

УДК 627.15

АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЙ НА Р. ВЕРХНЯЯ БЕЛАЯ В МНОГОЛЕТНЕМ РЯДУ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СУДОХОДСТВО

Воронина Юлия Евгеньевна¹, доцент, кандидат технических наук

e-mail: yulez@ya.ru

Кочкурова Наталия Викторовна¹, доцент, кандидат технических наук, начальник учебно-методического управления

e-mail: kochkurovanataly@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В работе выполнен анализ многолетних плановых и вертикальных деформаций русла. При анализе выделены характерные участки реки, отличающиеся особенностями русловых переформирований, наличием русловых и пойменных карьеров и выправительных сооружений. Рассмотрены вопросы изменения параметров русла по глубине и ширине речного потока, влияния полузапруд и карьеров на русловые деформации и др. Установлена причинно-следственная связь между разработкой карьеров и эрозией русла, а также изменением параметров русла в связи с его трансформацией в системе «плес-перекат», что в совокупности влияет на условия судоходства.

Ключевые слова: русловые деформации, продольный профиль, карьеры, условия судоходства.

ANALYSIS OF CHANNEL TRANSFORMATIONS ON THE VERKHNYAYA BELAYA RIVER IN A MULTI-YEAR SERIES AND THEIR IMPACT ON NAVIGATION

Voronina Yulia Evgenievna¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: yulez@ya.ru

Kochkurova Natalia Viktorovna¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Head of the Educational and Methodological Department

e-mail: kochkurovanataly@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The work carried out an analysis of long-term planned and vertical deformations of the channel. The analysis identified characteristic sections of the river, distinguished by the characteristics of channel reformations, the presence of channel and floodplain quarries and straightening structures. The issues of changes in channel parameters along the depth and width of the river flow, the influence of semi-dams and quarries on channel deformations, etc. have been considered. A cause-and-effect relationship has been established between quarrying and channel erosion, as well as changes in channel parameters in connection with its transformation in the "reach-riffle" system, which collectively affects shipping conditions.

Keywords: channel deformations, longitudinal profile, quarries, shipping conditions.

Для оценки влияния карьеров на русло реки, его переформирования и последствий для судоходства был проведен детальный анализ продольных деформаций русла, а также анализ многолетних плановых деформаций.

На основе проведенного подробного анализа совмещенных планов за различные года (с 2011 по 2023 гг.), составленных по навигационным картам и русловым съемкам участка [1, 2] можно сделать следующие основные выводы:

1. Русло реки к 2022 – 2023 гг. в значительной степени (по отношению к 2011 году) разработано как по ширине, так и по глубине потока.

2. Единственная зона аккумуляции наносов располагается на верхнем рассматриваемом участке 65 – 73 км судового хода, наносы с которой смещаются постепенно вниз по течению для восстановления русла после карьерных работ. Границы указанной зоны со временем уменьшаются.

3. Русловые карьеры «отнимают» большое количество твердого стока реки, что провоцирует русло активизировать процесс донной и боковой эрозии на ниже расположенных относительно карьеров участках.

4. Системы полузапруд до 2011 года работали для поддержания глубин в русле р. В. Белая. В более поздний период новое устройство систем выправительных сооружений направлены лишь на рост выпуклых берегов излучин для последующих их разработок.

5. Условия судоходства нарушены в значительной степени из-за значительных русловых деформаций, связанных с русловыми и частично пойменными карьерами, особенно близко расположенными к меженному урезу воды. Такие пойменные карьеры, скорее всего, в период половодья временно переходят в разряд русловых и начинают активно влиять на русловые процессы, которые именно в указанный период являются наиболее активными.

Вертикальные русловые деформации исследованы методом совмещения продольных профилей дна. Построение совмещенных продольных профилей позволяет выявить вертикальные деформации русла, которые заключаются в намыве и размыве дна перекаатов и изменении их отметок. Кроме того, по совмещенным продольным профилям можно оценить общее изменение в параметрах русла, связанное его трансформацией (в системе «плес-перекат»).

Анализ продольных профилей выявил преобладание зон размыва русла над зонами аккумуляции наносов. Причем, аккумуляции по большей части наблюдаются на перекаатных участках, а размыв дна – в глубоких плесовых лощинах. При такой динамике изменений в продольных профилях создаются ярко выраженные зоны разделения русла по длине на отдельные участки, границами которых служат мелководные перекааты. Таким образом, русло трансформируется на так называемое «каскадное разделение», где мелководные участки с относительно малыми скоростями и соответственно малыми уклонами свободной поверхности, чередуются с небольшими участками переливов воды из одного искусственно созданного «бассейна» в другой, ниже расположенный по участку реки. Местами переливов служат мелководные перекааты, где в силу значительного уменьшения площадей поперечного сечения в русле при прохождении одного и того же расхода, что и выше по течению, создаются большие скорости потока. Перекааты начинают работать как естественные подводные водосливы в стадии коротких лотков. Энергия потока в сжатом сечении переката недостаточна для преодоления сопротивления на нем, поэтому поток верхнего участка переходит на перекаате из бурного в спокойное состояние через прыжок-волну на участке ниже по течению. Причем, поток успокаивается, достигая максимальных глубоких мест за перекаатами. Так, например, проходя перекаат Нижнекиешкинский, располагаемый на 24 км судового хода, поток переливаясь через



гребень по инерции «добегает» до 18 км, после чего скорости замедляются и уклоны уменьшаются. Похожая картина наблюдается и на других мелководных перекатах.

В целом, наибольшие размывы дна наблюдаются на нижнем участке 0-18 км судового хода, где образуется нижний из каскадов «бассейн».

Анализ сопоставления площадей зон размыва и намыва по участку показал общее увеличение емкости русла по отметкам дна на 28% за период шесть лет (2011 – 2017 гг.) (рисунок 1). Ввиду того, что дноуглубительные работы на транзите р. В.Белая ведутся эпизодически, не ежегодно, то увеличение объема русла происходит в основном за счет карьерных разработок, интенсивно проводимых в реке.

Анализ совмещенного продольного профиля по оси судового хода за период 2017-2023 гг. (рисунок 2) показал значительную разработку русла в глубину уже и в районе основного стрежня потока. Причем наиболее сильные деформации размыва наблюдаются на участке 9 – 46 км судового хода, где сосредоточены все русловые карьеры. Если за предыдущий период увеличение емкости русла по всей ширине реки составило 2%, а по длине судового хода 28%, то за второй период (с 2017 по 2023 гг.) только по оси судового хода общее увеличение глубин составило дополнительно 33%, а при анализе изменения емкости всего русла на рассматриваемом участке 0 – 76 км судового хода она увеличилось на 13%. Такое существенное увеличение параметров ложе реки является результатом чрезмерных неконтролируемых объемов извлекаемого грунта при выполнении карьерных работ. Если раньше (до 2017 года) карьеры увеличивали русло только за счет разработки береговой полосы, то в последнее время карьеры стали размывать и судовой ход, и русло в целом. Система «плес-перекат» полностью нарушена, что неизбежно приводит к «неспособности» реки держать уровень воды на естественных отметках и приводит к значительным посадкам уровня воды [3].

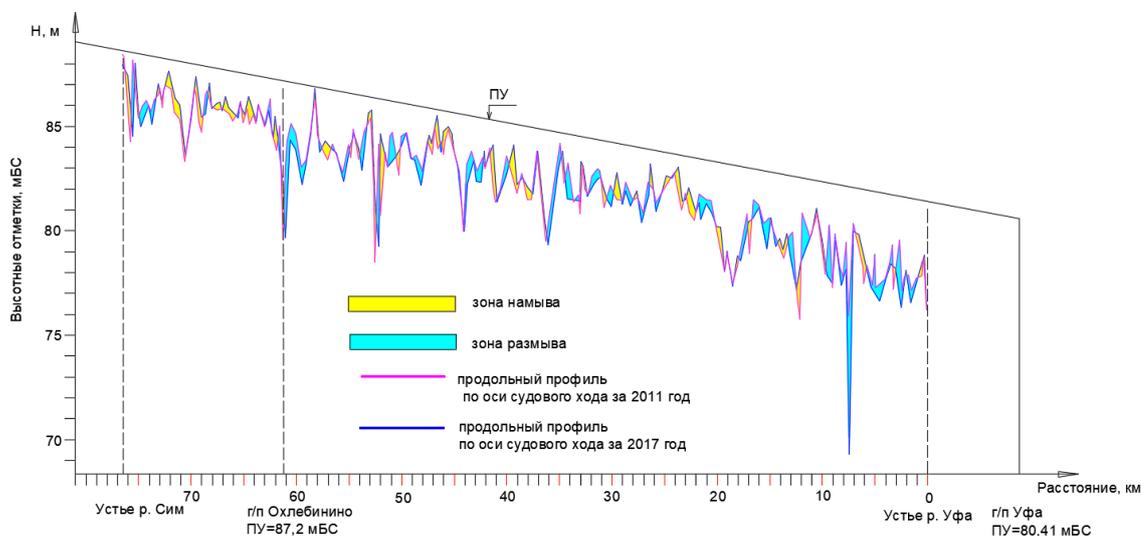


Рисунок 1 – Совмещенный продольный профиль русла р. В. Белая по оси судового хода от устья р. Уфа до устья р. Сим за 2011 и 2017 года

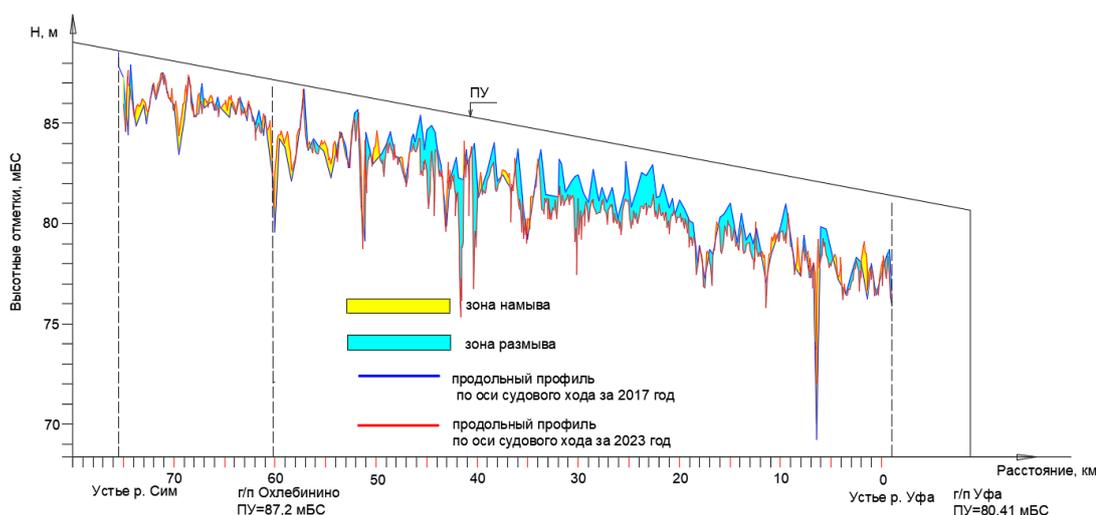


Рисунок 2 – Совмещенный продольный профиль русла р. В. Белая по оси судового хода от устья р. Уфа до устья р. Сим за 2017 и 2023 года

На участке активных карьерных разработок (0 – 46 км судового хода), средние проектные глубины больше по отношению к таким же глубинам на всем рассматриваемом участке 0-76,5 км. Их увеличение находится в диапазоне значений 5 – 16%.

Оценка наиболее глубокой части русла – по оси судового хода, показала, что карьеры также оказывают воздействие на судовую ход, и как следствие, на судоходство в целом. На нем наблюдаются наибольшие проектные глубины в периоде 2011 – 2017 гг. в абсолютном выражении и их относительный прирост в 6 – 7%. Однако прирост глубины судового хода в данном случае не приводит к улучшению условий судоходства, так как оценка через осредненные проектные параметры не учитывает влияние изменения положения существующего уровня воды по отношению к проектному уровню.

Таким образом, можно говорить о развивающемся процессе понижения отметок дна по длине русла, обусловленном интенсивными карьерными разработками. Аналогичный процесс был отмечен и в результатах исследований, выполненных Берковичем К.М. [4], на участке р. Нижняя Белая, Калюжным В.К. [5]. Отмечено, что многолетняя трансформация русла реки вследствие механического изменения размеров поперечного сечения и понижения дна (в результате глубинной эрозии, разработки карьеров, дноуглубления) является причиной понижения уровней воды на исследуемом участке р. В. Белая.

По результатам анализа русловых переформирований на участке можно сделать следующие выводы:

- увеличение количества карьеров в русле приводит к повсеместному увеличению проектной глубины по всей ширине русла, включая судовую ход, однако за счет сопровождающегося процесса значительного понижения уровня воды фактические глубины меньше требуемых и не могут обеспечить безопасные судоходные условия;
- заносимость карьеров (полная) уменьшает приращение проектной глубины, поэтому прекращение разработки карьеров в русле реки может благоприятно повлиять на восстановление русла;
- при исключении разработок вдоль берега, русло р. В. Белая еще пытается восстановиться и вернуть естественные параметры по глубине(занестись), однако этот процесс не бесконечен. Уход за гидравлическими параметрами русла может негативно сказаться на жизнедеятельности реки и привести к полному ее изменению (вплоть до резкого снижения уровней воды, пересыханию отдельных участков, изменению береговой полосы);

- даже при отсутствии карьеров, естественная глубина восстанавливается в меньшей степени, поскольку в русле идет понижение отметок дна и возникают необратимые изменения как типа русла, так и в русловых процессах.

Список литературы:

1. Навигационная карта реки Белая от устья реки Сим до устья реки Уфа, изд. 2013 г.
2. Атлас ЕГС ЕЧ РФ том 10, река Белая от реки Уфа до устья, издания 2017 г. (с корректурой на начало навигации 2019 г.).
3. Воронина, Ю.Е. Канализирование русел судоходных рек с целью повышение безопасности судоходства / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Н. Новгород, 2004. – 181 с.
4. Беркович, К.М. Русловые процессы и русловые карьеры / Беркович К.М. – М.: 2005. – 109 с.
5. Калужный, В.К. Трансгрессивная эрозия русла реки Белой. / Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения. / Сборник научных трудов. Пермь: Пермский гос. национ. иссл. ун-т, изд-во «Астер», 2023. – с. 18-26.

