

УДК 627.15

Кочкурова Наталия Викторовна¹, доцент, к.т.н., начальник УМУ
e-mail: kochkurova.nv@vsuwt.ru

Воронина Юлия Евгеньевна¹, доцент, к.т.н., доцент кафедры ВПиГС
e-mail: yulez@ya.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПЕРЕКАТОВ УСТЬЕВОГО УЧАСТКА Р. ОКА В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ И ИХ ОЦЕНКА ПО ВЫБОРУ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА (15-Й КМ СУДОВОГО ХОДА)

Аннотация. Строительство моста через реку Ока, как части трассы-дублера проспекта Гагарина в г. Н. Новгороде, предполагает возведение его опор в русле. Наличие, конфигурация опор и планируемое дноуглубление участка реки в районе строительства будут оказывать влияние на русловые процессы и могут привести к изменению режима движения речного потока, что скажется на устойчивости существующего судового хода. Исследование русловых деформаций реки Ока проводилось в границах четырех перекатных участков для оценки характера работы речного потока с выявлением причин русловых изменений в многолетнем разрезе. Установлены основные закономерности развития русла в естественных условиях, сделаны прогнозы их изменений при устройстве опор моста и дана оценка по выбору местоположения мостового перехода.

Ключевые слова: русло, судовой ход, река, русловые деформации, мостовой переход, перекаат, проектная глубина, русловой процесс, судоходный рукав, размыв.

В нижнем течении реки Ока с 18 до 0 км судового хода расположено четыре переката на разном расстоянии друг от друга – Новинский (17км), Малиновая гряда (14,5км), Мызинский (10,5км), Молитовский (3,5км). При строительстве моста трассы-дублера пр. Гагарина в г. Н. Новгород перекааты будут подвергаться русловым деформациям, которые могут повлечь за собой как улучшение, так и ухудшение судоходных условий на них. Для оценки многолетних деформаций [1, 2] и выявления основных особенностей русловых процессов на перекатах выполнено совмещение планов русловых съемок за 13 лет. Анализ русловых переформирований выполнен для двух характерных участков 19,0-15,1 км (выше створа мостового перехода) и 15,1-7,0 км (ниже створа мостового перехода), представляющих наибольший интерес с точки зрения его влияния на устойчивость судового хода. Особенностью планов на данном участке является переход проектной глубины с 2,5м к 3,5м на 13,2км судового хода.

Совмещение планов [1, 2] произведено попарно за различные периоды лет: 2009 – 2015; 2015 – 2021 и 2009 – 2021 гг. в зависимости от наличия русловых съемок.

Изучение переформирований русла на участке выше створа мостового перехода за период с 2009 по 2015 гг. позволило достаточно точно представить направление и интенсивность естественных деформаций и оценить их влияние на береговые полосы и дно на уровне проектных изобат. Анализ совмещенных планов 2009–2015 гг. совместно с гидрологическими данными и материалами русловых исследований дает возможность выделить следующие характерные особенности участка:

- «перемещение» гребня Новинского переката происходит в пределах средней его части в плане на расстояние 700-900 м за 6 лет, то есть правый судоходный рукав претерпел незначительные изменения;

- минимальная глубина 2,6 м приближена к гарантированной на участке;

- присутствует тенденция к размыву и расширению гребня переката Новинский с интенсивностью 12 м/год. Грунт со дна перемещается к береговой полосе как левого, так и правого берегов рукава с интенсивностью в среднем 5-7 м/год, что вероятнее всего спровоцировано как проводимыми периодическими дноуглубительными работами, так и особенностями конфигурации русла на участке;

- ввиду отсутствия съемок в левобережном рукаве в 2015 г. достаточно сложно оценить общую динамику его деформаций. Однако, учитывая карты Атласа ЕГС (Том 5), левый рукав у приверха острова и на протяжении всей средней зоны на уровне проектных изобат остается без изменения.

В целом, за рассматриваемый период времени участок достаточно устойчивый для судового хода с тенденцией укрепления его на уровне проектных изобат и уменьшения объемов дноуглубительных работ.

При рассмотрении более позднего периода съемок (2015 – 2021 гг.) стабильность участка прослеживается в полной мере. Правый берег судоходного рукава остается без изменений, а левый берег (остров) на всем протяжении до ухвостья подвергается незначительному размыву с интенсивностью 2 м/год. Гребень Новинского переката за рассматриваемые семь лет становится более устойчивым. Дно на уровне проектных изобат подвергается небольшому размыву, расширяется судовый ход и участок становится более прямолинейным.

В целом анализ совмещенных русловых съемок за период 2009 – 2021 гг. (рисунок 1) показывает устойчивую динамику саморазмыва русла выше створа будущего мостового перехода в пределах существующего судового хода.

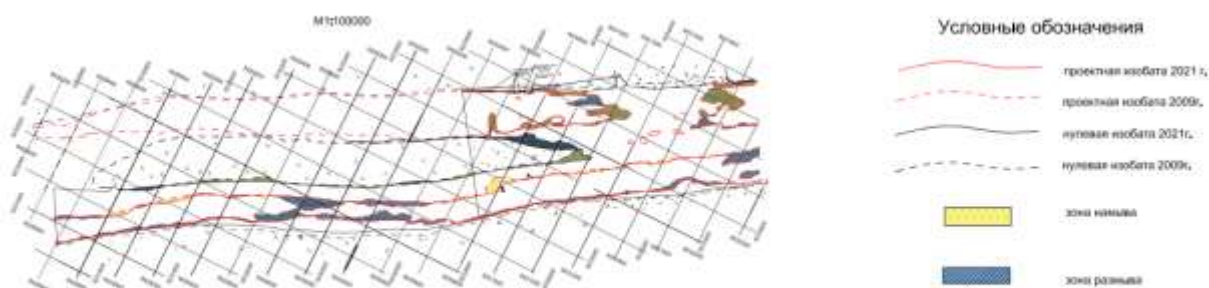


Рисунок 1 – Совмещенный план 2009-2021 гг. на 19,0-15,0 км судового хода р. Ока

По полученному материалу можно спрогнозировать поведение всего русла при подходе к будущим опорам моста [3]. Если левый рукав в нижнем течении подвержен разнонаправленными деформациям намыва-размыва, то конфигурация ухвостья острова за 13 лет изменила свои очертания. При ошутимом размыве ухвостья со стороны левого рукава с интенсивностью 9 м/год часть наносов откладывается на пережат несудоходного рукава, располагаемого ниже ухвостья в районе створа будущего моста, а часть участвует в смещении островного корня вниз по течению с надвиганием на судоходный рукав со скоростью 20 м/год. Такие деформации характерны для любого двухрукавного русла, когда относительно продолжительные по своей длине рукава существуют как отдельные самостоятельные русла, соединяемые в один поток ниже острова. В этом месте при резком увеличении площади живого сечения соединенного русла (ширина становится практически в 3 раза больше, чем в каждом из рукавов по отдельности), скорость течения

падает, что приводит к отложениям донных наносов в месте слияния потоков. В таком случае новый мост может сыграть лишь положительную роль в формировании плана течений. Сужение русла за счет установки в него опор будущего мостового перехода незначительно увеличивает скорости течения, что может быть достаточным в будущей перспективе для повышения устойчивости к негативным деформациям русла в пределах судового хода и стабильности судоходства на 19-15 км судоходной трассы.

Ниже створа мостового перехода на 15,1-7,0 км судового хода определение направления развития деформаций за многолетний период осложнилось из-за ограниченности исходного планового материала за 2009-2015 гг. Анализ русловых переформирований производился на участке в районе Мызинского переката на 13,2-7 км судового хода.

Судовой ход выше разветвления русла на 10,0 км и в судоходном рукаве в районе Мызинского переката достаточно стабилен. Зоны размыва наблюдаются вдоль правого берега правого рукава. До опор Мызинского моста образован локальный вынос частиц со дна русла в пределах судового хода, связанный с ежегодно выполняемыми дноуглубительными работами по поддержанию заданных габаритов судового хода по глубине на участке. Если участок водного пути выше створа мостового перехода находился в зоне гарантированных глубин 2,5 м, то рассматриваемый участок располагается в границах повышенного значения глубины 3,5 м согласно программе гарантированных габаритов. Граница изменения проектных глубин располагается на 13,2 км судового хода р. Ока.

Русло в районе опор Мызинского моста подвергается разнонаправленным деформациям: в районе левого берега происходит заносимость русла в пределах опор, а начиная со второго пролета от левого берега энергия русла направлена на подмыв опор.

Особенно значительный размыв наблюдается в границах третьей левобережной опоры, где ярко прослеживается донная эрозия русла. В районе 5 и 6 опор размыв русла не такой значительный. Основной причиной его являются дноуглубительные работы, проводимые на участке.

Из-за слабого искривления русла у левого берега (остров) и бетонного укрепления правой береговой полосы, русло не может формировать большой изгиб и поэтому вся энергия потока тратится на удержание параметров судового хода, критичных для данного типа реки по гидравлическим условиям. Лишь небольшое смещение проектной изобаты к правому берегу и аккумуляция наносов у левого берега судоходного рукава указывает на усилия потока, направленные на искривление русла. В данном случае влияние крепления правого берега, с одной стороны, сдерживает его размыв, с другой – постоянно провоцирует отложение наносов у левого берега.

Анализ совмещенных планов 2015-2021 гг. показал продолжающуюся динамику размыва опор Мызинского моста, хоть и в меньшей степени по сравнению с ранее рассматриваемым периодом. В указанном временном интервале заносимость Мызинского переката, располагаемого в правом судоходном рукаве, активизируется с явным преобладанием аккумуляции наносов на гребне самого переката. Грунт от подмыва опор 6 и 7 поступает в судоходный рукав. За счет увеличения сопротивления русла по причине прохождения потоком поворотного участка с понижением скоростей течения и из-за изменения траектории движения, поток теряет свою транспортирующую способность и частицы песка откладываются в пределах судового хода. Ниже гребня переката русло стабильно и направление движения потока выравнивается, плавно вписываясь в двухкилометровый слабо искривленный правый рукав.

Совмещенные планы 2009-2021 гг. (рисунок 2) позволили оценить деформации участка ниже створа будущего мостового перехода до окончания разветвления русла ниже створа Мызинского моста, т.е. от 15,1 до 7,0 км судового хода с прослеживанием основных закономерностей руслового процесса. Стабильная закрепленная полоса правого берега перенаправляет все деформации в русло р. Ока, провоцируя как улучшение



условий судоходства, так и создавая некоторые локальные зоны его затруднения. Основная часть деформации направлена в сторону левого пойменного берега, где на уровне проектных изобат происходит значительное смещение стрежня потока к правому берегу с интенсивностью 20 м/год. Непосредственно в створе мостового перехода происходит глубинное объединение потока в вид «неоформленной» параболы с тенденцией к ее развитию и формированию более плавных очертаний.

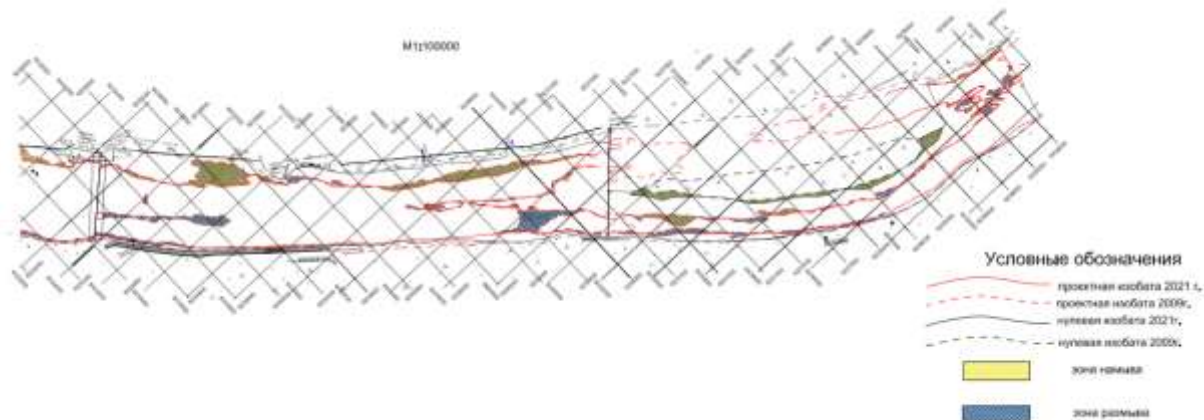


Рисунок 2 – Совмещенный план 2009-2021 гг. на 13,2-7,0 км судового хода р. Ока

Выводы

На основании проведенного анализа можно выявить основные направления развития русла р. Ока:

1. Выше створа нового мостового перехода (15,1 км судового хода) устройство опор не будет оказывать негативного влияния на устойчивость русла в пределах судового хода и стабильность судоходства.
2. Бетонное укрепление правого берега позволяет руслу реки оставаться неизменным в плане.
3. Деформации размыва преобладают на всем рассматриваемом участке судового хода.
4. Проблемы судоходства, существующие на участке (заносимость Мызинского переката), наступили исходя из особенностей типа руслового процесса (пойменная многорукавность) и наличие искривления русла, в числе которых: левый пойменный берег является местом аккумуляции наносов от глубинного размыва дна, от подмыва правого берега, от влияния островов и осередков в русле р. Ока.
5. Местоположение будущего мостового перехода выбрано наиболее удачно из возможных вариантов планового расположения створов (исходя из минимального воздействия на русловые процессы и водозаборы, а также на положение существующего судового хода).
6. Для более детального рассмотрения влияния мостового перехода на русловые процессы и судоходство необходимо математическое моделирование речного потока на участке р. Ока 19-0 км и выполнение анализа такого влияния при различных уровнях воды.

Список литературы:

1. Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек / М-во реч. флота РСФСР. Гл. упр. водных путей и гидротехн. сооружений. – Ленинград : Транспорт. [Ленингр. отд-ние], 1974. - 309 с.
2. Ситнов, А.Н. Уровенный режим верхней Камы и оценка возможности установления навигационных гарантированных глубин на участке с. Бондюг – пгт. Тюлькино

//Транспорт. Горизонты развития. 2022: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ» / А.Н. Ситнов, М.В. Шестова, Н.В. Кочкурова. – 2022. – URL: http://вф-река-море.рф/2022/6_16.pdf.

3. Куприна, Е.М. Влияние конфигураций опор на возникновение неправильных течений //Транспорт. Горизонты развития. 2022: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ» / Е.М. Куприна, Ю.Е. Воронина. – 2022. – URL: http://вф-река-море.рф/2022/6_10.pdf.

CHANNEL DEFORMATIONS OF THE RIFTS OF THE ESTUARY SECTION OF THE RIVER OKA IN DOMESTIC CONDITIONS AND THEIR ASSESSMENT BY CHOOSING THE LOCATION OF THE BRIDGE CROSSING (15TH KM OF THE SHIP'S COURSE)

Natalya V. Kochkurova, Yulia E. Voronina

Abstract. The construction of a bridge over the Oka River, as part of the highway-a stand-in for Gagarin Avenue in Nizhny Novgorod, involves the construction of its supports in the riverbed. The presence, configuration of supports and the planned dredging of the river section in the construction area will affect the riverbed processes and may lead to a change in the flow regime of the river flow, which will affect the stability of the existing ship course. The study of channel deformations of the Oka River was carried out within the boundaries of four rolling sections to assess the nature of the river flow with the identification of the causes of channel changes in the long-term section. The main regularities of the riverbed development in natural conditions are established, forecasts of their changes in the construction of bridge supports are made and an assessment is given on the choice of the location of the bridge crossing.

Keywords: channel, ship's course, river, channel deformations, bridge crossing, rolling, design depth, channel process, navigable arm, erosion.

