предложить ряд рекомендаций, направленных на ослабление или прекращение негативного воздействия русловых процессов на условия жизнедеятельности людей в населенных пунктах Волжский, Замъяны и Петропавловка.

Кардинального изменения сложившейся опасной ситуации и приостановления интенсивного размыва правого берега Волги в районе п. Волжский можно достичь проведением ка-

питальных дноуглубительных работ и переводом судового хода и большей части стока воды реки под левый берег через бывшую Шамбайскую воложку. Однако это потребует значительных капитальных вложений. В настоящее время исток Шамбайской воложки перекрыт массивной отмелью с глубинами от 0,5 до 3 м. Следует иметь в виду, что последствием разработки Шамбайской воложки может стать усиление размыва левого берега ерика Митинка в районе населенного пункта Фонарный, что потребует дополнительных вложений по его защите от размыва. Другим вариантом защиты п. Волжский может быть возведение берегозащитных сооружений по типу шпунтовых завес, предохраняющих берег от размыва.

Для ослабления эрозионного воздействия речного потока на правый берег Волги в районе с. Замъяны предлагается создание поперечных полуза-пруд в районе верхней границы села (Кругловские створы), которые помогут оттеснить ось водного потока от берега в период половодья.

Защита левого берега Волги в районе с. Петропавловка сооружениями крайне проблематична вследствие активного развития излучины и направленного естественного размыва. Ослабление процесса размыва может последовать в результате частичной разборки правобережного побочня, особенно в его нижней части (в районе урочища Машкина Коса).

Следует обратить внимание, что проведение работ по снижению негативных проявлений развития русловых процессов в районах указанных населенных пунктов необходимо выполнять практически одновременно. Постепенное выполнение работ или увеличение их продолжительности может усилить естественные процессы русловых деформаций. В условиях взаимосвязанности русловых переформирований в серии излучин осуществление защиты одного из участков (особенно верхнего) может привести к усилению негативных тенденций руслоформирования для нижележащих участков русла Волги.

Села Ниновка и Федоровка (Икрянский район)

Села Ниновка и Федоровка (Харбай) расположены на правом берегу русла Бахтемир ниже истока протоки Подстепок. Русло Бахтемира делает здесь крутой поворот от урочища Шкирдовская Коса почти под 90° и, упираясь в реликтовый бэрсовский бугор, следует вдоль него до истока протоки Талыча. После местного расширения русла Бахтемир ниже п. Трудфронта с глубинами 5-6 м и шириной до 750 м, где в настоящее время формируется одиночное русловое разветвление, его русло ниже по течению (в районе

исследуемого участка) сужается до 350 м, а глубины возрастают до 10-12 м.

Сужение русла и концентрация потока ниже по течению от участка расширения в районе Шкирдовской Косы приводят к увеличению его транспортирующей способности. Расположенное выше расширение русла способствует аккумуляции наносов и созданию дефицита наносов на участке русла рукава Бахтемир в районе сел Ниновка и Федоровка. Сочетанием этих двух факторов и объясняется более интенсивный размыв дна на исследуемом участке русла Бахтемира. Кроме того, отход рукава Подстепок по правому берегу обусловливает не только отвлечение части стока воды, но и части транспортируемого руслового аллювия.

Наличие крутого изгиба русла, отвлечение части стока воды и наносов в левобережный рукав Подстепок, специфика строения берегов (левый — пойменный, правый — реликтовый бэрсовский бугор) — все эти факторы определяют развитие русла на данном участке, темпы и направленность русловых деформаций.

Совмещение разновременного картографического материала (топографической карты издания 1980 г. (масштаб 1:100 000) и космического снимка 2013 г.) показало, что наиболее ак-

тивно размывается правый берег (рис. 8). Этот размыв обусловлен морфологической особенностью строения русла на данном участке, где правый берег, на котором расположены села, является частью вогнутого берега вершины излучины и ее нижним крылом.

Стрежень потока на данном участке согласно гидравлическим особенностям распределения скоростей потока на изгибе прижимается к вогнутому берегу в вершине излучины и затем следует вдоль ее нижнего крыла. Натекание потока на берег является основной причиной его размыва. Анализ совмещения показал, что за последние 33 года в районе сел Ниновка и Федоровка произошел размыв берега в полосе до 60 м, что соответствует средним темпам размыва до 2 м/год. Одновременно последовал размыв и части левого берега до захода рукава Бахтемир в Харбайское колено, что привело к общему увеличению ширины русла. Размыв части левого берега может быть объяснен дефицитом русловых наносов и выходом на поверхность дна коренных глин, что уменьшило интенсивность вертикальных деформаций и, наоборот, усилило горизонтальное смещение потока. На темпы размыва левого берега могло оказывать влияние укрепление правого берега местными жителями.

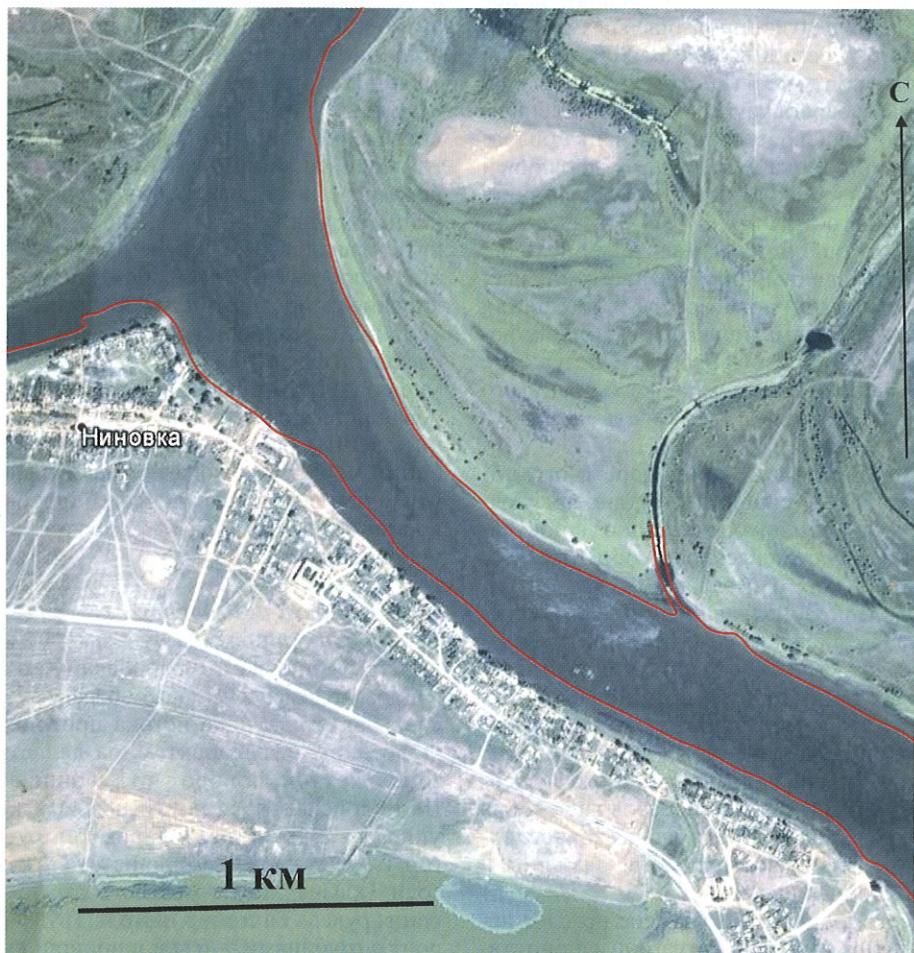


Рис. 8. Динамика берега в районе сел Ниновка и Федоровка за 1980 (красная линия) — 2013 гг.

Однако укрепление берега деревянными «забойками» малоэффективно вследствие крутых откосов подводного склона и больших глубин (от 10 до 15 м) в русле.

Некоторого ослабления или прекращения процесса размыва правого берега в районе с. Ниновка можно добиться путем создания сплошной шпунтовой завесы, опирающейся на дне на выходы кровли коренных пород. Дополнительное ослабление процесса размыва правого берега возможно в результате разборки левобережного побочия на выпуклом левом берегу. Такая разборка приведет к увеличению пропускной способности русла и некоторому снижению скоростей течения, что и повлияет на темпы размыва.

Поселок Товарный (Икрянский район)

Поселок Товарный расположен на правом берегу протоки Бакланьей ниже руслового разветвления, образованного островами Бакланий и Матеровский. На противоположном берегу находится п. Мумра.

Ширина русла протоки Бакланьей изменяется от 400 м в районе устьев островов Бакланий и Матеровский до 200 м выше по течению от ответвления протоки Бакланенок. Навигационные глубины по фарватеру судового хода постепенно возрастают от верхней границы исследованного участка от 5-9 м до 12-16 м на ее нижней границе. Согласно морфодинамической типизации данный участок русла протоки Бакланьей можно отнести к относительно прямолинейному, на котором отмечается начало развития излучины. В настоящее время вершина изгиба русла приурочена к нижнему по течению окончанию п. Товарный.

Анализ совмещения топографической карты 1980 г. и космического снимка 2013 г. показал, что за последние 33 года здесь произошли следующие изменения (рис. 9): 1) ухвостья островов Бакланий и Матеровский приросли на 100 м; 2) правый проток Бакланий в русловом разветвлении практически залился и отмер; 3) на правом берегу протоки Бакланьей у верхней границы п. Товарный берег на расстоянии 400 м прирос в полосе шириной до 40 м; 4) участок правого берега ниже паромной переправы на расстоянии 600 м размылся в полосе шириной от 30 до 50 м; 5) левый берег протоки Бакланьей вдоль п. Мумра изменился мало, на нижней границе поселка берег прирос в полосе до 40 м; 6) сильно деформировался узел разветвления проток Бакланья и Бакланенок, где оголовок о. Эстакадный размылся на расстоянии 200 м за счет прироста правобережного побочия в протоке Бакланенок [1].

В целом развитие протоки Бакланьей и деформационные процессы в ней во многом определены много-летними изменениями расходов воды в Харбайском узле разветвления. Данный узел перераспределения стока воды (одним из элементов которого является протока Бакланья) состоит из ряда проток и рукавов, отвлекающих и частично вновь возвращающих сток в рукав Бахтемир. В системе проток Бахтемир — Талыча — Ямная — Бакланья — Бахтемир возврат стока воды в Бахтемир по протоке Бакланьей составляет более 50% стока от уходящего из Бахтемира по протоке Талыча. Причем в многолетнем плане отмечается рост отвлекаемого в Талычу из Бахтемира стока воды. Большой процент стока воды, приходящийся на долю Бакланьей, объясняется тем, что от вершины Харбайского узла разветвления до его нижнего окончания создается перекос водной поверхности. В половодье этот перекос составляет свыше 12 см. Протока Бакланья, явля-

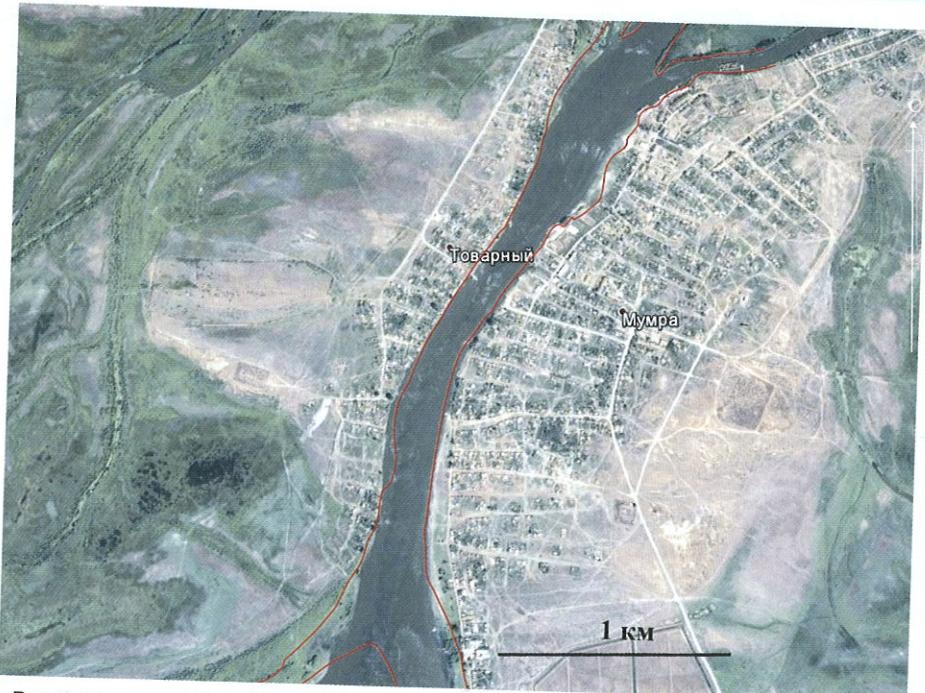


Рис. 9. Динамика берега в районе пос. Товарный за 1980 (красная линия) – 2013 гг.

Журнал «Инженерные изыскания» — лучшая площадка для вашей рекламы!

ВАША РЕКЛАМА

www.geomark.ru

ясь поперечной протокой между вершиной и нижним окончанием Харбайского узла разветвления, использует данный перекос для увеличения уклонов своей водной поверхности. Поэтому скорости течения в протоке Бакланьей несколько выше скоростей, наблюдавшихся в других протоках, что увеличивает эрозионное воздействие потока на берега дельтовой поймы.

Размыв правого берега протоки Бакланьей во многом обусловлен естественным развитием излучины. Наибольшие темпы размыва приурочены к вогнутому берегу на излучине (нижняя третья часть п. Товарный).

Для устранения негативных последствий развития русловых процессов на участке русла у п. Товарный можно рекомендовать возведение поперечных полузапруд выше по течению от начала вершины излучины. Выдвижение полузапруд в русло позволит оттеснить поток от размываемого правого берега в центральную часть русла.

Заключение

Русловые процессы обуславливают возникновение ряда явлений, имеющих негативное влияние на жизнедеятельность населения, живущего на берегах рек. Геолого-геоморфологический и гидрологический факторы, являясь определяющими для русловых процессов, существенно влияют на темпы, интенсивность и направленность русловых переформирований. Изменение таких факторов в результате естественных причин либо под антропогенным воздействием может существенно сказаться на горизонтальных или вертикальных деформациях русел рек.

В многолетнем плане создание Волжско-Камского каскада водохранилищ и регулирование им стока воды и наносов повлекло за собой на Нижней Волге преобладание эрозии над аккумуляцией. Анализ многолетних русловых деформаций в нижнем течении Волги позволил установить современные тенденции переформирования русла и сопровождающие их размывы берегов. В условиях зарегулированного стока воды и наносов темпы развития горизонтальных деформаций во многом определяются литологическим строением. Наиболее интенсивно размываются пойменные песчаные и супесчаные берега, средняя скорость размыва которых может достигать 10–12 м/год. Наибольшая интенсивность размыва таких пойменных берегов (до 30 м/год) фиксируется в пределах вершин излучин. В пределах дельты Волги темпы размыва пойменных берегов закономерно снижаются в результате перераспределения стока воды и наносов в магистральных дельтовых рукавах и обычно не превышают 3 м в год. В дельте более существенно уменьшается скорость размыва при наличии плотных суглинков и глинистого ядра (бургры Бэра). Средние темпы отступания берегов в пределах дельты с таким строением изменяются от первых сантиметров до 1 м, а максимальные редко превосходят 1,5 м в год.

Размыв коренных берегов по сравнению с пойменными происходит более медленными темпами. Наименьшие скорости размыва присущи коренным берегам, у которых в литологическом строении преобладают глинистые отложения. Они отступают ежегодно в среднем на 0,1–0,5 м, редко до 1,0 м/год. В случае преоблада-

ния в строении прослоев песка и суглинков темпы размыва коренных берегов повышаются — средние скорости составляют 1,5–2 м/год, максимальные — до 5 м/год.

Указанные темпы размыва пойменных берегов согласно [13] в пределах речной части Нижней Волги попадают в категорию опасных и весьма опасных природных процессов, для которых скорость размыва превышает 1–3 м/год. Только на отдельных участках дельты, где берега сложены плотными суглинками с глинистым ядром, темпы размыва соответствуют умеренно опасной категории (0,1–1 м/год). Темпы размыва коренных берегов существенно ниже, чем пойменных. Однако в категорию умеренно опасных размывов попадают лишь берега с преобладанием глинистых отложений, тогда как берега, сложенные прослойями песков и супесей, оказываются в градации опасных и весьма опасных размывов.

Опасность размыва берегов показана для отдельных участков русла на Нижней Волге, где на современном этапе развития русловых процессов в зону риска попал ряд населенных пунктов, ранее не испытывающих негативного воздействия. На данных участках требуется оперативное проведение мероприятий, направленных на защиту берегов от размыва. Приводимые рекомендации по защите берегов могут быть использованы для обоснования необходимых мероприятий и расчета экономических затрат на них.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ Н.Ш. 1010.2014.5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас дельты Волги: геоморфология русловая и береговая морфодинамика / под ред. В.Н. Коротаева, Г.И. Рычагова, Н.А. Римского-Корсакова. М.: АПР, 2015. 128 с.
- Атлас единой глубоководной системы Европейской части РСФСР (от Саратовского гидроузла до Астрахани). М.: Изд-во Главводпуть МРФ РСФСР, 1974, 1982 гг. 135 л.
- Атлас русловой морфодинамики Нижней Волги / под ред. В.Н. Коротаева, Р.С. Чалова, Д.Б. Бабича. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 232 с.
- Карта дельты реки Волги. Горький: Изд-во Главводпуть МРФ РСФСР, 1979.
- Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А. Исследование рельефа и отложений речных русел методами гидроакустики // Геоморфология на рубеже XXI века. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. С. 307–309.
- Космические снимки на территорию Нижней Волги Landsat TM (2000 и 2013 гг.).
- Лоцманская карта реки Волги от Увека до Бертиоля (фарватер 1940 г.). М.: Изд-во Наркомречфлота СССР, 1944. 98 л.
- Лоцманская карта реки Волги от Камского устья до Бертиоля (фарватер 1948 г.). Горький: Издательство Волжского бассейнового управления пути, 1949. 98 л.
- Любимов Б.П. Опыт составления карт размываемости покровных горных пород для целей инженерной оценки эрозионного рельефа // Вестник Моск. ун-та. Сер. Геогр. 1978. № 1. С. 42–47.
- Навигационная карта реки Волги от Волгоградского гидроузла до с. Бертиоль. Горький: Издательство Волжского бассейнового управления пути, 1965. 95 л.
- Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика / под ред. Г.И. Рычагова и В.Н. Коротаева. М.: ГЕОС, 2002. 242 с.
- СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Официальное издание. Госстрой СССР. М.: ЦИТП, 1987.
- СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий. Официальное издание. Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1996.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Часть 2 (Морфодинамика речных русел). М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
- Эстуарно-дельтовые системы России и Китая / под ред. В.Н. Коротаева, В.Н. Михайлова, Д.Б. Бабича. М.: ГЕОС, 2007. 444 с.