

УДК 556.536.2

Н. Н. Малышева
Е. Ф. Чебанова
В. А. Бабенко¹

Анализ динамики русловых деформаций в нижнем течении реки Кубань

ФГОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», Краснодар, Российская Федерация
e-mail: toriba12@mail.ru¹

Аннотация. Авторами проведено обследование русла Кубани от Краснодарского гидроузла до устья для выявления деформаций в нижнем течении реки и разработки мероприятий по их восстановлению. Выполнен ретроспективный анализ формирования деформаций берегов Кубани в нижнем течении реки; исследование гидрологического режима рукавов р. Кубань и р. Протока. Для регулирования потока в русле рекомендуется использовать комбинированные регуляционные сооружения, которые будут сочетать традиционные материалы с посадкой кустарников и деревьев.

Ключевые слова: русло, деформация, меандрирование, система обвалования, наводок, противопаводковая защита территории, сток реки, наносы.

Введение

На Нижней Кубани противоэрозионные и противопаводковые мероприятия имеют длительную историю и обусловлены угрозой подтопления населенных пунктов и прилегающих территорий, земель сельскохозяйственного назначения. В процессе освоения плавневой зоны, строительства мелиоративных систем инженерного типа для выращивания риса и культур рисового севооборота, строительство дамб обвалования носило стратегическое значение [1].

В нижнем течении реки Кубань делится на два рукава Протока и Кубань. Так как пропускная способность русла реки составляет не более 900-1000 м³/с, а рукавов Кубань и Протока около 500 м³/с и фактические расходы воды редко, но превышали 2000 м³/с и 800 м³/с, потребовалось строительство надежной системы обвалования.

Таблица 1

Попуски в нижний бьеф Краснодарского водохранилища
согласно правилам эксплуатации, м³/с

Обеспеченность по стоку	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
75%	718	434	516	219	87,3	140	174	129	72	80	140	279
95%	564	333	393	118	80	105	135	108	60	67	115	215

Составлено авторами

Данные таблицы показывают, что сбросные расходы в течение года варьируют с учетом нужд водопотребителей Нижней Кубани. максимальное

значение сброса в нижний бьеф Краснодарского водохранилища наблюдаются в мае $718 \text{ м}^3/\text{с}$ с началом поливного сезона на рисовых оросительных системах, минимальные – $72 \text{ м}^3/\text{с}$ в январе (санитарный расход).

После строительства Краснодарского водохранилища, которое зарегулировало русло Кубани, угроза наводнений и подтоплений территории западной зоны региона в нижнем течении водного объекта была минимизирована. В настоящее время максимальные расходы воды ниже Краснодарского гидроузла составляют порядка $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ по рукавам Кубань - Протока на «Раздере» в пределах Тиховского вододелительного узла – порядка $500 \text{ м}^3/\text{с}$ [4].

Таким образом, водный режим не способствует промыву паводочного русла и на отдельных участках, оно постепенно заносится и зарастает древесной растительностью. В большей степени это наблюдается там, где развивался процесс незавершенного меандрирования, в различное время года он прерывается, когда снижаются попуски воды в нижний бьеф Краснодарского водохранилища (табл. 1).

Кроме того, помимо нормированных попусков из Краснодарского водохранилища, необходимо учитывать и паводковое явления, пик которых накладывается на таяние снега в горах в бассейне р. Кубань и, как правило, проходит в мае-июне, тем самым увеличивая приток в водохранилище. В этой связи для поддержания баланса указанного водного объекта, максимальные сбросы воды в нижний бьеф осуществляются максимальными сбросными расходами, которые достигают $1200 \text{ м}^3/\text{с}$ [3]. Эрозионные процессы в вершине излучины при этом усиливаются.

В настоящее время берега рек Кубань и Протока ниже Краснодарского водохранилища обвалованы практически по всей длине, как на правом берегу, так и на левом, и служат противопаводковой защитой территории. Но система дамб обвалования находится на стадии аварийности, что снижает их надежность при пропуске паводков, особенно в вегетационный период, когда расходы по рукавам реке Кубань максимальны в связи с орошением риса [2].

В этой связи целью работы является обследование русла реки Кубани от Краснодарского гидроузла до устья для выявления деформаций системы обвалования в нижнем течении реки и разработки мероприятий по их восстановлению.

Материалы и методы

Благодаря картографическому материалу разных годов съемок удалось провести анализ русловых деформаций на рукаве Протока, который идет от Тиховского гидроузла до устья. Этот материал был приведен к единому масштабу – 1:10000.

Основным материалом была судоходная карта реки Кубани от Азовского моря до станицы Усть-Лабинской, 1914 года издания в городе Санкт-Петербург. На эту карту накладывались лоцманские карты разных годов, а именно 1949, 1964 и 1985-х годов. Так же учтены материалы, где съемки проводились и позже 1985 года. Были определены особенности происходящий деформаций русла реки и скорости плановых деформаций на основе совмещения карт разных годов.

Результаты и обсуждение

Между двумя смежными излучинами реки, которые входят в перекат Гончаровский, расположен участок реки Протока в районе хутора Бараниковский. На нем протекают деформации русла по типу ограниченного меандрирования. В вершинах излучин наблюдаются наибольшие деформации русла реки и составляют до 3 – 4,5 м/год. Особенно часто эти деформации наблюдаются в районе водозабора на Петровско-Анастасиевской оросительной системе. Агрессивность потока обуславливает, размыв на этом участке, который прижимается к левому берегу, и конфигурацией головного сооружения водозабора, который в свою очередь способствует размыву защитной дамбы. Динамика русловых деформаций наблюдается со времен прошлого века (рис. 1).

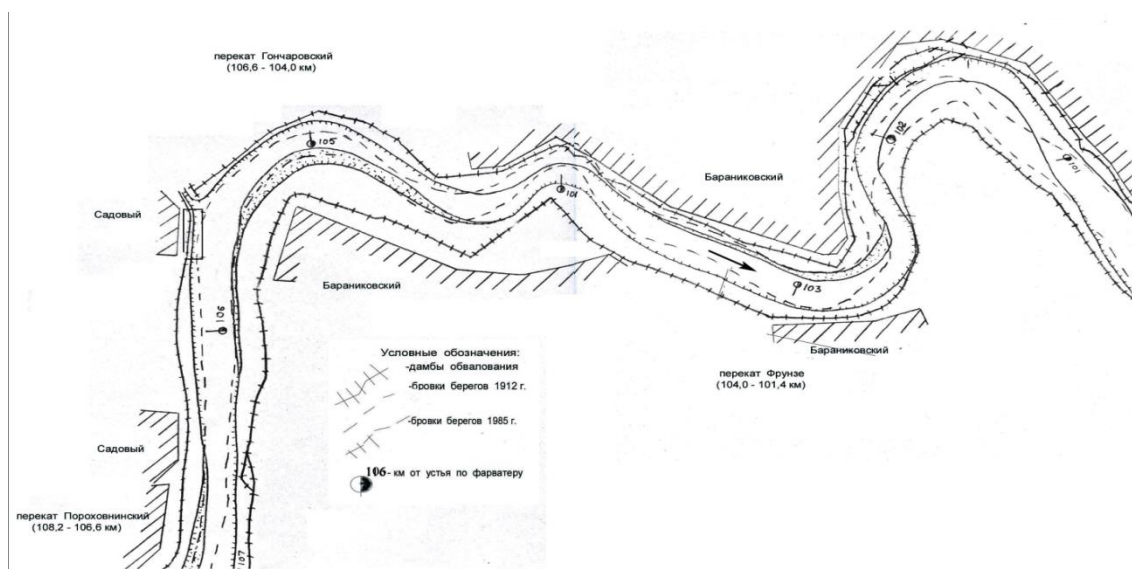


Рис. 1. Динамика русловых деформаций реки Протока
Составлено авторами

На исследуемом участке русловые деформации в основном заключаются в размыве берега в вершинах излучин. Также сюда можно отнести и внутрирусловые переформирования в пределах пойменных берегов. Знакопеременный характер носят высотные деформации, но эрозионные процессы превалируют над аккумуляторными. Интегральным показателем, происходящих в русле реки процессов, является изменение расходов воды и во времени кривых связи уровней [6].

Гидропост в городе Славянск-на-Кубани, после проведения ряда исследований и наблюдений, отметил постепенную посадку уровня воды, начиная с 1961 года, которая продолжается и в нынешнее время. За это продолжительное время наблюдений было выявлено, что величина отметок уровня при постоянном расходе воды достигла 2-3 сантиметров в год, общая величина составляет почти 1 метр. Весь этот процесс начался из-за открытия Гриневско-Артарского канала и уменьшения стока наносов вследствие строительства Краснодарского водохранилища. Но основную роль сыграли систематические выемки песка из русла Протоки и бифуркационные процессы у «Раздера».

К узлу разделения общего русла на главные дельтовые рукава можно условно отнести участки реки от 119 км до 116 км по реке Кубани и до 132 км – по Протоке (рис. 2).

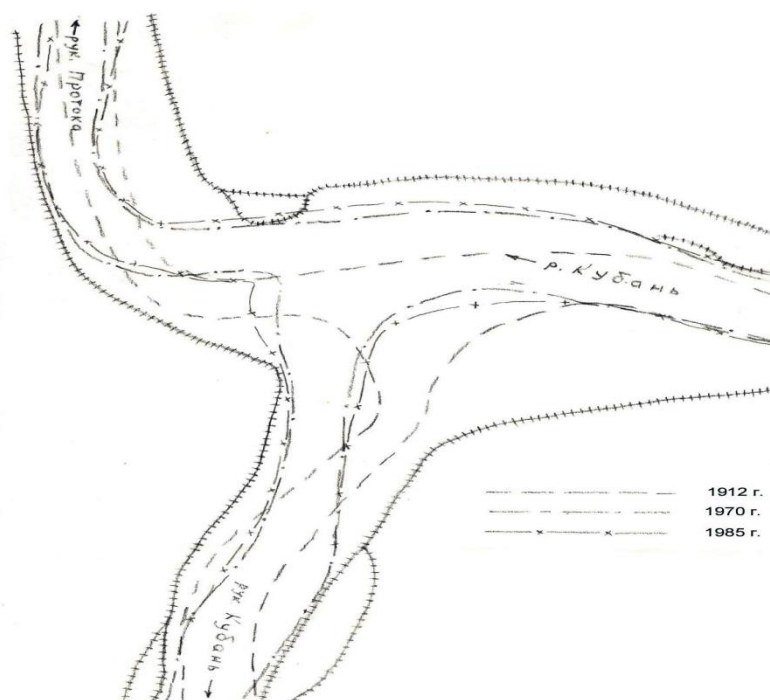


Рис. 2. Динамика русловых деформаций р. Кубань в «Раздерском» узле
Составлено авторами

Основная особенность плановых деформаций заключается в последовательном неуклонном смещении узла бифуркации русла вправо и некотором сползании вниз по Протоке [5]. Каждый узел разветвления проходит известный естественный цикл развития: зарождения, становления и отмирания. Каждый из этих этапов характерен определенным соотношением морфометрических характеристик. В частности, во время фазы отмирания на одном из рукавов происходят процессы формирования морфометрических элементов, которые характеризуют и способствуют его отмиранию, а именно, кос, побочней, перекатов и увеличения угла отклонения. Судя по этим показателям, рукав Кубань вступил в фазу отмирания. По лоцманским и топографическим картам разных лет проведен анализ плановых смещений русла реки Кубани на участке «Раздерского» узла за период 1911–1985 г.г. На совмещенных планах видно, что данный узел понемногу смещается в сторону правого рукава – Протоки. В течение 75 лет было замечено, что смещение русловых бровок в плане достигло более 150 метров. Происхождение этих процессов объясняется тем, что в ходе наблюдений было установлено постепенное, естественное нарастание левобережного побочня. Он расположен, примерно, в 100–650 метрах выше разделения русла реки Кубани на рукава [7].

Более интенсивному нарастанию побочня, в последние 30 лет, способствовало и то, что при прокладке судоходных прорезей в «Раздерском» узле складирование песка производилось в основном на левобережный побочень. Вновь намытый песок в течение нескольких лет закрепляется кустарником и

ивняком, при подъемах уровня здесь отлагаются наносы и, таким образом происходит дополнительное нарастание побочня по высоте, и он становится практически неразмываемым [4].

В результате искусственного и естественного нарастания левобережного побочня изменяется гидравлика потока в «Раздерном» узле и размываются правые берега рукавов. На рукаве Кубань правый берег размылся на 150 метров, на рукаве Протока на 100 метров. Правый берег основного русла Кубани размылся примерно на 160 метров.

На сегодняшний день рукав Кубань отделяется от основного русла под углом, примерно равным, 275° . К такому значению привели плановые деформации русла Кубани в узле. Но стоит отметить, что в 1911 году этот угол составлял примерно 250° , а значит в Протоке угол был равен 230 и 220° .

К глубинным деформациям приводили такие виды работ, как дноуглубительные, русловыпрямительные и карьерные. Так если еще в 1971 г. средние глубины русла и наибольшие по стрежню на рукаве Кубань были больше чем на Протоке, то уже в 1978 г. это соотношение начало меняться в пользу рукава Протока. Одновременный свал глубин к правому берегу и его переработка привели к интенсивному нарастанию побочня на основном русле Кубани, а также образованию побочня на рукаве Кубани. В это время, площадь живого сечения наращивал рукав Протока. Это происходило, в основном, за счет углубления русла, что естественно не могло не сказаться на перераспределении стока воды в пользу Протоки. Проведенные ранее исследования и наблюдения русловых деформаций на Нижней Кубани показали, что глубинные деформации на 40 % за счет осветленного потока и на 60 % зависят от углубления русла благодаря выборки песка на строительные нужды. По предположительным данным Кубанского речного пароходства, с 1978 года и по 1990 год, из русел рек Кубани и Протоки ниже, было извлечено почти 9 млн. м³ песка.

Из рукава Кубань такие выборки осуществлялись на участке ст. Троицкая – ст. Варениковская, а в русле рукава Протока на участке от «Раздер» до ст. Гривенская, причем из Протоки была добыта большая часть. Простой расчет показывает, что только за счет этой выборки средняя величина понижения уровня на участке составляет 0,64 метра, при общей около 1 метра.

Таким образом, в процессе исследований выявлены участки, на которых дамбы обвалования находятся в аварийном состоянии и наблюдаются процессы их разрушения. Водооградительные валы, на отдельных участках, находятся достаточно близко от кромки берегов (или даже уже сами стали кромкой). По этой причине валы во время очередного паводка могут разрушиться. Но процесс разрушения продолжался даже после того, как на таких участках строили обходные валы, в результате чего их образовалось по 3 линии. На таких участках целесообразно выполнить комплекс защитных мероприятий.

Заключение

Основными причинами, влияющие на интенсивность разрушения берегов реки, можно считать строительство крупных, регулирующих гидроузлов, изменивших свой водный режим реки и способствующих сокращению стока наносов и естественные деформации русла реки, которые протекают в условиях осветленного потока. Это заключение было выявлено в ходе анализа русловых

деформаций на реке Кубань в узле деления на рукава Кубань и Протока, а также в ходе проведения гидрологического режима.

Для защиты территорий от затопления начали строить дамбы обвалования на рукаве Протока. Так же устраивали обходные участки дамб на случай их подмыва. Долгое время эксплуатации дамб обвалования на защищаемой территории привело к тому, что за их пределами построились многочисленные гражданские объекты, такие как, мелиоративные, инженерные сети и населенные пункты. Проблема заключается в том, что возможности устройства обходных дамб без вреда и переноса этих объектов в настоящее время и в современных условиях просто нет.

Необходимость выполнения защитно-регуляционных мероприятий на этом участке, которые включают в себя береговое укрепление и руслорегулирование, обуславливается тем, что эти мероприятия защитят дамбу обвалования от размыва. Использование комбинированных регуляционных сооружений для регулирования потока поможет сочетать традиционные материалы, такие как камень и габионы, с посадкой деревьев и кустарников.

Литература

1. Авакян К. М., Агарков В.Д., Алексеенко Е.В., Андрусенко В.В. и др. Система рисоводства Краснодарского края. Краснодар, 2011. 340 с.
2. Деркачев С. В. Берегоукрепление и руслорегулирование река Протока вблизи х. Бараниковский // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. статей по материалам 72-й науч.- практ. конф. студентов по итогам НИР за 2016 год. Краснодар, 2017. С.121–124.
3. Деркачев С. В. Эколого-адаптивный подход как способ сохранения плодородия пахотных земель в низовьях Кубани // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2019. №2 (февраль). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>.
4. Коробка А. Н., Орленко С. Ю., Алексеенко Е. В., Малышева Н. Н. и др. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар, 2015. 352 с.
5. Овсепьян В. С., Чебанова Е. Ф. Биологический способ защиты берегов рек от размыва // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. статей по матер. IX Всеросс. конф. молодых ученых. Краснодар, 2016. С. 843-844.
6. Чебанова Е. Ф. Деформации русла реки Кубани между Краснодарским и Федоровским гидроузлами // «Наука в современном обществе: Закономерности и тенденции развития». Сборник ст. международной научно-практической конференции, 2017. С. 57-60.
7. Чебанова Е. Ф. Формирование стока наносов реки Кубани в нижнем бьефе Краснодарского гидроузла // Рыбохозяйственные и русловые гидротехнические сооружения: Сб. статей. Новочеркасск: Новочеркасский ордена «Знак Почета» инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортумова, 1988. С. 87-94.

N. N. Malysheva
E. F. Chebanova
V. A. Babenko¹

Analysis of the dynamics of channel deformations in the lower reaches of Kuban river

I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russian Federation
¹e-mail: toriba12@mail.ru

Abstract: *The authors conducted a survey of the channel of the Kuban from the Krasnodar hydroelectric complex to the mouth to identify deformations in the lower reaches of the river and develop measures for their restoration. A retrospective analysis of deformations of the Kuban river banks in the lower reaches was carried out; study of the hydrological regime of the branches of Kuban river and Protoka river. To regulate the flow in the channel, it is recommended to use combined regulation structures that will combine traditional materials with the planting of shrubs and trees.*

Keywords: *channel, deformation, meandering, embankment system, flood, flood protection of the territory, river flow, sediment.*

References

1. Avakyan K. M. Agarkov V. D., Alekseenko E. V., Andrusenko V. V. Rice growing system of the Krasnodar Territory - Krasnodar, 2011. 340 p. (in Russian).
2. Derkachev S. V. Bank protection and channel regulation of the Protoka River near x. Baranikovskiy // Scientific support of the agro-industrial complex. - Sat. articles based on the materials of the 72nd scientific-pract. conf. students based on the results of research for 2016. Krasnodar, 2017. P.121 - 124. (in Russian).
3. Derkachev S. V. Ecological-adaptive approach as a way to preserve the fertility of arable land in the lower reaches of the Kuban // Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student Scientific Bulletin. 2019. No. 2 (February). URL: <http://akademnova.ru/page/875550> (in Russian).
4. Box A. N. The system of farming of the Krasnodar Territory on an agrolandscape basis. Krasnodar, 2015. 352 p. (in Russian).
5. Ovsepyan V. S., Chebanova E. F. Biological way to protect river banks from erosion // Scientific support of agro-industrial - Sat. articles on mater. IX All-Russian. conf. young scientists. 2016. S. 843-844. (in Russian).
6. Chebanova E. F. Deformations of the channel of the Kuban River between the Krasnodar and Fedorovsky hydroelectric facilities // "Science in Modern Society: Patterns and Development Trends". Sat. Art. international scientific and practical conference: 2 parts, 2017. P.57-60. (in Russian).
7. Chebanova E. F. Formation of sediment runoff of the Kuban River in the downstream of the Krasnodar hydroelectric complex // Fishery and channel hydraulic structures. - Sat. articles. State Agroindustrial Committee of the USSR; Novochoerkassk Order "Badge of Honor" Engineering and Land Reclamation Institute. A.K. Kortunova, Novochoerkassk, 1988, P.87-94. (in Russian).

Поступила в редакцию 28.09.2022 г.